

Estudio experimental de regaderas domésticas

Dirección General de Construcción y Operación
Hidráulica-Secretaría General de Obras-DDF

Los estudios experimentales realizados por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) del Departamento del Distrito Federal (DDF) han confirmado que la regadera utiliza un porcentaje importante del consumo doméstico de agua, que puede ser incluso mayor que el del excusado según diferentes factores que se describen en el artículo. La gran variedad de características de los prototipos comerciales, haría razonable esperar que hubiera un diseño que, a diferentes presiones en la instalación hidráulica domiciliaria, utilizara eficientemente el agua al realizar las funciones de limpieza, sin modificar las condiciones de confort del usuario. Sin embargo, los estudios que aquí se describen han mostrado que la modificación de diferentes parámetros hidráulicos en la operación altera a los que miden el grado de confort, e inducen al usuario a prolongar el tiempo que utiliza el dispositivo y con ello el consumo de agua.

Antecedentes

La implantación del Programa de Uso Eficiente del Agua (PUEDA) por las autoridades del DDF originó la creación, en 1986, del Laboratorio de Ingeniería Experimental de la DGCOH.

En aquel entonces era escasa, casi inexistente, la información relativa a los consumos de agua de los diferentes dispositivos comerciales utilizados ampliamente por el público en condiciones de operación muy variadas. Por este motivo, en el laboratorio se construyeron, entre otras, instalaciones hidráulicas apropiadas para simular las condiciones más importantes de una red domiciliaria, y experimentar con regaderas y otros dispositivos domésticos.

Los estudios experimentales de regaderas fueron realizados en diferentes etapas, para abarcar el gran número de prototipos comerciales existentes en el mercado nacional, satisfacer las condiciones de instalación y operación para las que cada fabricante destinaba su producto, y medir los parámetros de tipo hidráulico y otros que pudieran representar el grado de confort en beneficio del usuario durante su utilización.

Estudios experimentales

Objetivo

Los estudios sirvieron para conocer los consumos de agua de cada dispositivo con distintos valores de la presión en la red, el diámetro del área mojada a diferentes alturas, la densidad de concentración de la lluvia descargada dentro del área mojada y la correlación que todos ellos guardaban entre sí. Hubo que utilizar instrumentos convencionales de medición e idear otros que permitieran determinar variables útiles en las pruebas.

Con la evaluación de cada dispositivo, se buscó la obtención de criterios para utilizarlos más racionalmente de acuerdo con las características de la red del usuario, con el objetivo primordial de lograr un uso más eficiente del agua consumida y, en su caso, establecer premisas para diseñar nuevos prototipos.

Descripción de la instalación

Se dispusieron tres nichos separados por mamparas,

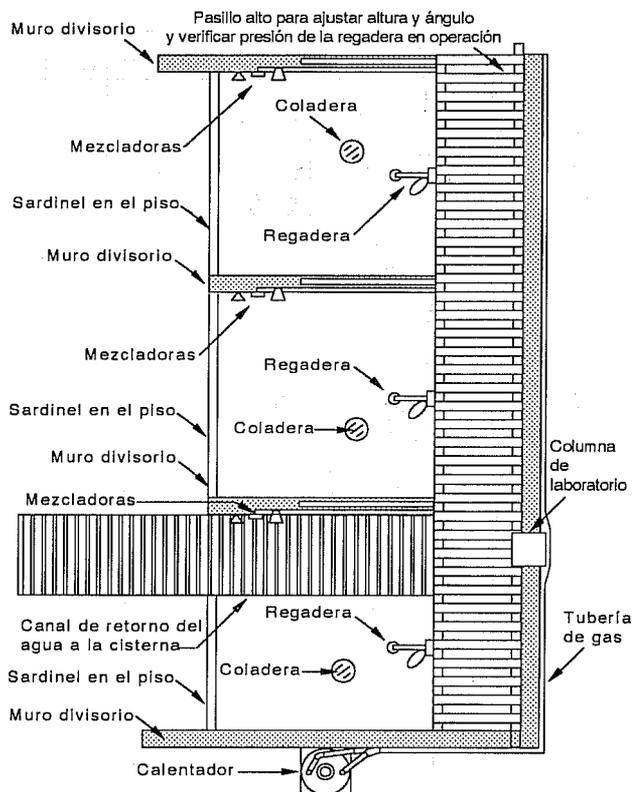
con los elementos necesarios para insertar cualquier tipo de regadera comercial a una altura constante de 180 cm sobre el piso, con posibilidad de realizar pruebas simultáneas. La red de alimentación permitía alcanzar una presión hasta de 4 kg/cm² en el sitio de medición, si bien ésta nunca se utilizó en el desarrollo de las pruebas por considerarla no representativa de las instalaciones domiciliarias típicas, y por las eventuales roturas ocasionadas en uniones y accesorios de la red de tuberías. La ilustración 1 muestra un croquis de la instalación y la ubicación del sitio en que se midió la presión en el tubo que alimentaba a la regadera.

