



# Ahorro de agua y energía en duchas domiciliarias

## Saving water and energy in domestic showers

OROZCO, Lenin S. [1](#); LÓPEZ, Santiago A. [2](#) y BALSECA, Otto F. [3](#)

Recibido: 24/01/2019 • Aprobado: 04/04/2019 • Publicado 29/04/2019

### Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

En el Ecuador para el año 2015, las personas cuyo hogar son viviendas domiciliarias del sector urbano han consumido agua en una cantidad de 237 litros/(persona día), valor superior al promedio de la región sudamericana que es de 169 litros/(persona día), y superior al estimado por la Organización Mundial de la Salud que considera que con 100 litros/(persona día) es suficiente para el consumo e higiene personal, por lo que cualquier valor superior a este va en desmedro del recurso natural y del planeta. En el hogar, la ducha es uno de los elementos sobre los cuales se han desarrollado varios trabajos de investigación con el propósito de aumentar su eficiencia, es decir, un consumo menor de agua y energía a la par de un alto grado de satisfacción del usuario. El presente trabajo buscó, por un lado, determinar el consumo de agua per cápita en la ducha eléctrica y encontrar si este elemento es el que provoca un excesivo consumo de agua, acción ejecutada con estudiantes de la Politécnica de Chimborazo a través de encuestas, y por la vía experimental implementando en el Laboratorio de la Facultad Mecánica un sistema termo hidráulico compuesto por una ducha con selector de potencia eléctrica de 5500 W o 4000 W, sistema de control de temperatura electrónico y dispositivo auto regulador de flujo. Por otro lado, se planteó la simulación de la dinámica del sistema termo hidráulico con el propósito de predecir la temperatura de agua caliente que sale de la regadera. Los resultados obtenidos en el laboratorio permitieron avizorar un posible ahorro mensual de agua y energía

#### ABSTRACT:

In Ecuador for the year 2015, people whose homes are residential in the urban sector have consumed water in an amount of 237 liters/(person day), a value higher than the average of the South American region that is 169 liters/(person day) and higher than the one estimated by the World Health Organization, which considers that 100 liters/(person day) is sufficient for personal consumption and hygiene, any value superior to the one mentioned, affects the natural resource and the planet. In the home, the shower is one of the elements on which several research works have been developed in order to increase its efficiency, that is, a lower consumption of water and energy at the height of a high degree of user satisfaction. The present work looked for the consumption of water for the electric shower and to know if this element is the one that causes an excessive consumption of water, action carried out with students of the Polytechnic of Chimborazo through surveys and through Experimental implementation in the Laboratory of the Mechanical Faculty a thermo-hydraulic system consisting of a shower with electric power selector of 5500 W or 4000 W, electronic temperature control system and automatic flow regulator device. On the other hand, the simulation of the dynamics of the thermo-hydraulic system was proposed with the purpose of predicting the temperature of the hot water that comes out of the shower. The results obtained in the laboratory allowed a possible monthly saving of water and energy in the shower, when the power selector was placed in 4000 W instead of 5500 W, comfort

en la ducha, esto cuando el selector de potencia sea colocado en 4000 W en vez de 5500 W, temperatura de confort de 38 °C, flujo de 2.03 L/min y presión de 28 psi. Los ahorros mensuales tanto de volumen de agua como de energía fueron de 61715.25 m<sup>3</sup> y 1.54 MW h, respectivamente.

**Palabras clave:** Ahorro de energía y agua, caudales óptimos y reales de uso de agua en duchas

temperature of 38 °C, flow of 2.03 L / min and pressure of 28 psi. The monthly savings of water and energy were 61715.25 m<sup>3</sup> and 1.54 MW h, respectively.

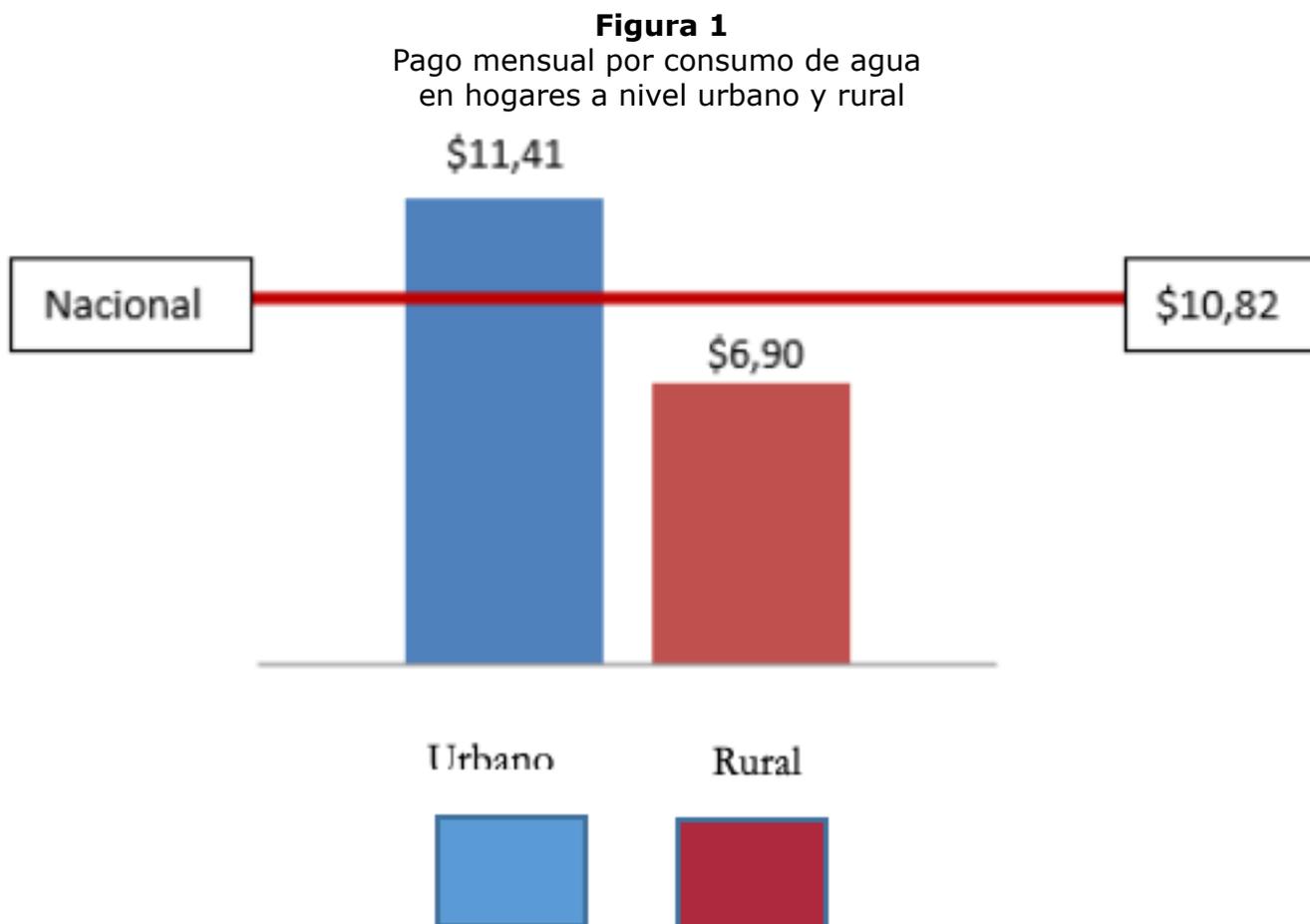
**Keywords:** energy and water saving, optimal and real flow rates of water in showers.

