

PRÓLOGO

La ingeniería civil tiene en las obras hidráulicas uno de los sectores fundamentales de su trabajo. En el contexto actual, propio del siglo XXI, ya no se construye como en el siglo XX (en el que se realizaron las grandes infraestructuras hidráulicas que tanto han cambiado nuestra vida), hoy en día la ingeniería además del diseño y la construcción se centra en la gestión, operación y mantenimiento de dichas instalaciones, en busca de una mayor eficiencia, asumiendo nuevos retos con el apoyo de nuevas tecnologías. El objetivo de esta publicación es dotar al alumnado de las herramientas básicas, tanto para el diseño y cálculo hidráulico de nuevos sectores de agua urbana a presión, como para el diseño mecánico, así como para la adecuada gestión e interpretación de resultados.

Este libro está escrito casi exclusivamente para los alumnos de Abastecimiento y Saneamiento, de Infraestructuras Hidráulicas e Ingeniería Sanitaria que se imparten en 3^{er} curso del grado en Ingeniería Civil en la Universidad de Alicante. En él se revisan sucintamente los contenidos teóricos necesarios para analizar el flujo permanente de fluidos incompresibles (el agua lo es) en tuberías y conductos. La estructura de los distintos ejercicios se inicia con un depósito de regulación, como elemento previo a una red de distribución; a continuación los ejercicios de dimensionamiento hidráulico propios de las redes de distribución se agrupan en dos grandes bloques: el primero muestra las características de las redes de distribución ramificadas, mientras que el segundo se centra en las redes malladas; posteriormente, se muestran ejercicios adicionales que pretenden mostrar el efecto de las válvulas sobre las redes de distribución de agua a presión, se incluyen también ejercicios de cálculos de dimensionamiento mecánico de las conducciones necesarios según la normativa vigente. Por último, se propone un ejercicio de dimensionamiento de un sector en el que el alumnado puede observar un ejemplo real con algunos de los cálculos habituales.

Los autores desean agradecer el trabajo constante de edición del presente libro realizado por la alumna Sofía Alemán Izco, que ha ayudado en las tareas de edición y formateo de los ejercicios originales. Sin duda, este libro no hubiese sido posible sin su dedicación y esfuerzo.

Nuestro agradecimiento a la Universidad Politécnica de Valencia y a la Universidad Politécnica de Madrid, cuyos trabajos han resultado de importante apoyo a la presente publicación.

Asimismo, nuestro agradecimiento a Fran Salguero, cuya tesis doctoral (actualmente en proceso de realización) nos ha ayudado a realizar los ejercicios de resolución de redes malladas, mediante el método del gradiente.

Es indudable que todo el tiempo dedicado en la realización de este trabajo habrá merecido la pena si contribuye a facilitar el proceso de aprendizaje de esta materia entre el alumnado, causa primera de nuestra labor.

San Vicente, febrero de 2019.

Los autores

CLASIFICACIÓN DE LAS REDES SEGÚN SU TIPOLOGÍA

En este libro se pretende analizar el flujo permanente de fluidos (generalmente agua) en redes de tuberías a presión. El estudio de las mismas es muy distinto según su topología y las ecuaciones a plantear, para entender su comportamiento hidráulico, son completamente distintas.

Por tanto, según su topología, las redes de tuberías se clasifican en redes malladas y ramificadas. Esta clasificación es muy intuitiva, ya que se entiende que las redes son ramificadas cuando tiene forma arborescente y las tuberías se van dividiendo desde tuberías primarias hasta conducciones secundarias y estas, a su vez, se ramifican también en ramales terciarios. Las redes de distribución ramificadas, tienen como característica que el agua discurre siempre en el mismo sentido. Las redes se denominan malladas cuando las tuberías forman circuitos cerrados y se caracterizan por el hecho de que la alimentación de las tuberías puede efectuarse por sus dos extremos indistintamente, según se comporten las tuberías adyacentes, de manera que el sentido de la corriente no es siempre, forzosamente, el mismo.

REDES RAMIFICADAS

Las redes ramificadas las encontraremos en núcleos urbanos pequeños o tramos antiguos (hasta 1.000 habitantes) y en redes de riego. Las principales ventajas son:

- Cálculo más sencillo (como se conoce el sentido de circulación del agua, puede precisarse con exactitud, el caudal que circulará por cada tubería), lo cual facilita, enormemente, el cálculo de los diámetros.
- Más económico.
- Regulación de la red más sencilla (control de los valores de caudal y presión).

En cambio, sus inconvenientes son:

- Una rotura puede originar el corte y, por tanto, la interrupción del suministro.
- Dificil ampliación de la red.
- Agua estancada en tramos finales de red (se hace necesario efectuar frecuentes descargas mediante bocas de riego o llaves de descarga para evitar problemas de estancamiento / sanitarios).

REDES MALLADAS

Las redes malladas se utilizan en núcleos urbanos grandes. Son obligatorias según RD 140/2003. Las principales ventajas son:

- Seguridad en el suministro. Dado que el fluido puede circular por varios caminos distintos, el corte de ciertas tuberías permite el suministro en otras zonas de la red (dejando aislado el tramo en reparación). de este modo facilita las operaciones de limpieza y de mantenimiento que son necesarias efectuar con carácter periódico.
- Reducen problemas sanitarios ya que no queda agua estancada.
- Pequeñas pérdidas de carga continuas.
- En general, las presiones son más uniformes (quitando las salvedades de tipo orográfico particulares de cada red).

En cambio, sus inconvenientes son:

- Coste elevado. Mayor número de tuberías y por tanto mayor inversión inicial.
- Dimensionamiento más complejo, es necesario establecer, de antemano y por hipótesis, el sentido en el que circulará el agua.

En una red mallada, el número de mallas se puede saber con la expresión siguiente:

$$M=L-N+1$$

Siendo L el número de líneas y N el número de Nudos. Si la red es ramificada, M será igual a 0.

DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED RAMIFICADA CON EL CRITERIO DE VELOCIDAD MÁXIMA. FÓRMULA DE MOUGNIE

El criterio de Mougny es una fórmula que presenta una relación entre las velocidades existentes en la red de distribución y su diámetro. Se considera válida para presiones entre 20 y 50 m.c.a. Esta es su expresión:

$$v = 1.5 * \sqrt{D + 0.05} \quad (1)$$

Dónde: V = Velocidad (m/s) D = Diámetro de la tubería (m)

Por tanto, con esta expresión, y con la ecuación de continuidad, se calcula la relación existente entre el diámetro y el caudal (Tabla 1).

Tabla 1. Relación entre diámetros y caudal circulantes según criterio de Mougny

D (mm)	V (m/s)	Q (l/s)	D (mm)	V (m/s)	Q (l/s)
50	0.47	0.93	400	1.0	126.45
80	0.54	2.72	500	1.11	218.43
100	0.58	4.56	600	1.21	341.93
125	0.63	7.70	700	1.30	499.93
150	0.67	11.85	800	1.38	695.14
200	0.75	23.56	900	1.46	930.10
250	0.82	40.33	1000	1.54	1207.19
300	0.89	62.73	1200	1.68	1896.70

Se considera que proporciona resultados iniciales aceptables y puede usarse indistintamente, ya que la incertidumbre en los datos supera la discrepancia entre los diámetros obtenidos. Sin embargo, en los cálculos con estas expresiones no se toman en cuenta las presiones a las que serán sometidas las tuberías, y se ha observado que, en general, producen sobredimensionamiento en las conducciones.