Metodología de las pruebas

El programa experimental de cada dispositivo consistió en las siguientes pruebas:

- Gasto descargado variando la presión de 0.2 a 2 kg/cm².
- Area mojada del cono de descarga a alturas de 130, 140 y 150 cm sobre el piso, con el mismo intervalo de presión señalado.

1. Ubicación de los nichos de pruebas de regaderas en el laboratorio de ingeniería experimental



- Distribución de la intensidad de lluvia dentro del área mojada, a las mismas alturas y presión mencionadas.

A continuación se describen las pruebas:

- **Medición del gasto.** Una vez establecido el flujo con la presión deseada, se procedió a la medición volumétrica del gasto utilizando un recipiente calibrado hasta 50 litros, donde se captaba, durante 30 segundos, el agua proveniente de la regadera, para después cuantificarlo nuevamente con probetas graduadas; esta prueba se efectuaba tres veces. El incremento de la presión fue de 0.2 kg/cm² dentro del intervalo señalado.
- **Obtención del área mojada.** Se instaló horizontalmente una malla de mosquitero, sujeta a un marco de madera de 150 x 150 cm, a la altura deseada sobre el piso. En dicha malla se esparció previamente aserrín fino (el retenido en la malla 10 de las pruebas de granulometría). Una vez establecido el flujo con la presión deseada, se procedió a medir la forma y dimensiones del área mojada en el aserrín.

Las alturas a las que se colocó el marco fueron de 130, 140 y 150 cm y los incrementos de presión de 0.2 kg/cm².

- **Determinación de la intensidad de lluvia.** Como instrumento de medida se utilizó un dispositivo en forma de prisma recto, de 150 x 150 y 200 cm de altura, apoyado en cuatro patas, sobre el cual se sujetaba una plataforma horizontal con desplazamiento vertical, para ubicarla a la altura deseada. También tenía movimiento de rotación en torno a un eje central horizontal, para desalojar el agua captada al nivel de dicha plataforma, antes de efectuar la siguiente prueba. La plataforma proporcionaba el soporte a 90 recipientes pequeños de 13 x 12.5 y 16 cm de altura, y ubicación definida por coordenadas, con un orificio de descarga en el fondo de 6.4 mm de diámetro, que permitía la salida del volumen captado en cada recipiente y su medición con probetas graduadas.

Una vez establecido el flujo con la presión y la altura de plataforma deseadas, el tiempo de recolección se consideraba antes de que cualquier recipiente derramara hacia los demás, procediendo después a la medición individual del volumen captado en cada uno.

Resultados

La ilustración 2 muestra una gráfica de los resultados obtenidos (Sottec, 1986-1987 y 1988) de la prueba gasto-presión en 16 prototipos de distintas marcas y modelos comerciales; se observa que el comportamiento de la relación gasto-presión sigue a la ecuación:

$$Q = kp^n$$

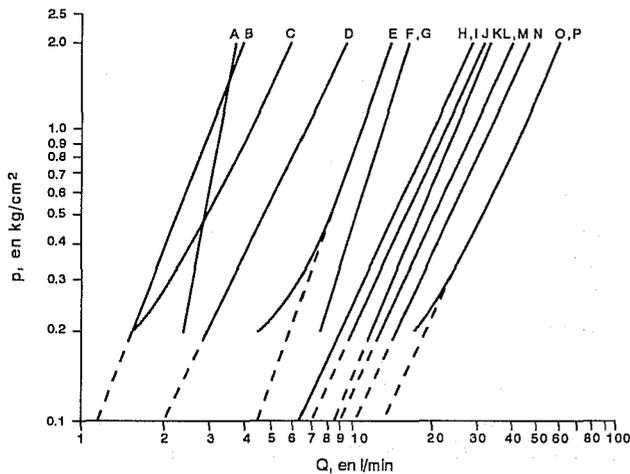
donde:

- k = coeficiente experimental, variable en cada regadera
- p = presión, en kg/cm²
- n = exponente experimental
- Q = gasto descargado en l/min

En la mayoría de las regaderas de mediano y gran consumo, el valor de n resultó de 0.5, esto es, idéntico al de descarga de los orificios. En las de menor consumo disminuyó hasta un mínimo de 0.2 en la regadera A, con la ventaja de un gasto que cambiaba poco con la presión.

