

## DETERMINACIÓN DE CURVAS DE CONSUMO EN EDIFICACIONES UNIVERSITARIAS DE DIFERENTE TIPO

Edisson Ferney Pérez Roa<sup>1</sup>; Yovanny Alexander Castillo Roza<sup>2</sup>; Rafael Orlando Ortiz Mosquera<sup>3</sup>

**Resumen** - El presente artículo hace parte de una línea de investigación denominada “uso racional de agua”, por medio de la cual se pretende estudiar lo concerniente a instalaciones hidráulicas en edificaciones, con el fin de identificar variables sobre las que se pueda actuar para mejorar el manejo del recurso. Dentro de estos lineamientos, se evaluaron los consumos generados por la ciudad universitaria a partir de cinco de sus edificaciones, para las que se encontraron parámetros de consumo propios, los cuales servirán para evaluar los consumos de otras edificaciones con características similares, e identificar si en ellas se presenta un consumo racional.

**Abstract** - The present article is part of an investigation line denominated “rational water use,” which tries to study concerning hydraulics facilities in constructions, with the purpose of identifying parameters in which it is possible to be acted to improve the handling of the resource. Within these parameters this study evaluate the consumptions presented for the “Ciudad Universitaria” starting from five of its constructions, to them was found parameters of consumption of each one, that will serve to evaluate consumptions of other constructions with similar characteristic, and to identify if in them a rational consumption appears.

**Palabras Claves** - Medidores, consumos de agua en edificaciones universitarias.

**Keywords** - Consumption of water in constructions.

1

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia - Ingeniero Civil – Departamento de Ingeniería civil y Agrícola – Unidad de Hidráulica –Bogota, Colombia. E-mail: [efperezr@unal.edu.co](mailto:efperezr@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia - Ingeniero Civil – Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola – Unidad de Hidráulica – Bogota, Colombia. E-mail: [yacastillor@unal.edu.co](mailto:yacastillor@unal.edu.co)

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia - Ingeniero Civil – Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola –Unidad de Hidráulica – M. Sc. En Docencia – Candidato a M. Sc. en Recursos Hidráulicos – Director de la Unidad de Hidráulica - Integrante GIREH ( Grupo de investigación de Recursos Hídricos) - Bogota, Colombia. Tel: (+57) 1 3165000 Ext. 13474 – Fax: (+57) 1 3165563 E-mail: [roortizm@unal.edu.co](mailto:roortizm@unal.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo hace parte de una línea de investigación denominada: USO RACIONAL DEL AGUA, por medio de la cual entre otros, se pretende estudiar todo lo concerniente a las instalaciones hidráulicas de diferente tipo, con el propósito de identificar variables sobre las cuales se puede actuar para hacer un mejor manejo y aprovechamiento del recurso hídrico. En este caso particular, la investigación está enfocada a monitorear y establecer las variables que determinan el consumo del agua en el campus de la “Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá”, buscando optimizar el aprovechamiento del recurso. Para tal fin se implementó un sistema de medición el cual tiene por objeto cuantificar periódicamente el consumo de agua por cada edificio analizado, para de esta manera conocer los consumos característicos con base en los cuales se puede garantizar la racionalidad del consumo; contribuyendo así a solucionar la problemática global del recurso del agua entorno al desequilibrio de la oferta y la demanda de agua potable, haciendo un uso más eficiente de la misma.

## MARCO TEÓRICO

Los medidores son aparatos empleados por la mayoría de las empresas que suministran el servicio de agua potable con el objeto de facturar los consumos de sus suscriptores; son básicamente contadores en vez de verdaderos medidores de flujo dado que indican el volumen totalizado de agua ( $m^3$ ) en lugar del caudal ( $m^3/s$ ) que circula a través de la tubería.

Fundamentalmente constan de: 1) Un dispositivo de medida que tiene libertad de giro, impulsado por la energía que posee el agua que llega al medidor; 2) Un tren de piñones que transmite convenientemente el movimiento del mecanismo de medida al registrador; y 3) Un registrador que indica los consumos medidos por el dispositivo; pese a los sofisticados de los mecanismos, la precisión de las mediciones registradas se ven alteradas por el efecto que sobre los mismos generan las características físico – químicas del agua.

Los medidores se pueden clasificar dependiendo la forma como se registra el flujo de agua que los atraviesa, así:

- **VOLUMÉTRICOS:** Registran el número de veces que el agua llena una cámara, con volumen conocido. El dispositivo de medida se complementa con un disco o pistón que en una oscilación desplaza el volumen de la cámara. Funciona adecuadamente indiferente del fluido que se esté midiendo; sin embargo, se ve afectado por aguas arenosas o con tendencia a formar depósitos, ya que estas partículas dejan huellas y permiten el paso de agua sin contabilizar. Estos medidores presentan pérdidas de presión considerables y por lo general su tamaño es moderado (hasta 100 mm) dado que al aumentar su tamaño producen ruidos excesivos y su mantenimiento y reparación constituyen costos elevados.

- **DE VELOCIDAD:** El flujo se deduce de la velocidad del agua que acciona una hélice o rueda de alabes. Como el área por donde circula el agua es constante, la relación que existe para obtener el volumen circundante, se debe al número de vueltas o revoluciones de la hélice; por lo que el volumen medido se deduce de la siguiente expresión:

$$\boxed{\text{Vol.} = f (\text{número de vueltas}) \times A_i} \quad (1)$$

En general los medidores de velocidad presentan varias ventajas como son: el no ser afectados por partículas de suspensión, el ser silenciosos, tener costos de mantenimiento bajos y producir perdidas de presión aceptables. Sin embargo, los caudales de arranque de los medidores son altos debido a la mayor inercia ofrecida por las hélices.