## 1. Introducción

El agua para el ser humano es un recurso vital para su consumo e higiene personal, su cantidad diaria depende del acceso que tenga a este recurso. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que el consumo diario de agua óptimo por persona es de 100 litros, valor suficiente para atender las necesidades diarias de las personas para su consumo e higiene, por lo que un valor superior al óptimo establecido es un consumo no eficiente que va en desmedro de la gente y del planeta (Howard & Bartram, 2003).

A nivel de Sudamérica para el año 2015, los hogares diariamente consumen en promedio 169 L/(p d) de agua (Valeria, 2016); en cambio, el Ecuador es uno de los países de la región que consumen más agua potable, alrededor de 237 L/(p d), razón por la cual el Gobierno Ecuatoriano dispuso en 2015 que los Gobiernos seccionales del país tomen medidas al respecto para que el ciudadano efectúe un consumo responsable y reduzca su valor hasta alcanzar por lo menos el promedio de la región.

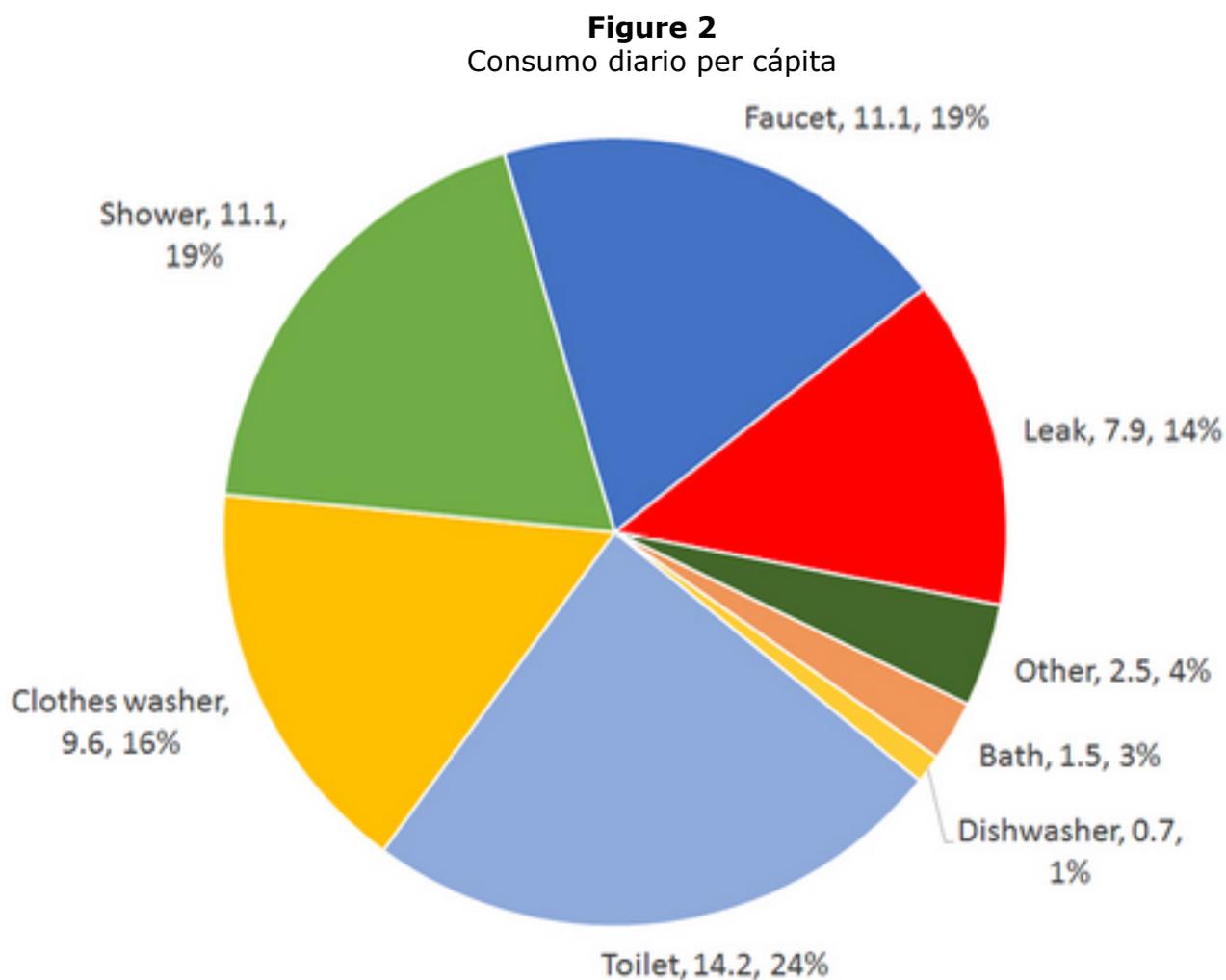
Con la idea de consumo responsable, Chile motiva y alerta a sus ciudadanos a través de datos tabulados y colores diferentes (Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile, 2008) sobre el alto o bajo consumo de agua de los hogares dependiendo del número de personas que lo habitan. Al igual que Chile, el Ecuador a través del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014), da información de manera indirecta sobre el consumo de agua tanto de los hogares del sector urbano como del sector rural y según el número de personas que residen en ella. Véase la Figura 1.



Fuente: Alliance for water efficiency, 2016

Con el afán de cuidar el agua, existen estudios de los consumos finales en las viviendas domiciliarias (Alliance for water efficiency, 2016), donde los de mayor consumo son observables en la Figura 2. Se evidencia que tanto la ducha, así como la lavadora de ropa, el

tocador y el grifo tienen valores porcentuales elevados.