Con $p = 0.2$ kg/cm², el gasto varió desde un

2. Curvas experimentales presión-gasto en regaderas comerciales.



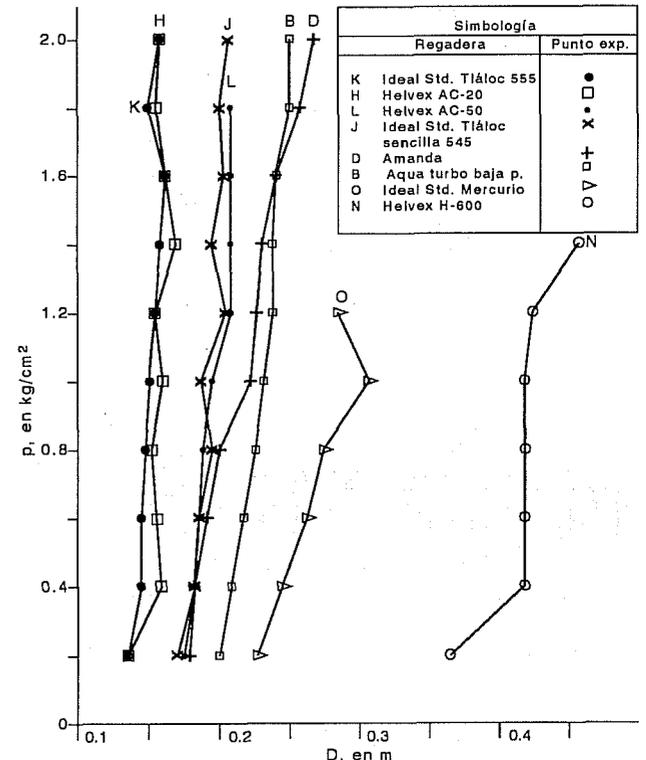
- Simbología Regaderas probadas
- A Mercurio
 - B Aqua turbo, baja presión
 - C ECONO
 - D Amanda
 - E Aqua turbo, alta presión
 - F ACUA R-6
 - G EDOMEX
 - H Helvex AC-20
 - I Helvex AC-10
 - J Ideal St. Tláloc sencilla 545
 - K Ideal St. Tláloc 555
 - L Helvex AC-50
 - M Urra
 - N Helvex H-600
 - O Ideal Standard Mercurio
 - P Galgo

mínimo de 1.6 l/min en las regaderas B y C hasta un máximo de 16 l/min en las regaderas O y P, según la marca y el modelo de cada prototipo. Con $p = 2$ kg/cm², el gasto varió desde 3.8 hasta 55 l/min también según estos factores. Esto significa, que en función de la regadera que se utilice, un baño de 10 minutos consume un volumen que varía desde 160 hasta 550 litros, de acuerdo con la presión en la red domiciliaria. Obviamente, el consumo aumenta de modo proporcional con la duración del baño.

Para cualquier condición de presión, las regaderas A y B son las de menor consumo y las O y P las que presentan el mayor.

La prueba de área-mojada-presión se realizó también para los 16 prototipos; en la gran mayoría de los casos resultaron áreas de forma elíptica. Por considerarlos más ilustrativos, se calcularon los diámetros equivalentes de un círculo de igual área; la ilustración 3 muestra una gráfica de los resultados obtenidos de la prueba, en sólo 8 prototipos (Sottec, 1988), con la plataforma receptora colocada a una altura de 150 cm sobre el piso, y la descarga de la regadera con un ángulo constante de 35 entre el eje del tubo que la alimenta y la horizontal, cuando dicho tubo sale de la pared a una altura de 180 cm sobre el piso. La misma ilustración indica que hay

3. Curvas experimentales presión-área mojada en regaderas comerciales



nuevamente una gran diversidad de resultados en los distintos modelos probados. En cada uno se observa un escaso crecimiento del diámetro mojado de acuerdo con la presión utilizada.

La regadera N produce la mayor área mojada y es la única que proporciona un diámetro de 40 cm del chorro a la altura de los hombros de un individuo, pero también la de mayor consumo. Sin embargo, aunque la regadera O es también una de las de mayor consumo, produce áreas mojadas de aproximadamente la mitad de las de N.