*Tabla 1 - Tipos de medidores de velocidad*

|                                        |                                                         |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                    |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TIPOS DE MEDIDORES DE VELOCIDAD</b> | S/n forma de incidencia del agua sobre la hélice        | <b>De Chorro Tangencial:</b> El agua golpea los alabes en forma tangencial; o sea que el eje de la turbina es normal a la dirección del flujo | <i>De Chorro Único</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Hace contacto en un solo lugar en la periferia del rotor.                          |
|                                        |                                                         |                                                                                                                                               | <i>De Chorro Múltiple</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Hace contacto simultáneo en diferentes puntos alrededor de la periferia del rotor. |
|                                        |                                                         | <b>De Chorro Axial</b>                                                                                                                        | El flujo del agua es paralelo al eje de rotación y por consiguiente la pérdida es menor.                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                    |
|                                        | S/n la inmersión del mecanismo de registro en el fluido | <b>Medidor de tipo Seco</b>                                                                                                                   | El mecanismo de registro está separado del mecanismo inferior por una platina a prueba de agua con una caja hermética, que permite que el movimiento sea transferido del mecanismo inferior al mecanismo contador. El mecanismo inferior opera en agua bajo presión, mientras el mecanismo contador trabaja a presión atmosférica. |                                                                                    |
|                                        |                                                         | <b>Medidor de tipo mojado</b>                                                                                                                 | Todo el mecanismo trabaja inmerso en el agua. Debido a la ausencia de la caja hermética, la tasa de flujo a la cual este tipo de medidor empieza a moverse es más baja que la de los secos.                                                                                                                                        |                                                                                    |

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para la realización del estudio fue necesario tomar datos de consumo de agua de las edificaciones, por lo que se hace indispensable la instalación de un medidor por cada edificio a estudiar y su calibración correspondiente a fin de establecer el grado de confiabilidad de los registros utilizados.

Los medidores utilizados para la elaboración del estudio fueron de dos tipos:

- Medidor de velocidad, de chorro axial, de marca MEINECKE de tipo Woltman (90 m<sup>3</sup>/h y 0.30 m<sup>3</sup>/h de caudal máximo y mínimo respectivamente), con denominación WPD-DN50, en el cual el registrador consiste en un acumulador de volúmenes en el tiempo.

- El medidor de velocidad, de chorro axial, de marca HYDROMETER de tipo Woltman con denominación WP-MF-DN50 (90 m<sup>3</sup>/h y 0.30 m<sup>3</sup>/h de caudal máximo y mínimo respectivamente), en el cual el registrador consiste en un acumulador de volúmenes en el tiempo. Además puede registrar consumos instantáneos gracias a que su registrador posee un modulo electrónico denominado FLYPPER, el cual reconoce el sentido de rotación así como el tiempo empleado en cada revolución

## CALIBRACIÓN DE LOS MEDIDORES

Para la calibración de los medidores se adecuó una instalación que permite medir de manera simultánea las variables registradas por el medidor; así mismo la instalación ha sido provista de unos dispositivos adicionales (piezómetros) que permiten evaluar la influencia del medidor en la misma. (Figura 1). Las características de dicho montaje son:

- Instalación horizontal del medidor, con segmentos de tubería recta en hierro galvanizado de 2" y una longitud de 1.20 m a cada lado del medidor, con el fin de evitar turbulencias cercanas al dispositivo de medida generadas por cambios de dirección así como por accesorios ubicados sobre la instalación.
- Dos piezómetros, uno antes y otro después del medidor a una distancia de 0.60 m, para establecer la caída de presión ocasionada por el medidor en una red a diferentes caudales.
- Regulación del caudal mediante una válvula de compuerta. Así mismo se instala una válvula de compuerta adicional, ubicada a la salida del flujo, con el objeto de garantizar que la presión registrada por el piezómetro ubicado después del medidor en el sentido del flujo no corresponda a la presión atmosférica.
- El agua que se hace pasar por el medidor proviene de un tanque elevado con capacidad de 27 m<sup>3</sup>, el cual permanece a nivel constante, garantizando que la cabeza disponible de presión sea la misma para el proceso de calibración (10 m.c.a.).
- Las mediciones se efectúan una vez se haya estabilizado el caudal, lo cual se identifica con la ayuda de un osciloscopio.



Figura 1 - Montaje para calibración de medidor

Una vez se han realizado las mediciones correspondientes para cada uno de los caudales estudiados se sigue el procedimiento descrito a continuación, el cual se ilustra para el medidor Meinecke WPD – DN 50:

- Tabular los datos tomados en el laboratorio.

Tabla 2 - Toma y procesamiento de datos del medidor tipo meinecke

| TOMA DE DATOS |              |       |                   |        |                      |         |
|---------------|--------------|-------|-------------------|--------|----------------------|---------|
| DATO          | PRESION (ps) |       | NIVEL TANQUE (cm) |        | LECTURA MEDIDOR (cm) |         |
| i             | INICIAL      | FINAL | INICIAL           | FINAL  | INICIAL              | FINAL   |
| 1             |              |       | 81.62             | 83.49  | 120.75               | 121     |
| 2             | 8.55         | 8.55  | 183.49            | 185.64 | 121.74               | 122.098 |
| 3             | 8.55         | 8.55  | 120.30            | 123.60 | 161.94               | 162.61  |
| 4             | 8.55         | 8.55  | 165.42            | 168.03 | 117.09               | 117.62  |
| 5             | 8.55         | 8.55  | 168.04            | 170.81 | 118.15               | 118.7   |
| 6             | 8.55         | 8.55  | 170.81            | 173.40 | 118.76               | 119.27  |
| 7             | 8.55         | 8.55  | 173.40            | 175.98 | 119.38               | 119.9   |
| 8             | 8.55         | 8.55  | 175.98            | 178.48 | 120                  | 120.5   |
| 9             | 8.55         | 8.55  | 178.48            | 180.98 | 120.6                | 121.1   |
| 10            | 8.55         | 8.55  | 180.98            | 183.49 | 121.2                | 121.7   |
| 11            | 8.55         | 8.55  | 185.64            | 188.19 | 122.65               | 123.15  |
| 12            | 8.48         | 8.41  | 188.19            | 191.21 | 123.3                | 123.9   |
| 13            | 8.34         | 8.20  | 191.21            | 194.23 | 124.1                | 124.7   |
| 14            | 8.20         | 8.00  | 194.23            | 198.23 | 125                  | 125.8   |
| 15            | 8.14         | 7.86  | 198.23            | 203.15 | 126.2                | 127.2   |
| 16            | 8.14         | 7.83  | 204.10            | 209.38 | 128.6                | 129.65  |
| 17            | 7.72         | 7.24  | 209.38            | 217.38 | 130.2                | 131.8   |
| 18            | 7.10         | 6.34  | 118.35            | 123.35 | 102.5                | 103.5   |
| 19            | 6.55         | 5.52  | 85.48             | 92.20  | 138.2                | 139.55  |
| 20            | 6.27         | 5.17  | 92.20             | 99.74  | 140.4                | 141.9   |
| 21            | 5.72         | 4.41  | 99.74             | 107.54 | 142.6                | 144.15  |
| 22            | 5.24         | 3.72  | 107.54            | 117.40 | 145                  | 146.98  |
| 23            | 4.65         | 3.03  | 117.40            | 127.30 | 148                  | 150     |
| 24            | 4.24         | 2.55  | 127.30            | 137.28 | 151.5                | 153.5   |
| 25            | 3.83         | 1.93  | 137.28            | 147.09 | 154.7                | 156.67  |