Fuente: Alliance for water efficiency, 2016

Existen investigaciones sobre el potencial de ahorro de agua en el sector doméstico (Manoj & Parik, 2016), mientras que otros estudios (Makki, Rodney, Kriensag, & Cara, 2013; Phipps, Alkhaddar, McClelland, & Doherty, 2007) señalan que los factores que directamente impactan en el uso final del agua en la ducha son: el factor socio demográfico y el factor técnico, vinculados a ellos el efecto placentero de baños prolongados, garantizados por la estabilidad de la temperatura de agua caliente que se obtiene a través del caudal constante y por la calidad del chorro que impacta al usuario de la ducha expresado a través de la velocidad y tamaño de las gotas de agua influenciado esto por la presión del agua antes del ingreso a la regadera.

Reducir el consumo de agua en el hogar que tenga duchas eléctricas de bajo flujo, con la incorporación al sistema termo hidráulico del dispositivo denominado reductor-regulador (Gauley, Robinson, & Elton, 2010) no lo recomienda porque manifiesta que dañaría la unidad de calentamiento o elevaría la temperatura de confort del agua caliente con consecuencias no agradables para el usuario.

En el Ecuador, específicamente en la ciudad de Riobamba, la ducha eléctrica es el calentador de agua más económico; este artefacto por su bajo costo tiene un aumento progresivo de utilización como consecuencia del agrandamiento de la capacidad instalada de generación de energía eléctrica que el Gobierno implementa como política pública. Por otro lado, esta acción del Gobierno merma la utilización de bombonas de gas licuado de petróleo, GLP, para el calentamiento de agua, porque además de ser un combustible importado con precio subsidiado, es altamente peligroso y contaminante.

Entonces, el presente trabajo enfoca a la ducha como uso final del agua en las viviendas domiciliarias urbanas de la ciudad de Riobamba para cuantificar el consumo per cápita con la información disponible de los entes gubernamentales de la región y del país. Luego, contrastar los datos obtenidos mediante encuestas o por experimentación en el laboratorio de la Facultad de Mecánica; en este lugar, se tienen instalados los elementos apropiados para la investigación, es decir, ducha eléctrica, regulador de flujo y controlador electrónico de temperatura, elementos que garantizarían la estabilidad de la temperatura del agua ante un posible cambio de caudal, de esta manera se puede conocer si este uso final del agua es uno de los mayores causantes del exceso consumo de agua en la ciudad de Riobamba.

## 2. Metodología

### 2.1. Área de estudio

Riobamba es una ciudad pequeña ubicada en la región central del territorio ecuatoriano, el número de habitantes es de 106840 (Censos, 2011), con una población universitaria para el año 2014 de 27400, entre las dos instituciones de educación superior (El Comercio, 2014): la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Se estima que el 65 por ciento de la población estudiantil universitaria, proviene de las otras ciudades del país debido a la ubicación geográfica, el bajo costo de vida y la variedad de carreras que ofrecen los centros universitarios de la ciudad.

Los estudiantes seleccionados, un total de 200 estudiantes, para cuantificar el tiempo y consumo de agua fueron de la carrera de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH. Presentaron datos de duchado de 5 días consecutivos en un formato preestablecido que diferencia si la vivienda es particular o de arriendo y si el agua caliente que sale por la regadera es a través de resistencia eléctrica o por calefón a gas.

### 2.2. Consumo mensual de agua por vivienda

Si los hogares del sector urbano en promedio pagaban \$ 11,41 por el consumo de agua (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014), con costo por m<sup>3</sup> variado dependiendo de la ciudad y del rango de consumo, entonces para la ciudad de Riobamba, los 41000 usuarios del sector residencial pagaban cada uno el valor de \$0,48 por m<sup>3</sup> de agua (Hasta 0,48\$ cuesta el metro cubico de agua en el país, 2015), representando esto:

$$CMAV = \frac{PMCA}{PPCU} \quad \text{Ec. 1}$$

$$CMAV = 23.77 \text{ m}^3$$

Donde:

**CMAV:** Consumo mensual de agua en la vivienda (m<sup>3</sup>)

**PMCA:** Pago mensual por consumo de agua (11,41 \$)

**PPCU:** Pago por metro cúbico de agua (0,48 \$/m<sup>3</sup>)

$$CTADU = CMAV \times NU \quad \text{Ec. 2}$$

$$CTADU = 974570 \text{ m}^3$$

Donde:

**CTADU:** Consumo total mensual de agua en los hogares (m<sup>3</sup>)

**NU:** Número de hogares facturados en la ciudad de Riobamba

### 2.3. Consumo de agua por persona al día

Efectuando cálculos numéricos del fascículo Provincial de Chimborazo (Censos, 2011), se determinó que cada vivienda domiciliaria tipo residencia de la ciudad de Riobamba, estaba compuesta por 3,75 personas, deduciendo que:

$$CAPD = \frac{CMAV}{30 \times NPH} \quad \text{Ec. 3}$$

$$CAPD = 211.28 \text{ L/(p d)}$$

Donde:

**CAPD:** Consumo de agua por persona al día (L/(p d))

**NPH:** Número personas promedio en el hogar (3.75 personas)

## 2.4. Consumo de agua por persona al día por cada ducha

Considerando que el usuario de la vivienda utilizó la ducha una vez al día y que consumió agua el 19 % (Alliance for water efficiency, 2016) del CAPD, entonces el consumo de agua por persona al día por cada ducha fue:

$$CADU = 0.19 \times CAPD \quad \text{Ec. 4}$$

$$CADU = 40.14 \text{ L/(p d du)}$$

Donde:

**CADU:** Consumo de agua por persona al día por cada ducha (L/(p d du))

## 2.5. Consumo mensual debido a la ducha del total de hogares facturados

Con los datos expuestos anteriormente se puede calcular:

$$CMDUH = \frac{30 \times CADU \times NU}{1000} \quad \text{Ec. 5}$$

$$CMDUH = 185145.75 \text{ m}^3$$

## 2.6 Tiempo estimado de duchado

El flujo de agua nominal que circula por las duchas eléctricas están alrededor de 3 a 8 L/min (Critchley & Phipps, 2007), razón por la cual se denominan de bajo flujo; en cambio desde el punto de vista del grado de eficiencia de la ducha, este rango de flujo corresponde a un alto grado de eficiencia (Water supplies department, 2018); como se observa en la Tabla 1.

Normalmente, las duchas eléctricas que se expenden en el Ecuador son de bajo flujo, que por su pequeño costo tienen mejor acogida en los hogares, entre la variedad de marcas comerciales existentes, una de ellas provee la información del caudal nominal mínimo de 3 L/min con presión mínima de 20 psi (Kywi, 2018), y la potencia eléctrica seleccionable con dos posiciones, ya sea de 4000 W o de 5500 W (Lorenzetti, 2013) dependiendo del grado de temperatura de agua caliente que desee el usuario. Entonces, con el menor valor de flujo de agua, es decir, 3 L/min, el tiempo estimado de duchado que el usuario destinó para su aseo corporal fue lo expresado en la Ec. 6.