El comportamiento a las alturas sobre el piso de 140 y 130 cm muestra la misma tendencia, pero con diámetro mojado creciente al disminuir dicha altura. Sin embargo, la curva de la regadera O tiende a confundirse con el grupo de la mayoría al disminuir la altura sobre el piso; en cambio la curva de la D tiende a alejarse de las demás a partir de 0.8 kg/cm² de presión.

Se considera a la intensidad media de la lluvia dentro del área mojada a una determinada altura, en cualquiera de las formas:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{Q}{A}$$

donde:

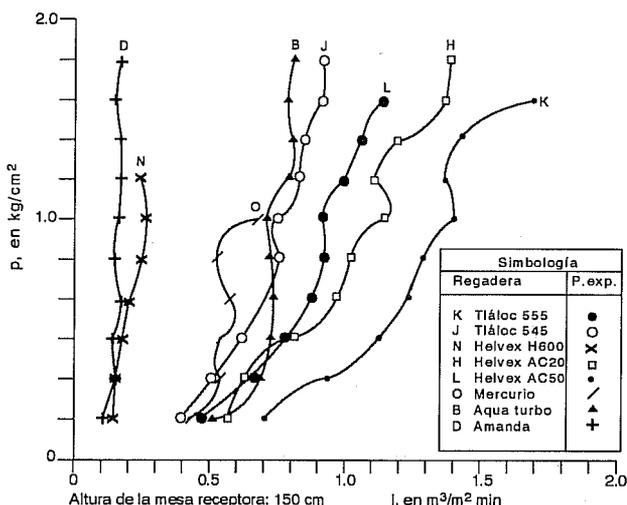
- h = altura de precipitación en m
- i = intensidad media en m/min
- Q = gasto descargado por la regadera en 3m³/min
- A = área mojada en m²
- t = tiempo transcurrido

Esto es, la intensidad representa la velocidad media del flujo en el supuesto de que la totalidad del área mojada fuera efectiva para el paso del agua.

La ilustración 4 muestra la representación gráfica de los resultados experimentales (Sottec, 1988) de intensidad media-presión con la plataforma receptora a una altura de 150 cm, elaborada a partir de los resultados de las ilustraciones 2 y 3. Es interesante observar, que siendo la regadera N la que produce mayor área mojada, se ubica entre las de menor intensidad media de lluvia, a pesar de estar entre las de máximo consumo. Sin embargo, la regadera D es de poco consumo y también de poca intensidad media. En ambos casos, la intensidad es casi constante con la presión.

Las regaderas restantes tienen intensidades medias mayores, crecientes con la presión, pero el flujo se concentra en áreas mojadas de diámetro tan pequeño que, en la mayoría de los casos, no permitieron determinar la variación puntual de la

4. Curva de resultados experimentales de presión-intensidad media en regaderas comerciales



intensidad de lluvia en toda el área, al no disponer de mejor instrumentación. El procedimiento utilizado a base de recipientes, unidos entre sí y a la plataforma, sólo permitió obtener la intensidad máxima en aquel que más rápido se llenaba y su ubicación en torno de las restantes. Con este fin, se definió a la intensidad máxima en la forma:

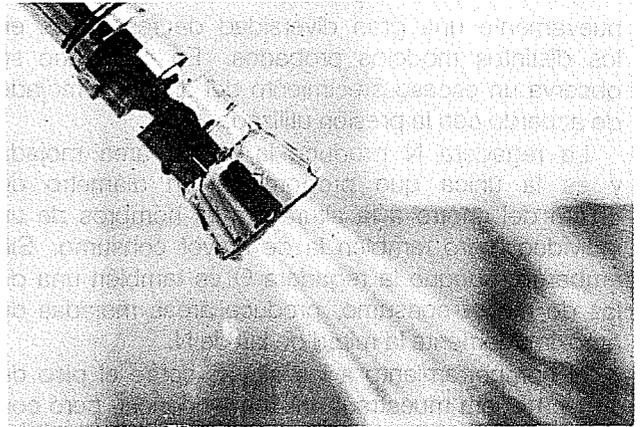
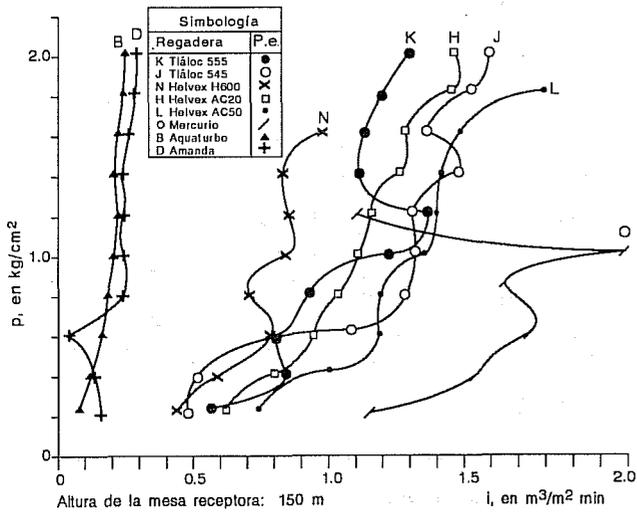
$$i_{maz} = \frac{V_{maz}}{A_r t}$$