| PROCESAMIENTO DE DATOS |            |                   |                   |               |
|------------------------|------------|-------------------|-------------------|---------------|
| DATO                   | $\Delta P$ | Q.L               | Q.V.M.            | ERROR (%)     |
| i                      | m.c.a.     | m <sup>3</sup> /h | m <sup>3</sup> /h | Q.V.M. VS Q.L |
| 1                      | 0.00       | 0.274             | 0.183             | 33.16         |
| 2                      | 0.00       | 0.342             | 0.285             | 16.74         |
| 3                      | 0.00       | 0.539             | 0.547             | 1.52          |
| 4                      | 0.00       | 0.591             | 0.600             | 1.53          |
| 5                      | 0.00       | 1.142             | 1.134             | 0.72          |
| 6                      | 0.00       | 1.452             | 1.430             | 1.54          |
| 7                      | 0.00       | 1.743             | 1.757             | 0.78          |
| 8                      | 0.00       | 1.993             | 1.993             | 0.00          |
| 9                      | 0.00       | 2.356             | 2.356             | 0.00          |
| 10                     | 0.00       | 3.030             | 3.018             | 0.40          |
| 11                     | 0.03       | 3.854             | 3.778             | 1.96          |
| 12                     | 0.07       | 5.868             | 5.829             | 0.66          |
| 13                     | 0.14       | 8.195             | 8.141             | 0.66          |
| 14                     | 0.21       | 9.773             | 9.773             | 0.00          |
| 15                     | 0.28       | 11.382            | 11.567            | 1.63          |
| 16                     | 0.31       | 12.359            | 12.289            | 0.57          |
| 17                     | 0.48       | 15.277            | 15.277            | 0.00          |
| 18                     | 0.76       | 19.242            | 19.242            | 0.00          |
| 19                     | 1.03       | 24.135            | 24.242            | 0.45          |
| 20                     | 1.10       | 24.673            | 24.542            | 0.53          |
| 21                     | 1.31       | 26.553            | 26.382            | 0.64          |
| 22                     | 1.52       | 29.300            | 29.419            | 0.41          |
| 23                     | 1.62       | 31.821            | 32.142            | 1.01          |
| 24                     | 1.69       | 33.542            | 33.610            | 0.20          |
| 25                     | 1.896      | 35.675            | 35.821            | 0.41          |

- Establecer y graficar la correspondencia entre los datos registrados por el laboratorio y los registrados por el medidor.

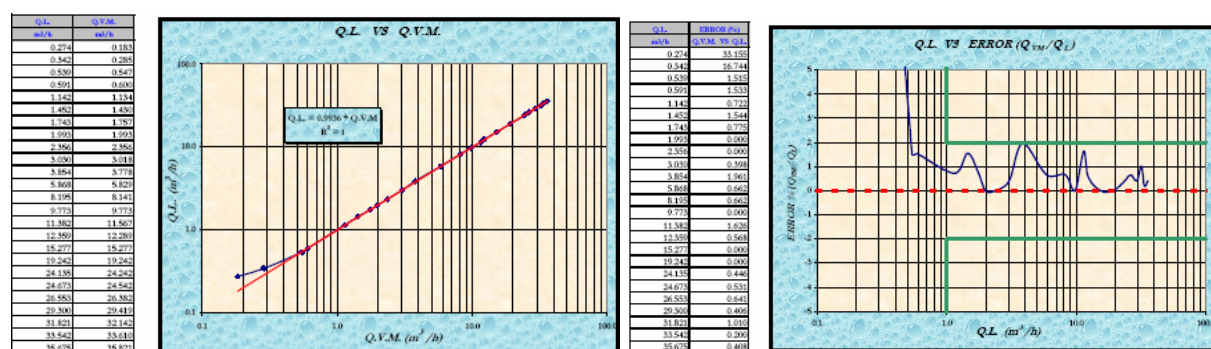


Figura 2 - Caudal laboratorio vs. Caudal de medidor y caudal laboratorio vs. Error en la medición

- Establecer y graficar la línea de pérdida de energía Vs caudal, característica del medidor.

| Q.L.              | $\Delta P$ | PAIZ (AT)  |
|-------------------|------------|------------|
| m <sup>3</sup> /h | m.c.a.     | m.c.a. 1/2 |
| 3.854             | 0.05       | 0.19       |
| 5.868             | 0.07       | 0.26       |
| 8.195             | 0.14       | 0.37       |
| 9.773             | 0.21       | 0.45       |
| 11.382            | 0.28       | 0.53       |
| 12.359            | 0.31       | 0.56       |
| 15.277            | 0.48       | 0.69       |
| 19.242            | 0.76       | 0.87       |
| 24.135            | 1.03       | 1.02       |
| 24.673            | 1.10       | 1.05       |
| 26.553            | 1.31       | 1.14       |
| 29.300            | 1.52       | 1.23       |
| 31.821            | 1.62       | 1.27       |
| 33.542            | 1.69       | 1.30       |
| 35.679            | 1.90       | 1.38       |