**Tabla 1**

Conversión del flujo nominal a grado de eficiencia del agua

Flujo nominal $f(L/m)$	Grado de eficiencia del agua	Presentación simbólica del etiquetado de la eficiencia del agua
$f \leq 9.0$	Grado 1	1 gota de agua 
$9.0 \leq f \leq 12.0$	Grado 2	2 gotas de agua 
$12.0 \leq f \leq 16.0$	Grado 3	3 gotas de agua 

Fuente: [14]. Traducida por el autor.

$$TEDU = \frac{CADU}{Q} \quad \text{Ec. 6}$$

$$TEDU = 13.38 \text{ min}$$

Donde:

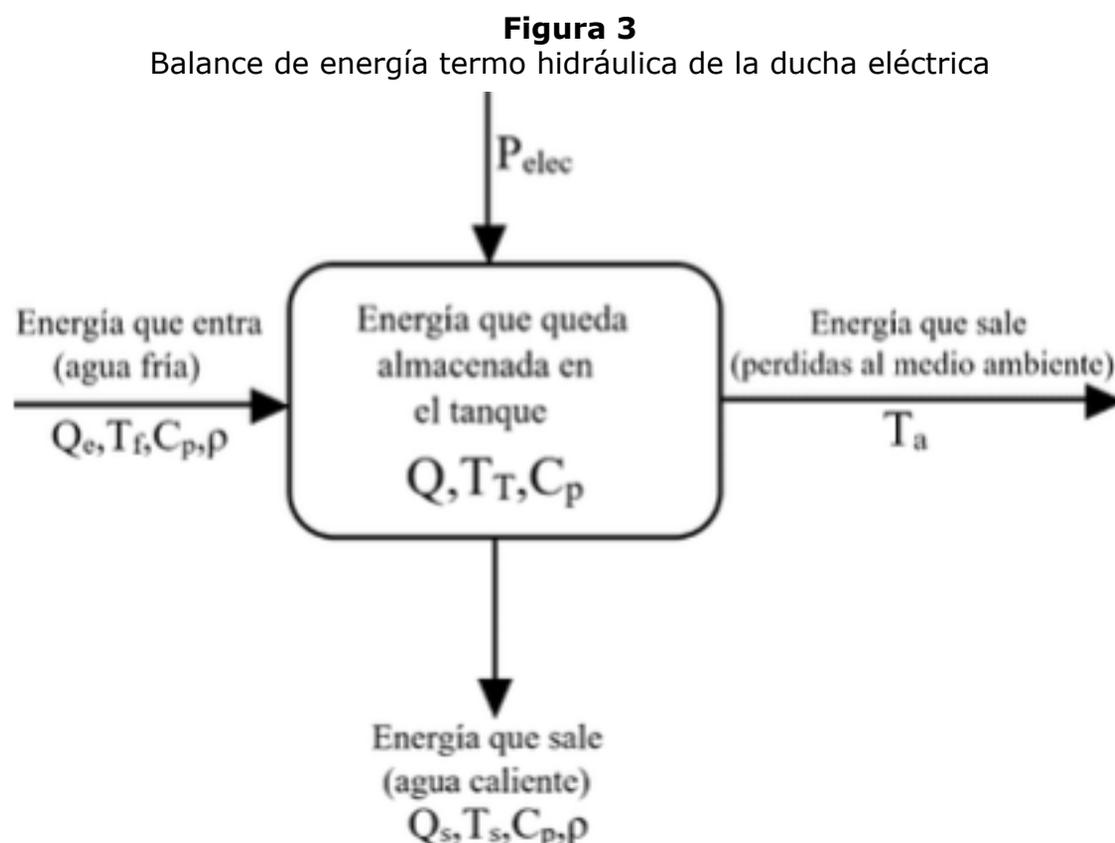
**TEDU:** Tiempo estimado de duchado en (min)

**Q:** Flujo nominal mínimo de agua (L/min)

## 2.7. Modelación matemática de la ducha eléctrica

Una vez culminado el análisis hidráulico, se procedió a analizar en conjunto con el sistema térmico, en donde se vinculó a la fuente generadora de calor, es decir, la resistencia eléctrica. Por consiguiente, con el análisis energético se pudieron descifrar los parámetros y variables del proceso de calentamiento de agua (Departamento Electrónica, Automática e Informática Industrial, 2008).

La ducha de agua se convierte en un dispositivo mecánico que posee elementos de entrada y salida como se puede visualizar en la Figura 3.



Fuente: Departameno Electrónica, Automática e Informática Industrial, 2008

Donde:

$Q_e, Q_s$ : Caudal de entrada y de salida ( $m^3/s$ )

$T_f, T_c, T_a, T_T$ : Temperatura de agua fría, agua caliente, del medio exterior, del agua en el tanque respectivamente ( $^{\circ}C$ )

$M$ : Masa de agua contenida en el tanque (kg)

$P_{elec}$ : Potencia eléctrica (kW)

$C_p$ : Calor específico del agua ( $kJ/kg^{\circ}C$ )

$\rho$ : Densidad del agua ( $kg/m^3$ )

$R_{TH}$ : Resistencia térmica ( $^{\circ}C/W$ )

$C_{TH}$ : Capacitancia térmica ( $J/^{\circ}C$ )

Suposiciones:

- Flujo permanente
- $T_f = T_a$
- $T_T = T_c$
- Calor específico del agua fría igual al del agua caliente

Por balance de masas:

$$Q_e = Q_s = Q \quad \text{Ec. 7}$$

Por balance de energía:

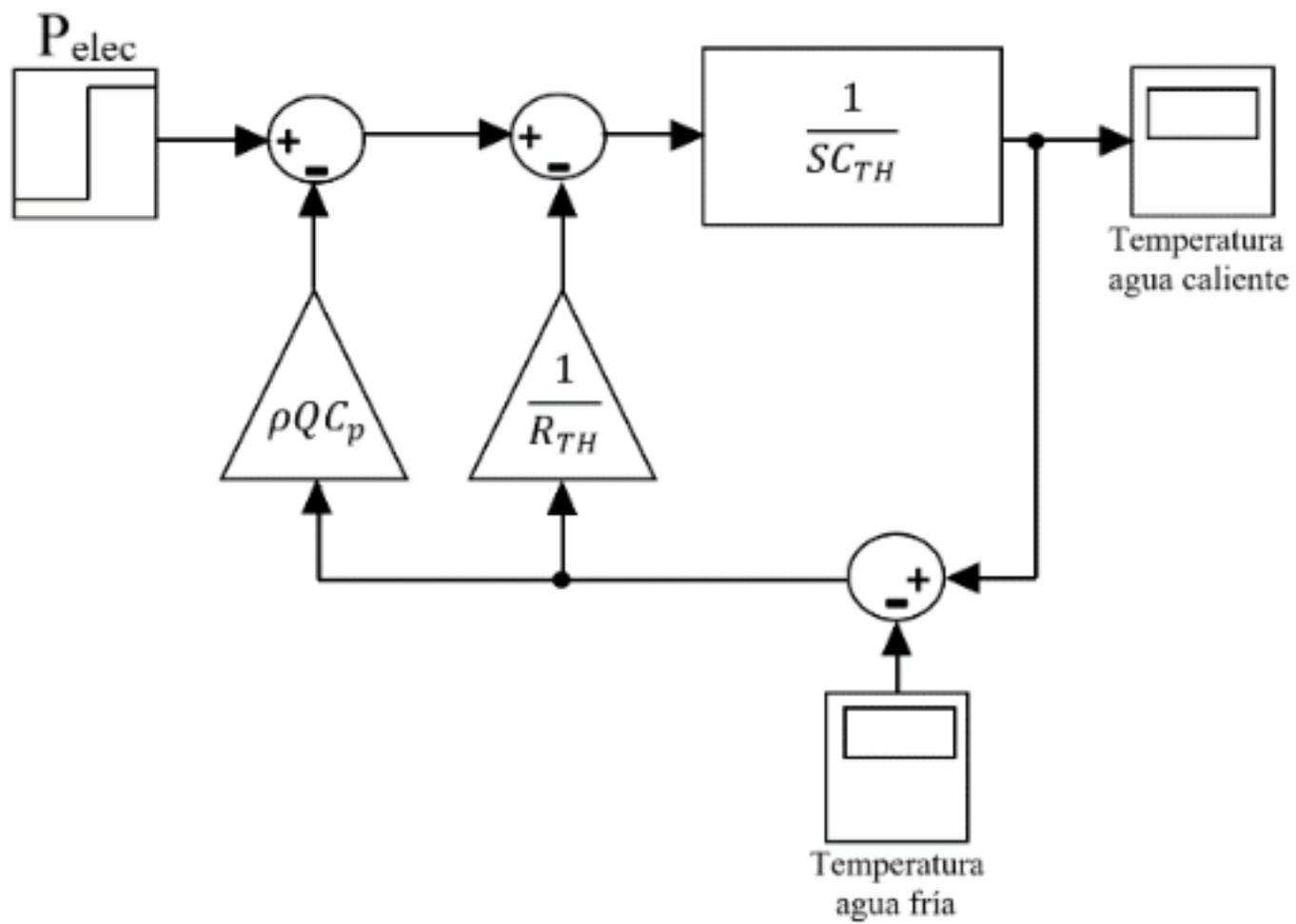
$$P_{electr} + \rho Q C_p T_f - \rho Q C_p T_c - UA(T_T - T_a) = MC_p \frac{dT_T}{dt} \quad \text{Ec. 8}$$

Si al inverso del producto de la transmitancia térmica  $U$  ( $W/(m^2 \text{ } ^{\circ}C)$ ) multiplicada con el área total de transferencia  $A$  ( $m^2$ ) se reemplaza por la Resistencia térmica  $R_{TH}$  y al producto de la masa  $M$  de líquido encerrada en la ducha con el calor específico  $C_p$  por la capacitancia térmica  $C_{TH}$ , quedaría:

$$P_{electr} - \rho Q C_p (T_c - T_f) - \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}} = C_{TH} \frac{dT_c}{dt} = C_{TH} ST_c$$

Lo propuesto anteriormente en forma de diagrama bloque, se muestra en la Figura 4.