donde:

- i_{maz} = intensidad máxima sobre el recipiente en m/min
- t = intervalo de tiempo en la prueba en min
- A_r = área expuesta del recipiente en m²
- V_{maz} = volumen máximo captado en m³

Siguiendo el mismo procedimiento de análisis de la intensidad media, los resultados (Sottec, 1988) de la máxima se presentan en forma gráfica en la ilustración 5 mediante las curvas intensidad-máxima-presión, una para cada prototipo, con la plataforma receptora a una altura de 150 cm y ángulo de 35 de inclinación de la regadera, aunque también se hicieron mediciones con alturas de 140 y 130 cm. En la ilustración 5 se observa que la regadera D tiene intensidades máximas aproximadamente del doble de las medias representadas en la ilustración 4, no así la N, que concentra más el chorro y produce intensidades máximas mayores de tres veces la media. Las restantes ofrecen mayor uniformidad en la desviación de la media, sin que esto signifique una mejor distribución de mojado.

5. Curva de resultados experimentales de presión-intensidad máxima en regaderas comerciales



Evaluación de accesorios hidráulicos de bajo consumo de agua (regadera doméstica)

Conclusiones y recomendaciones

Dado que también se realizaron estudios estadísticos de la información y de la función de utilidad, a continuación se exponen algunas conclusiones.

Las regaderas B y D muestran mayor uniformidad en la distribución de intensidad pero esto se debe a que producen áreas de mojado muy pequeñas. Para la altura de la mesa receptora de 140 cm la regadera J tiene la mejor distribución, superando incluso a la D. La regadera N produce las mayores áreas de mojado y distribuye bien la descarga a cualquier altura y presión en la red, pero es también la de mayor consumo, las restantes producen áreas de mojado muy pequeñas e inadecuadas para el confort del usuario, pues concentran sus descargas en áreas reducidas y de modo no uniforme.

La regadera N puede reducir su consumo, sin cambiar sustancialmente su comportamiento al disminuir la presión mediante reductores, instalados antes de la regadera y mejorando su diseño para uniformar la distribución de la lluvia.

Los estudios efectuados fueron a nivel de laboratorio, y resultó conveniente realizar algunas encuestas de campo para captar información del público respecto a las condiciones de presión en la red, gasto, altura de la regadera, estatura y hábitos

del usuario, y su efecto en la comodidad durante el baño (Sottec, 1988).

Es recomendable continuar estos estudios experimentales y de campo, con los nuevos prototipos que han aparecido en el mercado nacional.

Para obtener un mejor conocimiento de la hidrodinámica de las regaderas, se propuso también el desarrollo teórico de un nuevo diseño que mejorará las variables estudiadas, para someterlo a experimentación y adecuarlo a los estándares del usuario.

Los estudios son de gran trascendencia porque corroboraron que las regaderas domésticas son grandes consumidoras de agua y utilizan una parte importante de la dotación media por habitante.

Referencias

Sottec Ingenieros, S. A. "Ejecución de los programas de experimentación en el banco de pruebas de muebles y accesorios de bajo consumo de agua", Primera y segunda etapa: Informes finales presentados a la DGCOH en 1986 y 1987, México, D. F.

Sottec Ingenieros, S. A. "Ejecución de estudios experimentales para elaborar cartas de control de calidad de muebles sanitarios y accesorios, su aplicación a programas específicos de control de calidad de los muebles y accesorios domésticos de bajo consumo", Tercera etapa. Informe final presentado a la DGCOH en 1988, México, D. F.