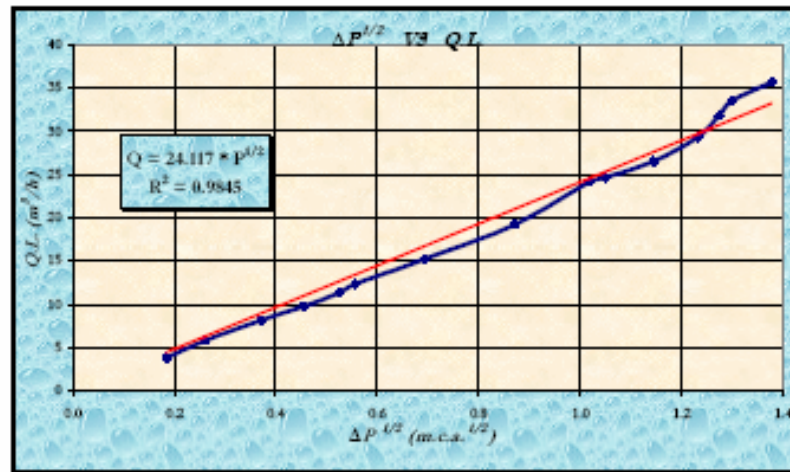


Figura 3 - Caudal vs. Caída de presión

A continuación se tabulan los resultados obtenidos a partir de las dos calibraciones realizadas. Al comparar los resultados obtenidos de dos medidores se puede concluir que el comportamiento hidráulico de los mismos está de acuerdo con las especificaciones técnicas de su respectivo fabricante, sin embargo el medidor de Hydrometer tiene mejor comportamiento hidráulico que el de Meinecke:

Tabla 3 - Comparación comportamiento de los medidores

| Criterio de Comparación                                               | Meinecke   | Hydrometer  |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|-------------|
| Caudal de arranque (m³/h)                                             | 0.12       | 0.10        |
| Caudal de mínimo (m³/h)                                               | 0.50       | 0.30        |
| Caudal de transición (m³/h)                                           | 0.40       | 0.20        |
| Longitud Equivalente m P.V.C. 2"                                      | 5.31       | 3.48        |
| Longitud Equivalente m H.G. 2"                                        | 3.51       | 2.30        |
| Pérdidas de presión producidas al caudal máximo calibración (35 m³/h) | 1.90 m.c.a | 1.33 m.c.a. |

## TOMA DE DATOS

La recolección de información en campo consistió en tomar lecturas de los medidores cada 30 minutos para cada día durante una semana típica. Se realizó para las cinco edificaciones de la universidad (Biblioteca Central, Facultad de Odontología, Aulas de Ciencias Humanas, Facultad de Medicina y Aulas de ingeniería) y para los medidores principales de la ciudad universitaria; los cuales son de 4" y 6" de diámetro sus dimensiones se justifican en la medida que contabilizan el consumo de la ciudad universitaria.

Las lecturas del medidor de 4" se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4 - Lecturas del medidor principal de 4''

| Lunes<br>08/04/02 |                    | martes<br>09/04/02 |                    | Miércoles<br>10/04/02 |                    | jueves<br>11/04/02 |                    | viernes<br>12/04/02 |                    | Sábado<br>13/04/02 |                    |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| HORA              | lectura<br>medidor | HORA               | lectura<br>medidor | HORA                  | lectura<br>medidor | HORA               | lectura<br>medidor | HORA                | lectura<br>medidor | HORA               | lectura<br>medidor |
| 07:35             | 752299             | 07:35              | 752623             | 06:35                 | 752924             | 06:35              | 753206             | 06:45               | 753522             | 06:55              | 753801             |
| 08:05             | 752306             | 08:15              | 752631             | 07:05                 | 752930             | 07:05              | 753214             | 07:15               | 753529             | 07:25              | 753804             |
| 08:35             | 752317             | 08:55              | 752641             | 07:35                 | 752937             | 07:35              | 753219             | 07:45               | 753537             | 07:55              | 753808             |
| 09:05             | 752329             | 09:35              | 752651             | 08:05                 | 752943             | 08:05              | 753225             | 08:15               | 753545             | 08:25              | 753811             |
| 09:35             | 752340             | 10:15              | 752661             | 08:35                 | 752951             | 08:35              | 753231             | 08:45               | 753555             | 08:55              | 753816             |
| 10:05             | 752352             | 10:55              | 752672             | 09:05                 | 752958             | 09:05              | 753239             | 09:15               | 753565             | 09:25              | 753824             |
| 10:35             | 752365             | 11:35              | 752683             | 09:35                 | 752965             | 09:35              | 753248             | 09:45               | 753574             | 09:55              | 753829             |
| 11:05             | 752379             | 12:15              | 752693             | 10:05                 | 752972             | 10:05              | 753255             | 10:15               | 753583             | 10:25              | 753833             |
| 11:35             | 752394             | 12:45              | 752701             | 10:35                 | 752979             | 10:35              | 753263             | 10:45               | 753590             | 10:55              | 753840             |
| 12:05             | 752408             | 13:15              | 752709             | 11:05                 | 752987             | 11:05              | 753271             | 11:15               | 753602             | 11:25              | 753845             |
| 12:35             | 752421             | 13:45              | 752717             | 11:35                 | 752995             | 11:35              | 753280             | 11:45               | 753609             | 11:55              | 753850             |
| 13:05             | 752432             | 14:15              | 752725             | 12:05                 | 753003             | 12:05              | 753289             | 12:15               | 753617             | 12:25              | 753855             |
| 13:35             | 752441             | 14:45              | 752733             | 12:35                 | 753010             | 12:35              | 753298             | 12:45               | 753624             | 12:55              | 753860             |
| 14:05             | 752450             | 15:15              | 752741             | 13:05                 | 753017             | 13:05              | 753305             | 13:15               | 753631             |                    |                    |
| 14:35             | 752459             | 15:45              | 752749             | 13:35                 | 753024             | 13:35              | 753313             | 13:45               | 753636             |                    |                    |
| 15:05             | 752467             | 16:15              | 752757             | 14:05                 | 753032             | 14:05              | 753321             | 14:05               | 753644             |                    |                    |
| 15:35             | 752475             | 16:45              | 752765             | 14:30                 | 753039             | 14:35              | 753329             | 14:35               | 753651             |                    |                    |
| 16:05             | 752482             | 17:15              | 752773             | 15:00                 | 753048             | 15:05              | 753340             | 15:05               | 753654             |                    |                    |
| 16:35             | 752488             | 17:45              | 752780             | 15:30                 | 753056             | 15:35              | 753348             | 15:35               | 753668             |                    |                    |
| 17:05             | 752495             | 18:15              | 752787             | 16:00                 | 753063             | 16:05              | 753357             | 16:05               | 753677             |                    |                    |
| 17:35             | 752500             | 18:45              | 752795             | 16:30                 | 753071             | 16:35              | 753365             | 16:35               | 753683             |                    |                    |
| 18:05             | 752505             | 19:15              | 752801             | 17:00                 | 753078             | 17:05              | 753373             | 17:05               | 753690             |                    |                    |
| 18:35             | 752511             | 19:45              | 752808             | 17:30                 | 753084             | 17:35              | 753380             | 17:35               | 753695             |                    |                    |
| 19:05             | 752515             | 20:15              | 752812             | 18:00                 | 753090             | 18:05              | 753387             | 18:05               | 753703             |                    |                    |
| 19:35             | 752520             |                    |                    | 18:30                 | 753098             | 18:35              | 753394             | 18:35               | 753708             |                    |                    |
| 20:05             | 752524             |                    |                    | 19:00                 | 753104             | 19:05              | 753400             | 19:05               | 753713             |                    |                    |
|                   |                    |                    |                    | 19:30                 | 753110             | 19:35              | 753407             | 19:35               | 753718             |                    |                    |
|                   |                    |                    |                    |                       |                    | 20:05              | 753413             | 20:05               | 753722             |                    |                    |