**Figura 4**  
Diagrama bloque de la ducha eléctrica.



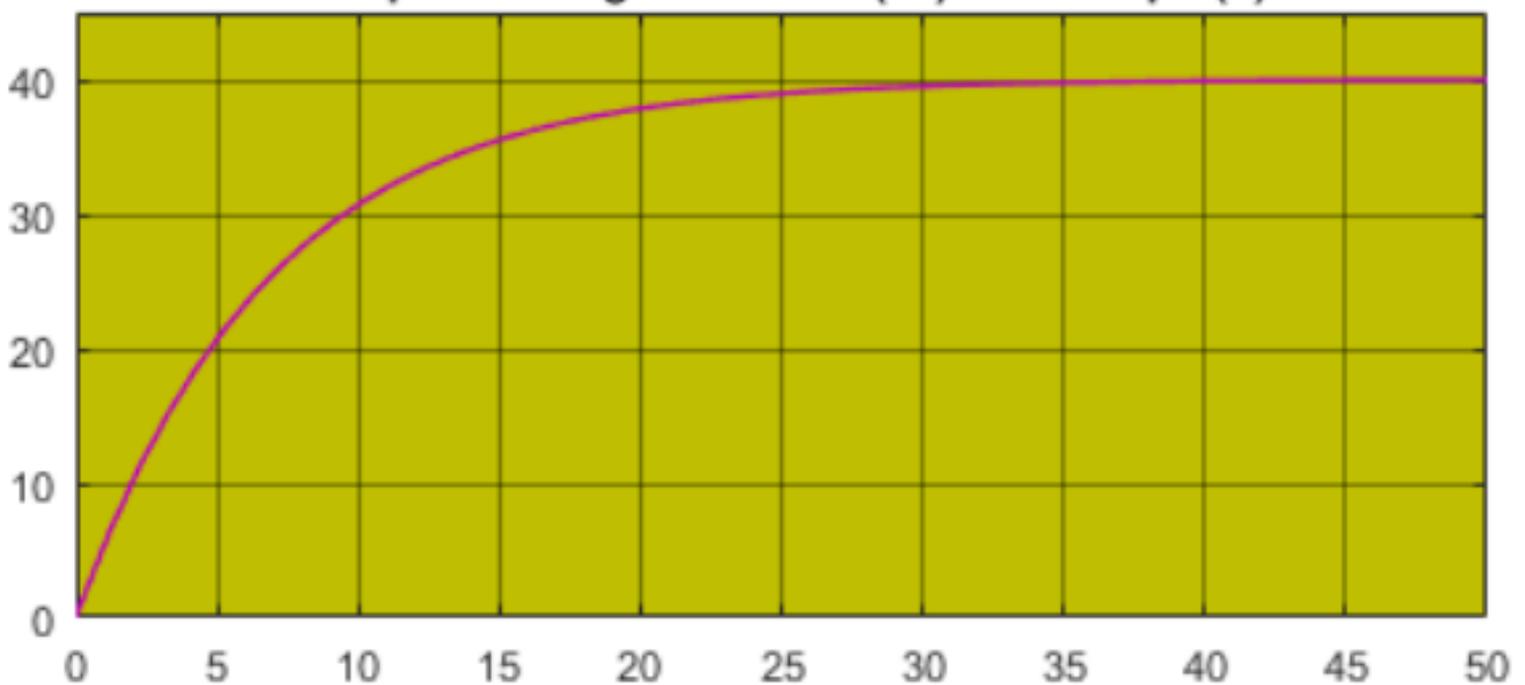
Fuente: Autor

Cuando se efectuó la simulación, se ingresaron como valores de los parámetros y señal de entrada, a los correspondientes de la ducha eléctrica empleada en las viviendas domiciliarias (Departamento Electrónica, Automática e Informática Industrial , 2008), resultando lo descrito en la Figura 5. Ante una eventual disminución del flujo de agua, al sistema físico termo hidráulico se insertó un sistema de control proporcional con el propósito de no sobrepasar el valor del set point, entonces resulta lo expuesto en la Figura 6.

**Figura 5**

Curva de agua caliente con señal de entrada de 5500w

**Temperatura agua caliente (°C)-vs- Tiempo (s)**

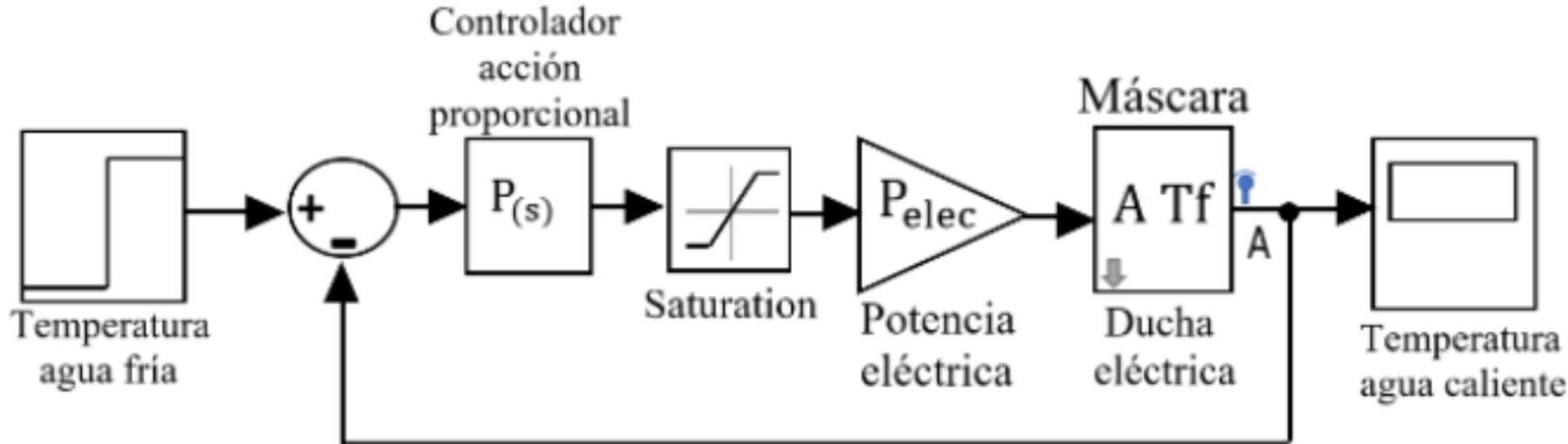


Fuente: Autor

-----

**Figura 6**

Sistema controlado con acción de control proporcional.



## 3. Resultados

### 3.1. Por información disponible

En este estudio se evidenció que a nivel de la región y del país existe información sobre el consumo mensual de agua de las viviendas domiciliarias según el número de personas que las habitan. En el Ecuador difundieron datos de prensa (El Telégrafo, 2015; Gusqui & Chaglla, 2016), donde exhibieron y alarmaron sobre el alto consumo del líquido vital, afirmando que en la ciudad de Riobamba el desperdicio de agua es muy alto.

Encontrado el consumo mensual de agua en el hogar, se pudo cuantificar el correspondiente consumo per cápita en las viviendas del sector urbano de la ciudad de Riobamba, resultando que los 211,28 L/(p d) superaron el valor óptimo de 100 L/(p d) recomendado por la OMS. En el hogar, los diferentes consumos finales tanto a nivel de la región como en el país fueron diversos, por lo que se decidió considerar el volumen de agua consumido por cada ducha (Alliance for water efficiency, 2016), equivalente al 19% del consumo per cápita, o sea 40.14 L/(p d du), valor que permitió encontrar el tiempo de duchado de 13.38 min, siempre y cuando sea utilizada la ducha eléctrica con la alta potencia eléctrica y el valor bajo de caudal.

### 3.2 Por encuestas

Los estudiantes que cursan la cátedra de Mecánica de Fluidos de la carrera de Ingeniería Mecánica, presentaron cada uno de ellos los consumos individuales de agua cuando se ducharon, así como también el tiempo que emplearon en el proceso de bañarse con ducha eléctrica o calefón, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
Datos de encuesta realizada por los estudiantes de Ingeniería Mecánica, asignatura Mecánica de Fluidos.

Vivienda	Tipo de ducha	Volumen de agua (L)	Tiempo (min)	Caudal (L/min)
Unifamiliar	Eléctrica	21.97	9.83	2.23
	Calefón	28.74	9.64	2.98
Arriendo	Eléctrica	20.60	11.53	1.78
	Calefón	28.19	8.23	3.42

### 3.3. Por experimentación en laboratorio

La experimentación se realiza en dos partes. La primera, Tabla 3 y Tabla 4: en el sistema hidráulico, están incluidos el regulador de flujo y el controlador electrónico de temperatura (Set point: 46 °C; Banda Proporcional 1.5). La segunda: en el sistema hidráulico, sólo está incluido el controlador electrónico de temperatura (Set point: 46 °C; Banda Proporcional 1.5), Tabla 5 y Tabla 6.

**Tabla 3**

Datos experimentales obtenidos en el laboratorio cuando el selector de potencia estuvo en 5500 W.

Características	Sin otro punto de uso final de agua	Con otro punto de uso final de agua
Presión de agua (psi)	30	20
Caudal en la regadera (L/min)	3.03	2.45
Temperatura de estabilización (°C)	38	42
Volumen de agua consumido (L), tiempo 13.38 min	40.54	32.78

Fuente: Autor

-----

**Tabla 4**

Datos experimentales obtenidos en el laboratorio cuando el selector de potencia estuvo en 4000 W.