## ANÁLISIS DE DATOS

### Caudales

Gracias a la información recopilada acerca de los consumos históricos de agua en el campus universitario y a los datos tomados en el desarrollo de este trabajo, se realiza la siguiente gráfica, en la cual se presenta el comportamiento de los consumos mes a mes de los últimos tres años.

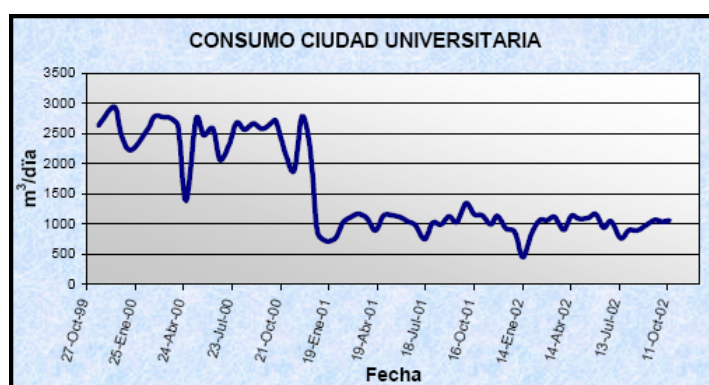


Figura 4 - Consumo histórico Ciudad Universitaria

Se observan claramente dos zonas: la primera en la cual el consumo promedio de agua en cada día es de 2500 m³/día; y una segunda zona en la cual el consumo promedio es de 1000 m³/día, lo que representa una reducción en el consumo de universidad del 60%. Esta baja en el consumo registrado se debe principalmente al seguimiento, detección y reparación de fugas presentes en la red del campus universitario, actividad adelantada por la división de aseo y



mantenimiento de la universidad, dichas fugas principalmente se deben al avanzado estado de deterioro de algunas tuberías que ya cumplieron su vida útil. En la gráfica también se identifican los meses donde no hay labores estudiantiles notándose una reducción en el consumo, e indicando el consumo fijo que se presenta en la ciudad universitaria.

## Consumos

Una vez mostrada la evolución en el comportamiento de los consumos en los últimos tres años del campus universitario, se busca la forma en que comportan los consumos en una semana típica de actividades, tomando como información los datos registrados en el estudio para dos semanas estudiadas. A continuación se muestra la Gráfica que corresponde a las lecturas que se tomaron en la semana del 8 al 13 de abril.

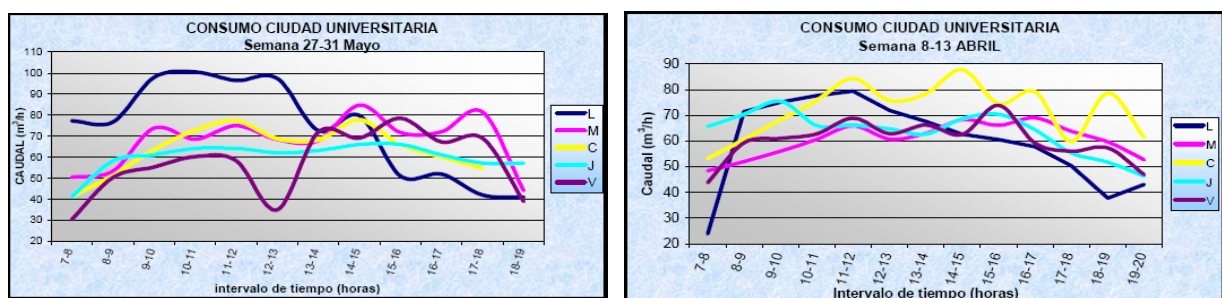


Figura 5 - Consumo en la Ciudad Universitaria semana 1 y 2

A partir de las gráficas anteriores, se puede observar que los consumos picos se presentan el lunes y el miércoles. Así mismo, de la gráfica de consumo promedio de la semana en la ciudad universitaria, se deduce que durante un día normal de labores entre las 7 a.m. y las 8 p.m. dicha variables es de 63.7 metros cúbicos por hora ( $63.7 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

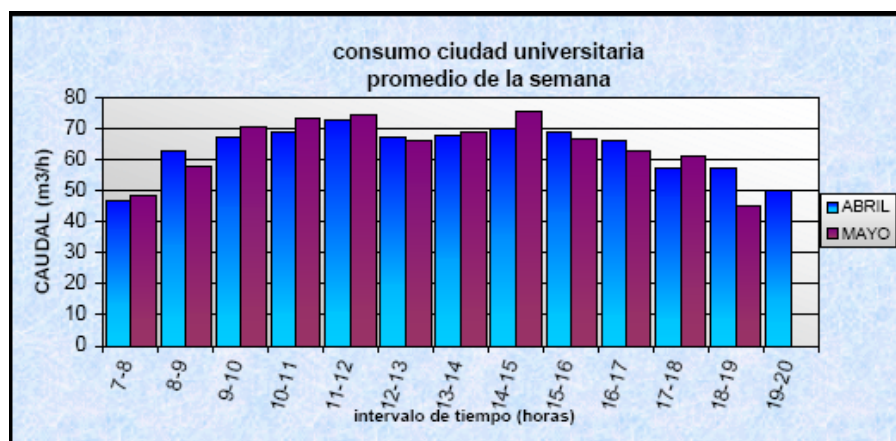


Figura 6 - Consumo promedio en la Ciudad Universitaria de la semana

En las siguientes gráficas se observa para cada media hora el consumo acumulado de las últimas 24 horas, para cada día de la semana:



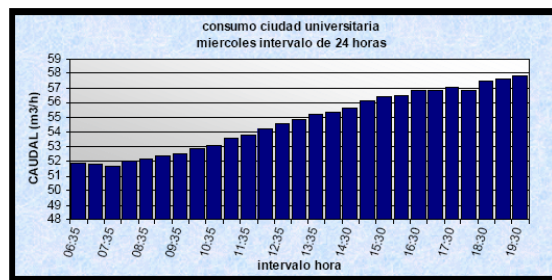
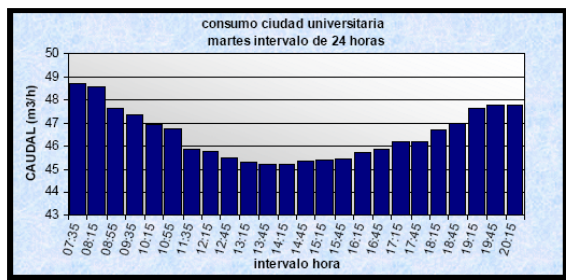


Figura 7 - Consumo Ciudad Universitaria

para martes y miércoles en un intervalo de 24 horas



Figura 8 – Consumo Ciudad Universitaria para jueves en un intervalo de 24 horas

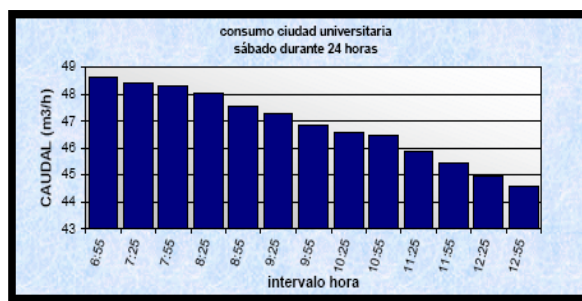
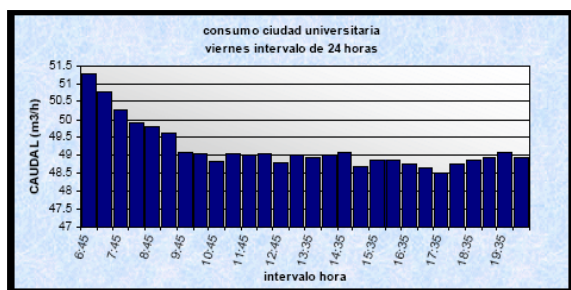


Figura 9 – Consumo Ciudad Universitaria para viernes y sábado en un intervalo de 24 horas

De las graficas se concluye que el día miércoles presenta el mayor consumo de agua, y los días lunes y martes, los que presentan un consumo de agua menor que los demás días.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las curvas de consumo obtenidas para las diferentes edificaciones son:

### Biblioteca Central

En el edificio de la biblioteca central según la curva de consumos se presentan los mayores consumos en las horas del medio día, indicando que en las primeras horas el consumo es bajo.

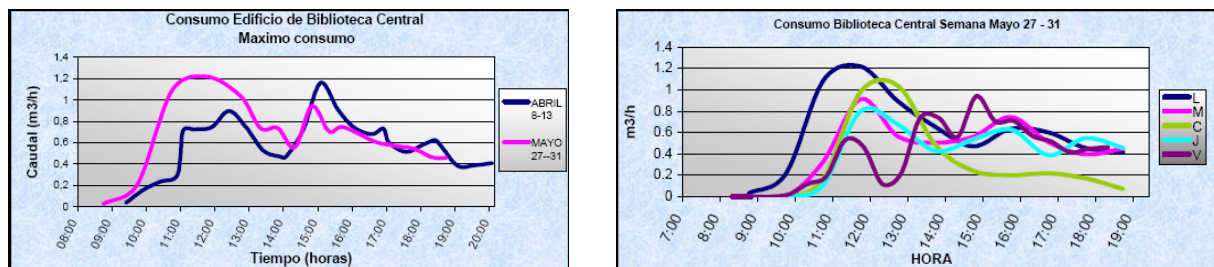


Figura 10 - Curvas de consumo Biblioteca Central

### Facultad De Odontología

El edificio de Odontología presenta consumos muy variables destacándose consumos altos en las horas del medio día, adicionalmente; en la gráfica ajunta se observa la envolvente de los máximos consumo presentados cada semana.