Características	Sin otro punto de uso final de agua	Con otro punto de uso final de agua
Presión de agua (psi)	28	20
Caudal en la regadera (L/min)	2.03	1.68
Temperatura de estabilización (°C)	38	40
Volumen de agua consumido (L), tiempo 13.38 min	27.16	22.47

Fuente: Autor

-----

**Tabla 5**

Datos experimentales obtenidos en el laboratorio cuando el selector de potencia estuvo en 5500 W.

Características	Sin otro punto de uso final de agua	Con otro punto de uso final de agua
Presión de agua (psi)	31.5	-
Caudal en la regadera (L/min)	2.78	-
Temperatura de estabilización (°C)	38	-
Volumen de agua consumido (L), tiempo 13.38 min	37.19	-

Fuente: Autor

-----

**Tabla 6**

Datos experimentales obtenidos en el laboratorio cuando el selector de potencia estuvo en 4000 W.

Características	Sin otro punto de uso final de agua	Con otro punto de uso final de agua
Presión de agua (psi)	20	-
Caudal en la regadera (LPM)	2.19	-
Temperatura de estabilización (°C)	34	-
Volumen de agua consumido (L), tiempo 13.38 m	29.30	-

### 3.4. Discusión

Con la información disponible y cálculos necesarios se logra cuantificar el consumo final de agua mensual por vivienda domiciliar del sector urbano en la ciudad de Riobamba, correspondiendo a un valor de 23,77 m<sup>3</sup>/(mes vivienda), por lo que cada usuario consume 211.28 L/(p d), valor superior al que sugiere la OMS, lo que evidencia que existe un mal uso de este recurso, razón por la cual se procede a analizar el uso final del agua en las duchas ya que este elemento es uno de los causantes del desperdicio de agua.

Al tomar en cuenta los resultados de la encuesta para vivienda domiciliar unifamiliar con ducha eléctrica para el calentamiento del agua, así como el resultado experimental que se obtiene en el laboratorio, se desprende que para un mismo tiempo de duchado de 13.38 min, la ducha domiciliar consume 40.14 L/(p d du), valor que difiere con la información de la encuesta, Tabla 2, en un 54.73 %. En cambio, con los datos de consumo de agua mostrados en la Tabla 5 se asemeja en un 90% y con respecto a la Tabla 3 en un 100%.

Los datos de la Tabla 4 expresan que si se puede ahorrar agua y energía en las duchas eléctricas de viviendas unifamiliares, el volumen de agua que se emplea es un 66,39 % del CADU con el mismo valor de temperatura de confort y una pequeña variación de presión. Hay que remarcar que el selector de potencia eléctrica de la ducha eléctrica funciona a 4000 w, es decir, se ha reducido el consumo de potencia un 27,27 %. Por tanto, se corrobora que existe una correlación directa entre la disminución del flujo y la disminución de energía

(Shan, y otros, 2016).

El empleo del sistema de control de temperatura con acción proporcional, garantiza que la temperatura de agua caliente no sobrepase el valor preestablecido denominado Set point y la banda proporcional de 1.5 permite que esta no sea transitoria. Por otro lado, cuando existe disminución de flujo de agua en la ducha, el agua caliente eleva aún más su temperatura como se indica en las Tablas 3 y 4, pero este incremento es controlado por la implementación del sistema de control, lo que precautela cualquier afectación en el cuerpo del usuario. El dispositivo denominado regulador de flujo que supuestamente mantendría constante la temperatura del agua caliente, aunque exista otro punto de consumo diferente a la ducha, se puede decir que actúa parcialmente como tal, más bien funciona como un elemento reductor de flujo que restringe el mal uso del líquido vital.

### **3.5. Ahorro de agua y energía en la vivienda**

El tiempo de duchado (13,38 min), la temperatura de confort (38°C) y la presión de 28 psi, son los valores referenciales para hacer el análisis de cuánto se puede ahorrar en agua y en energía eléctrica en la vivienda domiciliaria. Por tanto, vale nuevamente invocar a ciertos datos por informaciones:

**CMAV = 23,77** m<sup>3</sup>/(mes vivienda)

**CAPD = 211.28** L/(p d)

**CADU = 40.14** L/(p d du)

**NU = 41000** (número de usuarios año 2015)

**NPH = 3.75** personas

**TEDU = 13.38** min

Así como también los datos experimentales correspondientes de las Tablas 3 y 4.

**Con potencia eléctrica 5500 w**

**(CADU)a 5500 W = 40.54** L/(p d du), valor muy cercano al que se presenta por información disponible, es decir, al de 40.14 L/(p d du)

**Con potencia eléctrica 4000 w**

**(CADU)a 4000 W = 27.16** L/(p d du)

En consecuencia, el ahorro de agua per cápita en la ducha, al seleccionar el menor valor de potencia eléctrica resulta:

$$AADU = (CADU)_{a\ 5000\ W} - (CADU)_{a\ 4000\ W} \quad \text{Ec. 9}$$

$$AADU = 13,38\ L/(p\ d\ du)$$

Donde:

**AADU:** Ahorro de agua per cápita en la ducha (L/(p d du))

El ahorro total de agua mensual en las duchas eléctricas de las viviendas domiciliarias, de la ciudad de Riobamba se calcula:

$$ATADU = 30 \times AADU \times NU \times NPH \quad \text{Ec. 10}$$

$$ATADU = 61715.25\ m^3/(mes\ du)$$

Donde:

**ATADU:** Ahorro total de agua mensual en la duchas eléctricas de las viviendas domiciliarias ( $m^3/(mes\ du)$ )

En cuanto tiene que ver con el ahorro total de potencia y energía mensual en las duchas de la ciudad de Riobamba:

$$APMD = 1,5 \times NPH \times 30 \times NU \times 10^{-6} \quad \text{Ec. 11}$$

$$APMD = 6.92\ MW$$

Donde:

**APMD:** Ahorro total de potencia mensual en las duchas (MW)

$$AEMD = APMD \times TEDU/60$$

$$AEMD = 1.54\ MW\ h$$

Donde:

**AEMD:** Ahorro total de energía en las duchas (MW h)

Con los datos experimentales se demostró que existe la posibilidad de ahorrar agua y energía en las duchas eléctricas, con los parámetros prefijados para el análisis, aunque se desconoce el grado de satisfacción del usuario en cuanto tiene que ver, entre otros factores, la presión de impacto en la piel y el tamaño de gotas del chorro.

---

## 4. Conclusiones

Por experimentación o por información disponible, cada persona del hogar consume 40 L/ (p d du), este valor representa el 17% del consumo total diario de agua en la vivienda y también representa el 40 % del consumo óptimo que sugiere la Organización Mundial de la Salud.