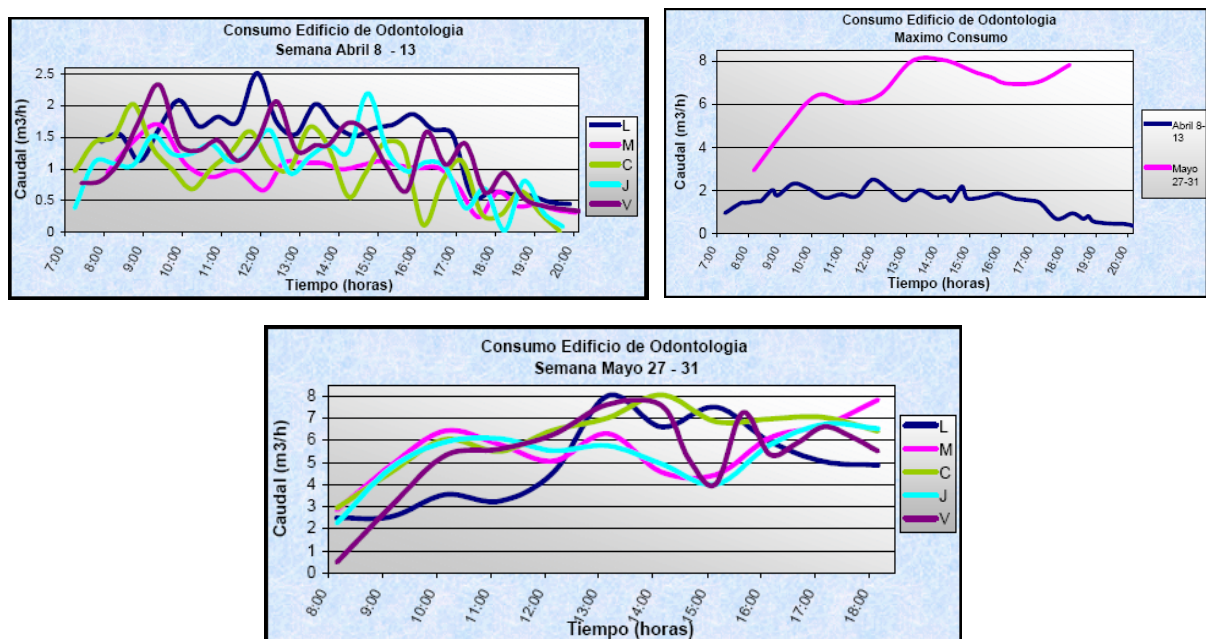


Figura 11 - Curvas de consumo Edificio de Odontología

## Edificio De Ciencias Humanas

El edificio de aulas de Ciencias Humanas presenta un consumo constante durante el día, disminuyéndolo en las primeras horas y al finalizar el día. Se destaca un consumo alto presentado el día viernes en el horario de 10:30- 11:30. El consumo de este edificio es creciente en las horas de la mañana, encontrándose con su consumo más significativo, después el consumo es constante hasta disminuir en las últimas horas del día.

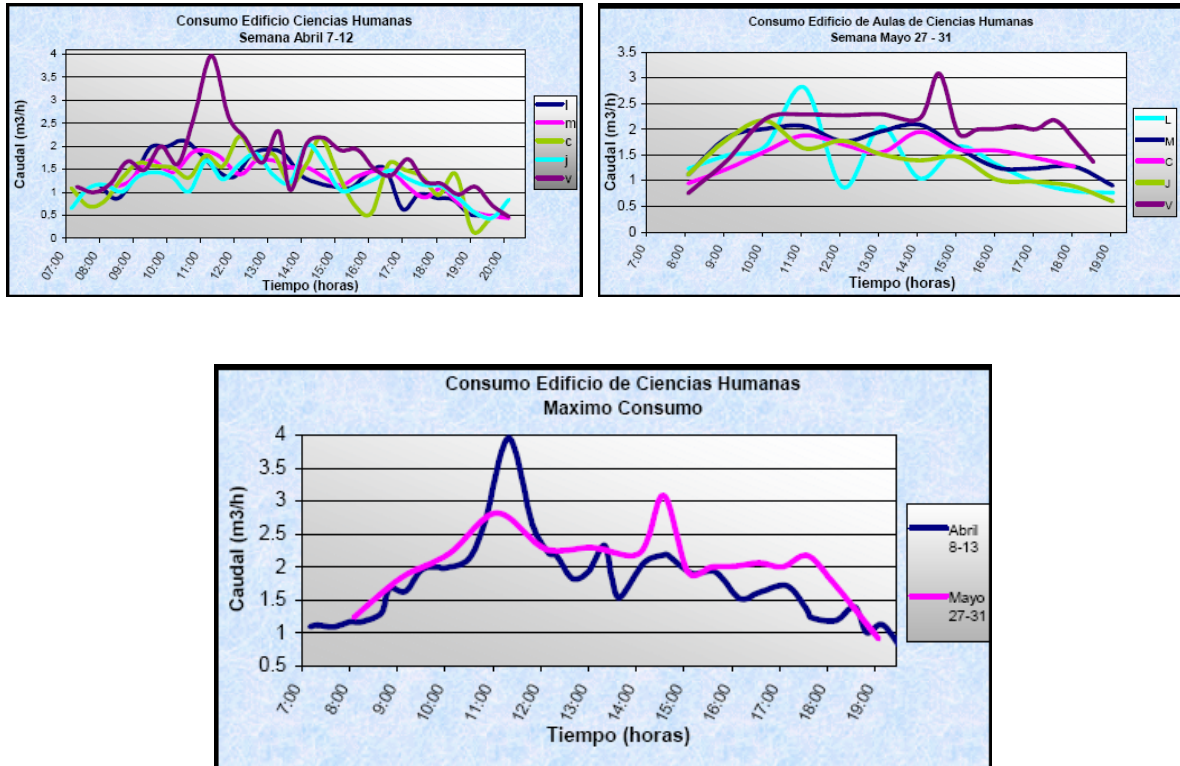
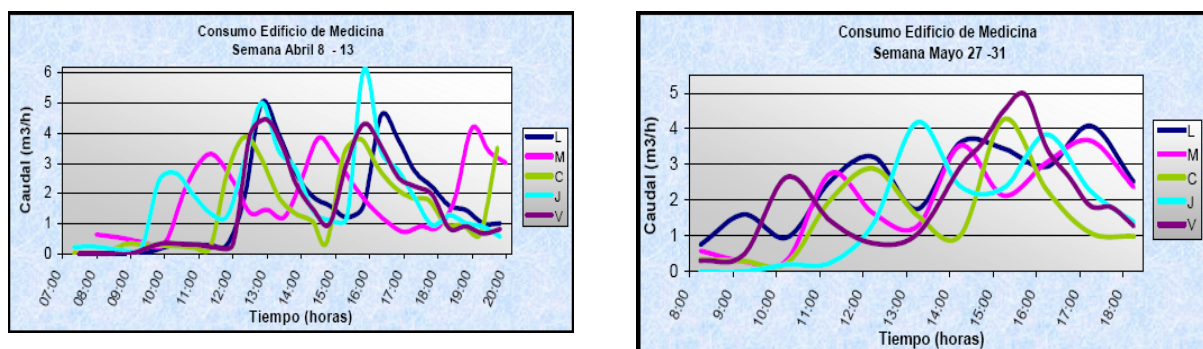


Figura 12 - Curvas de consumo edificio de Ciencias Humanas

## Edificio de Medicina

El consumo en el edificio de Medicina se puede representar como graficas de dos y tres picos durante el día, estos consumos altos se presentan en el horario de 11:00-12:00 y 15:00-16:00 especialmente. El consumo en este edificio es escalonado ya que en un intervalo el consumo aumenta y en el siguiente disminuye y así continuamente.



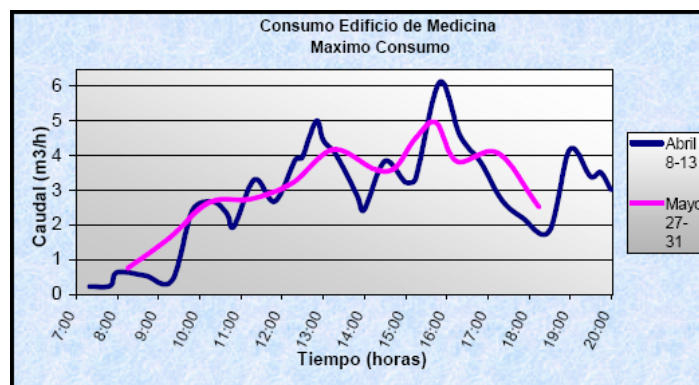


Figura 13 - Curvas de consumo edificio de Medicina

## EDIFICIO DE AULAS DE INGENIERÍA

El consumo en el edificio de ingeniería se puede representar como graficas tipo modal, ya que el máximo consumo se presenta entre las 10:45 y 11:15 am, esto se observa para todos los días de la semana. En la grafica 5- 21 se puede observar la variación de consumo para cada día de la semana.

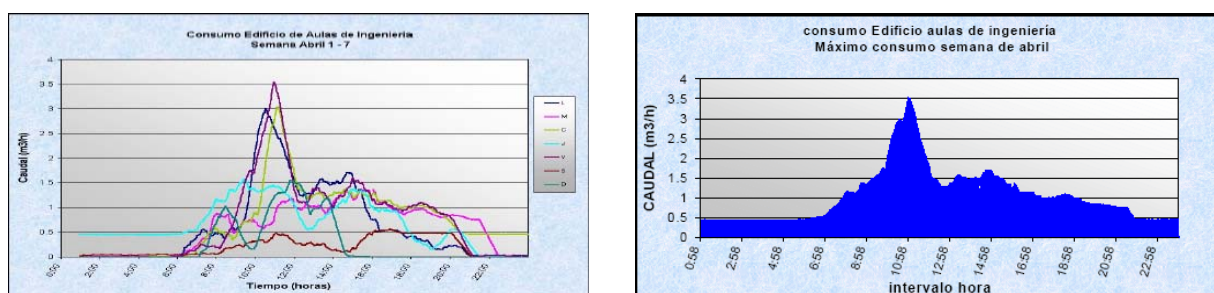


Figura 14 - Curvas de consumo edificio de Aulas de Ingeniería

El consumo promedio diario determinado a partir de las curvas de consumo antes mostradas, se resume en la siguiente tabla para las edificaciones analizadas:

Tabla 5 - Consumos promedio para las edificaciones analizadas

| CONSUMO POR DÍA POR PERSONA (lt /día) |            |             |                  |          |            |
|---------------------------------------|------------|-------------|------------------|----------|------------|
| EDIFICACIÓN                           | BIBLIOTECA | ODONTOLOGÍA | CIENCIAS HUMANAS | MEDICINA | INGENIERÍA |
| CONSUMO PROMEDIO                      | 5.18       | 82.90       | 20.64            | 32.93    | 15.65      |



## CONCLUSIONES

Se encontró que el estado actual de las tuberías que conforman la red del campus universitario, juega un papel importante en el consumo de agua potable registrado, ya que según el estudio realizado, se dedujo que mediante el mantenimiento y sustitución de diferentes tramos de tubería el consumo presentado en la ciudad universitaria se redujo en un 60 %.

En la ciudad universitaria los consumos presentados para cada mes facturados son de 1000 metros cúbicos día con algunas disminuciones para los meses donde no hay labores estudiantiles, por ejemplo los meses de enero y julio.

El consumo mínimo presentado en un mes es de 450 metros día indicándonos que existen algunos lugares donde el consumo es continuo sin importar el horario y la época de estudio. Se puede decir que el consumo promedio dentro de las horas de labores varía entre 60 y 70 metros cúbicos hora. Presentándose los consumos más altos entre las 11:00 y 12:00 y entre las 14:00 15:00. esto relacionado con los cambios de clases que suceden a las 11:00 y a las 2:00 de la tarde.

## REFERENCIAS

- Granados, Robayo, Jorge Armando. *Redes hidráulicas y sanitarias en edificios*. UNIBIBLOS. 2002.
- Mott, Robert. *Mecánica de fluidos aplicada*. 4a edición. Prentice hall. 1996.
- Aquaforjas, Meinecke, *Medidores de agua de hélice*, Meinecke-cosmos, 1978.
- Imcomelec-Metering. *Solución Integral de Medición y facturación*. 2002.
- Garduño, Velasco Héctor, *Uso eficiente del agua: un enfoque multidimensional*. Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. Mexico. 2001.