Al disminuir el tiempo de permanencia del usuario bajo la ducha, más cantidad de agua potable se ahorra, es decir, por cada minuto de reducción se obtiene un ahorro de 3 litros del líquido vital y cuando la ducha eléctrica como la que está en estudio funcione a menor potencia, el ahorro se tiene en las dos direcciones: agua y energía.

Aunque el sistema de control permite vigilar el sobrecalentamiento del agua que migra por la regadera, se desconoce el comportamiento del sistema ante una variación real del caudal, así como la aceptación del usuario de la ducha ante estos nuevos valores prefijados de presión y caudal que permiten el ahorro de agua y energía.

Con el presente trabajo está identificado el consumo final de agua, quedando por investigar aquellos puntos que también tienen alto porcentaje de consumo de agua potable.

# Referencias bibliográficas

- Alliance for water efficiency (2016). *Alliance for water efficiency*. Obtenido de <http://www.allianceforwaterefficiency.org/residential-end-uses-of-water-study-1999.aspx>
- Censos, I. N. (2011). *Fascículo provincial Chimborazo-Resultados censo 2010*. Quito: INEC. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/chimborazo.pdf>
- Critchley, R., & Phipps, D. (2007). *Water and energy efficient showers: Project report*. Liverpool: Liverpool John Moores University. Obtenido de <http://www.allianceforwaterefficiency.org/assets/0/28/142/48/88/C86DEB33-2463-4795-BE5E-A66EA64CAB3E.pdf>
- Departamento Electrónica, Automática e Informática Industrial (2008). Modelado matemático de los sistemas dinámicos. En *Apuntes de Regulación Automática* (págs. 73-119). Obtenido de [http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/Servos/Apuntes/4\\_Modelado.pdf](http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/Servos/Apuntes/4_Modelado.pdf)
- El Comercio (21 de abril de 2014). Dos universidades en Riobamba acogen alumnos de todo el país. *El Comercio*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/universidades-riobamba-acogen-alumnos-de.html>
- El Telégrafo (07 de junio de 2015). Llamado urgente a cuidar el agua en Riobamba. *El Telégrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/llamado-urgente-a-cuidar-el-agua-en-riobamba>
- Gauley, B., Robinson, J., & Elton, K. (2010). *High-Efficiency Showerhead Performance Study*. Ontario-Canada: University of Waterloo, Ontario, Canadá Obtenido de <http://www.map-testing.com/assets/reports/Showerhead%20Final%20Dec%202011.pdf>
- Gusqui, G., & Chaglla, A. (2016). *Implementación de una sistema electrónico inteligente de asignación, medición y alerta del consumo de agua potable para hogares residenciales de la ciudad de Riobamba*. Riobamba: ESPOCH. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6130/1/108T0185.pdf>
- Hasta 0,48\$ cuesta el metro cúbico de agua en el país (07 de mayo de 2015). *El Telégrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/informacion/1/hasta-048-cuesta-el-m3-de-agua-en-el-pais>
- Howard, G., & Bartram, J. (2003). *Domestic Water Quantity, service level and health*. Geneva, Switzerland: WHO Document Production Services. Obtenido de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2014). *INEC* (Gobierno Nacional de la República del Ecuador). Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/practicas-ambientales-en-los-hogares-2014/>
- Kywi (03 de 02 de 2018). *KYWI Supercentro ferretero*. Obtenido de <http://www.kywi.com.ec/consejos-%C3%BAtiles>
- Lorenzetti (2013). *LORENZETTI*. Obtenido de [http://www.lorenzetti.com.br/es/Detalhes\\_Produto.aspx?id=1367](http://www.lorenzetti.com.br/es/Detalhes_Produto.aspx?id=1367)
- Makki, A., Rodney, S., Kriensag, P., & Cara, B. (1 de 12 de 2013). Revealing the determinants of shower water end use consumption: enabling better targeted urban water conservation strategies. *Journal of Cleaner Production*, 129-146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.007>
- Manoj, G., & Parik, A. (2016). Potential of Water Conservation by Efficient Use of Water. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 2(6), 411-414. Obtenido de <https://www.onlinejournal.in/IJIRV2I6/076.pdf>
- Phipps, D., Alkhaddar, R., McClelland, R., & Doherty, B. (2007). The consideration of social and technical factors as a prerequisite to water and energy saving in power showers. *Domestic use of Energy Conference*, 1(1), 1-20. Obtenido de

<https://www.researchgate.net/publication/258029563>

Shan, J., Jianhua, W., Yong, Z., Shibao, L., Hongwang, S., & Fan, H. (2016). Residential water and energy nexus for conservation and management: A case study of Tianjin. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(35), 15919-15929. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319916311168>

Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile . (2008). *SISS de Chile*. Obtenido de [http://www.siss.gob.cl/586/articles-7663\\_recurso\\_5.pdf](http://www.siss.gob.cl/586/articles-7663_recurso_5.pdf)

Valeria, S. (26 de mayo de 2016). *El Comercio*. (El Comercio) Obtenido de <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/noviembre-14-del-2015/ecuador-consume-mas-agua-en-la-region>

Water supplies department. (31 de 01 de 2018). *Water supplies department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region*. Obtenido de [https://www.wsd.gov.hk/filemanager/en/share/wels/showers\\_registry-e.pdf](https://www.wsd.gov.hk/filemanager/en/share/wels/showers_registry-e.pdf)

- 
1. Ingeniero Mecánico y Magíster en Eficiencia Energética. Experiencia en el sector petrolero para mantenimiento y facilidades de producción. Docente en el área de energía de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH desde 2013. Miembro del Grupo de Investigación de Tecnologías Energéticas "GITE", desde 2015 y del Grupo de Investigación de energías térmica "GIDETER" desde 2017. [lsorozco@esPOCH.edu.ec](mailto:lsorozco@esPOCH.edu.ec); [leninomega6@hotmail.com](mailto:leninomega6@hotmail.com)
  2. Docente de asignaturas de Sistemas Neumáticos, Oleohidráulicos y otras en el área de Diseño Mecánico. Expositor en congresos nacionales e internacionales. Investigador en proyectos de innovación tecnológica y resistencia de materiales. [sa\\_lopez@esPOCH.edu.ec](mailto:sa_lopez@esPOCH.edu.ec)
  3. Ingeniero mecánico, Magíster en Sistemas de Transporte de Petróleos y derivados. Experiencia profesional en proyectos de servicios petroleros por 6 años y actualmente docente investigador en la ESPOCH desde 2013 y coordinador del área de energía. [Otto.balseca@esPOCH.edu.ec](mailto:Otto.balseca@esPOCH.edu.ec)
- 

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 40 (Nº 14) Año 2019

[\[Índice\]](#)

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2019. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados