

# **Requisitos del Suministro de Agua para los Sistemas Públicos de Abastecimiento**

Revisado por  
**Lawrence J. Wenzel**

## **FACTORES QUE AFECTAN EL DISEÑO DEL ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE AGUA**

La mayoría de los sistemas públicos de abastecimiento de agua que prestan servicio a una cantidad sustancial de clientes están, y deben estar, diseñados para un propósito doble: (1) Suministrar agua para las demandas domésticas normales, por ejemplo, el agua para beber y para propósitos sanitarios, al igual que para usos de procesamiento e industriales y (2) para proveer agua para propósitos de emergencia. Esto incluye el abastecimiento para el uso por parte del cuerpo de bomberos, por ejemplo, a través de los hidrantes y para los sistemas fijos y automáticos de supresión, tales como los rociadores automáticos y los sistemas de tuberías verticales.

Al evaluar estos objetivos, se deben tener en cuenta la variedad de riesgos que se encuentran en la mayoría de las comunidades y la necesidad de planear pensando en el crecimiento futuro. En algunas ciudades, puede existir una demanda industrial muy alta. Al mismo tiempo, las demandas para el uso industrial y el riego de prados pueden afectar la capacidad requerida del sistema. La suficiencia del acueducto público para la protección contra incendios no se puede dar por sentada y se deben determinar las otras demandas para estimar sus efectos sobre la capacidad del sistema.

Los acueductos públicos también deben ser fiables. Ya que la ocurrencia de un incendio no debe afectar las demandas domésticas, el acueducto debe estar diseñado para cumplir con las tasas de demanda simultáneas para ambos propósitos. Además, algunas partes del sistema de bombeo o de distribución pueden estar fuera de servicio debido a una avería o al mantenimiento programado, así que las consecuencias de estas interrupciones deben examinarse para su aceptabilidad cuando se está evaluando la fiabilidad del sistema.

Al evaluar la fiabilidad, otro factor que se debe tener en cuenta es la capacidad del sistema para suministrar cantidades de agua cada vez mayores en períodos pico que pueden durar sólo un tiempo relativamente corto. Por ejemplo, las comunidades frente al mar en climas del norte, tales como las áreas en Cape Cod, Massachussets, tendrán una demanda estacional más alta

que empieza cada año el Día de Conmemoración de los Caídos y termina alrededor del Día del Trabajo. El incremento en la demanda debido a la afluencia de personas tiene un efecto definitivo sobre la capacidad del sistema para suministrar agua en el momento de una emergencia. En cualquier evaluación se debe tener en cuenta la capacidad del sistema para proporcionar un caudal de agua contra incendios durante las temporadas de consumo pico.

## **REQUISITOS DEL AGUA**

### **Demandas para Propósitos Domésticos**

Para determinar las demandas domésticas sobre un abastecimiento público de agua, es necesario concentrarse en las variaciones en el consumo de agua con respecto a la temporada del año, el día de la semana y hasta la hora del día. Obviamente, a medida que en un determinado sistema se utiliza más agua para el consumo normal, queda menos agua para la protección contra incendios. Las demandas del consumo normal por lo general se expresan en los siguientes términos:

- El promedio de la cantidad total de agua que se usa diariamente durante un período de 1 año.
- La demanda diaria máxima o la cantidad total máxima de agua utilizada durante cualquier período de 24 horas en un período de 3 años. Las situaciones inusuales que pueden haber provocado un uso excesivo de agua, como el llenar nuevamente un reservorio luego de su limpieza, no se deben tener en cuenta al determinar esta cifra.
- La demanda pico por hora o la cantidad máxima de agua utilizada a una hora determinada del día.

Un informe conjunto de los comités de la *American Society of Civil Engineers*, la *American Water Works Association (AWWA)* y otras organizaciones sugirió que la demanda máxima del servicio general sobre un sistema de una planta de agua potable se asuma como la demanda pico por hora durante un año de prueba.<sup>1</sup> El informe señaló que esta cifra era la única cifra que podía compararse equitativamente con el requisito del caudal de agua contra incendios máximo.

La demanda diaria máxima puede estimarse como 1,5 veces el consumo diario promedio si no se conoce la demanda máxima real. La tasa pico por hora normalmente varía de 2 a 4 veces la

Lawrence J. Wenzel, P.E., es un ingeniero que pertenece a las directivas de *Hughes Associates, Inc.*; en Baltimore, Maryland.

tasa normal por hora. El efecto que estas tasas de consumo variables tienen sobre la capacidad del sistema para suministrar los caudales de agua contra incendios requeridos varía de acuerdo con el diseño del sistema. Tanto el consumo diario máximo como el consumo pico por hora se deben tener en cuenta para garantizar que los suministros y presiones del agua, no alcancen niveles peligrosamente bajos durante estos períodos y que el agua disponible sea adecuada si se presenta un incendio.

## Requisitos del Agua para Combatir Incendios

Los requisitos del agua para combatir incendios incluyen el caudal de flujo, la presión residual requerida para ese flujo y la cantidad total requerida. La *American Water Works Association* define el caudal de agua contra incendios como "la tasa de flujo de agua, a una presión residual de 20 psi y para una duración especificada la cual es necesaria para controlar un incendio importante en una estructura específica."<sup>2</sup>

## CÁLCULO DE LAS TASAS DEL CAUDAL DE AGUA CONTRA INCENDIOS

El caudal requerido para las propiedades protegidas por rociadores automáticos está basado en el diseño del sistema de rociadores según lo requerido por la NFPA 13, *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores Automáticos* (nombrada de ahora en adelante como NFPA 13). (Consulte también la NFPA 13R, *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores en Ocupaciones Residenciales de hasta Cuatro Pisos de Altura*, y la NFPA 13D, *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores en Unidades de Vivienda Unifamiliares y Bifamiliares y Viviendas Móviles*.) El flujo requerido es el del sistema de rociadores más el chorro de manguera esperado o los requisitos para combatir el fuego manualmente.

Existen varios métodos que se utilizan actualmente para calcular los caudales requeridos de agua para las propiedades que no tienen rociadores. Estos incluyen:

- El método de la *Insurance Services Office (ISO)*
- El método de la *Iowa State University (ISU)*
- El método del *Illinois Institute of Technology Research Institute*

## Método de la Insurance Services Office (ISO)

Uno de los métodos más completos y más ampliamente recomendados para calcular los requisitos del caudal de agua contra incendios se encuentra en el *Fire Supresión Rating Schedule* de la *Insurance Services Office*'s.<sup>3</sup> Este ofrece una guía para calcular los requisitos del caudal de agua contra incendios para estructuras específicas y fue diseñado para los propósitos de clasificación de las aseguradoras. Normalmente, los caudales determinados mediante este método se consideran como una buena estimación, y como resultado, el método *ISO* tiene un uso

generalizado. El método *ISO* tiene en cuenta la construcción del edificio, la ocupación, los edificios expuestos adyacentes y los medios de comunicación entre los edificios.

La fórmula básica en el programa es:

$$NFF_i = (C_i)(O_i)(X + P)_i$$

donde

$NFF_i$  = caudal de agua contra incendios necesario ( $NFF$ ) en L por min (gal/min)

$C_i$  = un factor de construcción que depende de la construcción de la estructura bajo consideración

$O_i$  = un factor de ocupación que depende de la combustibilidad de la ocupación

$(X + P)_i$  = un factor de exposición que depende de la extensión de la exposición desde y hasta las estructuras adyacentes

Los subíndices en la fórmula indican que, cuando las partes de un edificio tienen características que difieren, un factor puede ser calculado para cada sección y multiplicarse por el porcentaje que representa del área efectiva para obtener un factor con un valor. El factor con un valor  $C_i$  no debe ser inferior al factor individual requerido para cualquier sección individual.

**Factor de Construcción.** El factor de construcción,  $C_i$ , se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C_i = 18F\sqrt{A_i}$$

donde

$F$  = coeficiente relacionado con la clase de construcción

= 1,5 para la construcción clase 1 (estructura)

= 1,0 para la construcción clase 2 (mampostería con vigas)

= 0,8 para la construcción clase 3 (incombustible) o construcción clase 4 (mampostería, incombustible)

= 0,6 para la construcción clase 5 (resistente al fuego modificada) o construcción clase 6 (resistente al fuego)

$A_i$  = área efectiva del edificio

El área efectiva del edificio es el área total en metros cuadrados (pies<sup>2</sup>) del piso de mayor tamaño más:

- Para las construcciones clase 1 a 4, el 50 por ciento de todos los otros pisos
- Para las construcciones clases 5 y 6, el 25 por ciento del área que no supera los otros dos pisos de mayor tamaño cuando todas las aberturas verticales tienen una protección con resistencia al fuego de por lo menos 1½ horas, o el 50 por ciento del área que no supere otros ocho pisos cuando las aberturas verticales no tienen protección o tienen una protección inferior a 1½ horas

El valor de  $C_i$  no debe ser inferior a 1893 L/min (500 gpm) ni superior a 30 280 L/min (8000 gpm) para las construcciones clase 1 y 2, y 22 710 L/min (6000 gpm) para las construcciones clase 3,4,5 y 6 o para cualquier edificio único de un solo piso,

sin importar su construcción.

**Factor de Ocupación.** El factor de ocupación,  $O_p$ , refleja la combustibilidad de la ocupación en el caudal de agua contra incendios necesario y se determina a partir de la clase de combustibilidad de la ocupación. Los factores de la ocupación pueden encontrarse en la Tabla 8.4.1. Las ocupaciones típicas y su clasificación pueden encontrarse en la Tabla 8.4.2. Para obtener información más detallada acerca de la clasificación de las ocupaciones, ver la NFPA 101®, *Código de Seguridad Humana*®.

**Factores de Exposición y Comunicación [(X + P)<sub>i</sub>].** Los factores de exposición y comunicación se determinan como

$$(X + P)_i = 1 + \sum_{i=g}^n X_i + P_i$$

donde

$n$  = número de lados del edificio en cuestión

$(X + P)_i$  = un valor máximo de 1,75

**TABLA 8.4.1 Factores de ocupación**

Clase de combustibilidad de la ocupación	Factor de ocupación ( $O_p$ )
C – 1 (Incombustible)	0,75
C – 2 (de Combustión limitada)	0,85
C – 3 (Combustible)	1,00
C – 4 (De combustión libre)	1,15
C – 5 (De combustión rápida)	1,2

**TABLA 8.4.2 Clasificación de las ocupaciones**

C-1 (Sin combustible)	C-4 (De combustión libre)
Almacenamiento de productos de acero o concreto sin empacar	Hangares para aeronaves, con o sin mantenimiento/ reparación
C-2 (Combustible Limitado)	Fabricación de ropa
Apartamentos	Auditorios
Fabricación de cerámica	Fábricas de cerveza
Iglesias	Ventas y almacenamiento de materiales de construcción
Fabricación de productos de concreto	Desmotadoras de algodón
Palacios de justicia	Procesamiento de alimentos
Dormitorios	Estaciones y terminales de transporte
Hospitales	Muebles nuevos o usados
Hoteles	Recubrimiento o acabado metálico
Fabricación de productos de metal	Ventas y almacenamiento de papel y productos de papel
Industrias de Metales (Primarios)	Fabricación de productos de papel
Moteles	Talleres de impresión e industrias similares
Oficinas	Fabricación de productos de caucho
Estacionamientos	Teatros distintos a los teatros de cine
Escuelas	Depósitos
C-3 (Combustibles)	Ventas y almacenamiento de productos de madera
Edificios de parques de diversiones, incluyendo las salas de juegos y videojuegos	Industrias de carpintería
Venta y revisión de automóviles	C-5 (De combustión rápida)
Panadería y repostería	Molinos de cereales o harina
Procesamiento de lácteos	Fabricación de productos químicos
Tiendas por departamentos	Venta y almacenamiento de productos químicos
Tiendas de descuentos	Venta y almacenamiento de materiales de limpieza y para teñir
Venta, servicio o almacenamiento de alimentos y bebidas	Destilerías
Venta o almacenamiento de mercancía en general	Procesamiento de carnes o aves de corral
Ferretería, incluyendo accesorios y suministros eléctricos	Venta y almacenamiento de pintura
Procesamiento de cuero	Venta y almacenamiento de plásticos o productos de plástico
Teatros de cine	Venta y almacenamiento de trapos
Venta al detal y almacenamiento de medicamentos	Fabricación de textiles
Talleres de reparación o mantenimiento	Fabricación de productos textiles, excepto ropa
Embotellamiento de bebidas no alcohólicas	Talleres de tapicería
Supermercados	Venta y almacenamiento de desechos y materiales recuperados
Procesamiento de tabaco	
Edificios vacíos	

El factor de exposición,  $X_p$ , refleja la necesidad de contar con una cantidad adicional de agua para reducir la exposición de los edificios adyacentes. La construcción del muro expuesto del edificio, depende de la distancia de separación y de un valor de longitud y altura, es decir, la longitud del muro expuesto en metros (pies) multiplicada por la altura en pisos. Los valores pueden obtenerse a partir de la Tabla 8.4.3.

El factor de comunicación,  $P_p$ , refleja la propagación potencial del fuego a través de pasadizos de comunicación abiertos o encerrados entre los edificios y se extrae de la Tabla 8.4.4. Cuando existe más de una conexión, sólo se utiliza aquella con el factor más grande. Cuando no hay aberturas,  $P_p = 0$ .

**Caudal Necesario del Agua contra Incendios (NFF).** El caudal necesario del agua contra incendios se calcula mediante la fórmula presentada anteriormente y con los factores anteriormente mencionados. El *NFF* calculado con la fórmula debe redondearse hasta los 946 L/min (250 gpm) más cercanos para los caudales por debajo de 9463 L/min (2500 gpm) y hasta los 1893 L/min (500 gpm) para los caudales superiores y luego, ajustarse mediante lo siguiente:

- Para edificios con un techo de madera, sume 1893 L/min (500 gpm).
- El caudal necesario no debe ser superior a 45 420 L/min (12 000 gpm) ni inferior a 1893 L/min (500 gpm). La razón práctica de estas cifras es que es poco probable que los métodos manuales para combatir incendios que utilizan chorros de manguera y aparatos para chorros grandes requieran un abastecimiento mayor, teniendo en cuenta la disposición general de los edificios y la disponibilidad de los hidrantes.
- Para edificios de vivienda, utilice el *NFF* calculado hasta un máximo de 13 248 L (3500 gpm).
- Para agrupamientos de viviendas unifamiliares y viviendas bifamiliares pequeñas con una altura máxima de dos pisos, se puede utilizar el caudal de agua contra incendios requerido que aparece en la Tabla 8.4.5.

### Método de la Iowa State University (ISU)

El método de la Iowa State University<sup>4</sup> es otro método común utilizado para determinar los caudales de flujo de agua para combatir incendios. Éste utiliza un enfoque más teórico y está

**TABLA 8.4.3 Factores para la exposición,  $X_i$**

Construcción del Muro Frontal del Edificio en Cuestión	Distancia (pies) hasta el Edificio Expuesto	Longitud – altura del muro frontal del edificio en cuestión	Clases de construcción del muro de enfrente del edificio en cuestión			
			1,3	2, 4, 5, y 6		
				Aberturas sin Protección	Aberturas Semiprotegidas (vidrio reforzado o rociadores exteriores abiertos)	Muro liso
Estructura, metal o mampostería con aberturas	0–10	1–100	0,22	0,21	0,16	0
		101–200	0,23	0,22	0,17	0
		201–300	0,24	0,23	0,18	0
		301–400	0,25	0,24	0,19	0
		Más de 400	0,25	0,25	0,20	0
	11–30	1–100	0,17	0,15	0,11	0
		101–200	0,18	0,16	0,12	0
		201–300	0,19	0,18	0,14	0
		301–400	0,20	0,19	0,15	0
		Más de 400	0,20	0,19	0,15	0
	31–60	1–100	0,12	0,10	0,07	0
		101–200	0,13	0,11	0,08	0
		201–300	0,14	0,13	0,10	0
		301–400	0,15	0,14	0,11	0
		Más de 400	0,15	0,15	0,12	0
	61–100	1–100	0,08	0,06	0,04	0
		101–200	0,08	0,07	0,05	0
		201–300	0,09	0,08	0,06	0
		301–400	0,10	0,09	0,07	0
		Más de 400	0,10	0,10	0,08	0

Muro liso de mampostería El muro frontal del edificio expuesto es más alto que el edificio en cuestión. Utilice la tabla anterior, excepto que utilice únicamente la longitud – altura del muro frontal del edificio expuesto por encima de la altura del muro frontal del edificio en cuestión. Los edificios con una altura de cinco pisos o más se deben considerar como de cinco pisos. Cuando la altura del muro frontal del edificio expuesto es igual o inferior a la altura del muro frontal del edificio en cuestión,  $X_i = 0$ .

Nota: Para Unidades SI: 1 pie = 0,305 m.

Fuente: Insurance Services Office® 1980.

TABLA 8.4.4 Factores para las comunicaciones,  $P_i$ 

Descripción de la protección de las aberturas en los pasadizos	Comunicaciones resistentes al fuego, incombustibles o que arden lentamente				Comunicaciones con construcción combustible					
	Abierta	Encerrada			Abierta			Encerrada		
		10 pies o menos	11 pies a 20 pies	21 pies a 50 pies <sup>a</sup>	10 pies o menos	11 pies a 20 pies	21 pies a 50 pies <sup>a</sup>	10 pies o menos	11 pies a 20 pies	21 pies a 50 pies <sup>a</sup>
Sin protección	0	<sup>b</sup>	0,30	0,20	0,30	0,20	0,10	<sup>b</sup>	<sup>b</sup>	0,30
Puerta cortafuego sencilla Clase A en un extremo del pasadizo	0	0,20	0,10	0	0,20	0,15	0	0,30	0,20	0,10
Puerta cortafuego sencilla Clase B en un extremo del pasadizo	0	0,30	0,20	0,10	0,25	0,20	0,10	0,35	0,25	0,15
Puerta cortafuego sencilla Clase A en cada extremo o puertas cortafuego dobles Clase A en un extremo del pasadizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta cortafuego sencilla Clase B en cada extremo o puertas cortafuego dobles Clase B en un extremo del pasadizo	0	0,10	0,05	0	0	0	0	0,15	0,10	0

<sup>a</sup>Para más de 50 pies,  $P_i = 0$ .

<sup>b</sup>Para los pasadizos sin protección con esta longitud, considere los dos edificios como una división contra incendios sencilla.

Nota: Cuando una pared medianera tiene aberturas de comunicación protegidas mediante una puerta cortafuego sencilla automática o autocerrante Clase B, ésta califica como una pared divisora (definida en mayor detalle en el ISO *Commercial Fire Rating Schedule*) para las reducciones de área.

Nota: Cuando las comunicaciones están protegidas mediante una cortina de agua reconocida, el valor de  $P_i$  es 0.

Nota: Para unidades SI: 1 pie = 0,305 m.

basado en la cantidad de agua necesaria para agotar el oxígeno en un área confinada cuando el agua se convierte en vapor por el calor del fuego. Las pruebas realizadas por la universidad indican que la mejor forma de controlar un incendio es aplicar el agua necesaria para agotar el oxígeno dentro de un tiempo de 30 s.

El flujo requerido en gpm está dado como:

$$\text{Flujo requerido} = \frac{V}{100}$$

donde  $V$  es el volumen encerrado en pies cúbicos. (Para unidades SI: 1 gpm = 3,785 L/min; 1 pie<sup>3</sup> = 0,0283 m<sup>3</sup>).

Este método es único en el sentido de que no tiene en cuenta el riesgo de la ocupación, sólo el volumen del edificio que debe llenarse con vapor de agua.

Debido a las deficiencias en la aplicación de agua, algunos expertos piensan que la tasa debe ser de 7,6 a 15 L/2,8 m<sup>3</sup> (de 2 a 4 gal por 100 pies<sup>3</sup>) del volumen del edificio en lugar de los 3,785 L/2,8 m<sup>3</sup> (1 gal por 100<sup>3</sup>) en la fórmula. Otras variaciones incluyen cambiar el valor en el denominador de acuerdo con el riesgo de la ocupación.

Esta fórmula ha sido utilizada durante treinta años aproximadamente y su aplicación es extremadamente sencilla. Para la mayoría de los edificios, se debe utilizar el volumen total de la estructura, incluyendo el volumen de los sótanos, áticos, espacios vanos y otros espacios ocultos. Para grupos de edificios, se debe utilizar el caudal de flujo más grande.

TABLA 8.4.5 Caudales de agua contra incendios para grupos de viviendas

Distancias de la exposición		Caudal de agua contra incendios requerido	
pies	m	gpm	L/min
Más de 100	30,5	500	1893
31-100	9,5-30,5	750-1000	2839-3785
11-30	3,4-9,2	1000	3785
10 o menos	3,1 o menos	1500	5678

Método de investigación del  
Illinois Institute of Technology

El método del *Illinois Institute of Technology* estaba basado en un estudio de 134 incendios en el área de Chicago. Los resultados del estudio fueron utilizados con un análisis de regresión para desarrollar fórmulas del caudal de agua contra incendios basadas en el área del edificio. La tasa del caudal de agua contra incendios está basada en una de las siguientes fórmulas:

Caudal para ocupaciones residenciales  
 $= 9 \times 10^{-5} A^2 + 50 \times 10^{-2} A$

Caudal para otras ocupaciones  
 $= - 1,3 \times 10^{-5} A^2 + 42 \times 10^{-2} A$

donde *A* es el área del incendio en pies cuadrados. (Para unidades SI: 1 pie<sup>2</sup> = 0,0929 m<sup>2</sup>)

OTRAS CONSIDERACIONES  
SOBRE EL CAUDAL

Sin importar el método utilizado para determinar el caudal de flujo, el caudal de agua contra incendios requerido debe estar disponible simultáneamente con el consumo a la tasa diaria máxima.

Al evaluar el caudal requerido para la protección del público en general, tanto *AWWA* como *ISO* sugieren que 13 248 L (3500 gpm) es el límite superior que se debe proporcionar y que las instalaciones grandes o aquellas con riesgos severos que necesitan caudales de flujo de hasta 45 420 L/min (12 000 gpm) sean analizadas individualmente para determinar el caudal de flujo requerido.

Existen incendios en que se utilizan cantidades de agua superiores al caudal requerido de agua contra incendios. Los abastecimientos de agua de 189 250 L/min (50 000 gpm) o superiores han sido utilizados para la supresión del fuego, pero el diseño de sistemas que sean capaces de descargar caudales de esta magnitud no es rentable ni práctico.

Duración del Caudal de  
Agua contra Incendios

La cantidad de horas durante las cuales el caudal de agua contra incendios requerido debe estar disponible varía entre 2 y 10 hr, según lo indicado en la Tabla 8.4.6. Se debe tener en cuenta que muchas autoridades encargadas del suministro de agua, establecen un límite superior de 2 a 4 horas para la duración del suministro de agua contra incendios por razones de economía.

Evaluación de la Capacidad del Sistema

La capacidad de un acueducto está determinada por la cantidad total de agua que éste debe suministrar. Esto equivale a la suma del agua requerida para los usos domésticos o industriales y el agua requerida para el cuerpo de bomberos. En los pueblos pequeños, los requisitos para la protección contra incendios casi siempre superan los otros requisitos.

La *AWWA* recomienda que la tasa utilizada sea la tasa pico por hora o la tasa diaria máxima más el caudal de agua contra incendios, la que sea mayor. En la mayoría de las ciudades grandes, la tasa pico por hora supera la tasa de consumo diario máximo más el caudal de agua contra incendios y es, por lo tanto, el factor determinante en el diseño de un sistema de abastecimiento. Sin embargo, en las comunidades más pequeñas, sucede lo contrario y la tasa de consumo diario máximo más el caudal contra incendios es el factor determinante. Desde hace muchos años, en la mayoría de los municipios el consumo de agua se ha ido incrementando, lo que ha generado un aumento en las tasas pico por hora. Por consiguiente, ha aumentado la cantidad de municipios en los que la tasa pico por hora controla los diseños del sistema de abastecimiento. Sin embargo, no existe ninguna garantía de que un incendio no ocurrirá en la hora pico y algunos expertos recomiendan que la capacidad del sistema sea suficiente para cumplir con la tasa pico por hora más la tasa del caudal de agua contra incendios.

Los caudales de agua contra incendios son un aspecto muy importante que se debe tener en cuenta en todas las áreas a las que presta servicio el sistema de distribución y, en muchos casos, éstos rigen el tamaño de los tubos utilizados en estas ubi-

TABLA 8.4.6 Duración del caudal de agua contra incendios requerido

Caudal de agua contra incendios requerido		Millones de gallones por día	Millones de litros por días	Horas de duración	Caudal de agua contra incendios requerido		Millones de gallones por día	Millones de litros por días	Horas de duración
gpm	L/min				gpm	L/min			
1000	3785	1,44	5,45	2	4500	17 033	6,48	24,53	4
1250	4731	1,80	6,81	2	5000	18 925	7,20	27,25	5
1500	5678	2,16	8,18	2	5500	20 818	7,92	29,99	5
1750	6624	2,52	9,54	2	6000	22 710	8,64	32,71	6
2000	7570	2,88	10,90	2	7000	26 495	10,08	38,16	7
2250	8516	3,24	12,26	2	8000	30 280	11,52	43,61	8
2500	9463	3,60	13,63	2	9000	34 065	12,96	49,06	9
3000	11 355	4,32	16,35	3	10 000	37 850	14,40	54,51	10
3500	13 248	5,04	19,08	3	11 000	41 635	15,84	59,96	10
4000	15 140	5,76	21,80	4	12 000	45 420	17,28	65,41	1



caciones. En todos los sistemas, el suministro debe ser suficiente para abastecer el sistema de rociadores automáticos y otros sistemas automáticos de supresión de incendios a base de agua, además de las otras tasas de demanda impuestas sobre el sistema. Por ejemplo, muchas ciudades pequeñas y pueblos grandes restringen el riego de los prados en los meses de verano a períodos especificados, normalmente de dos a cuatro horas durante la noche. En muchos sistemas de abastecimiento de agua, las tasas de demanda impuestas por el riego de los prados son excesivas, agotando las instalaciones de almacenamiento y reduciendo la presión en la totalidad del sistema durante muchas horas. En tales situaciones, habrá muy poca agua o no habrá agua disponible para los sistemas de supresión de incendios, particularmente en los sitios más altos.

## CARACTERÍSTICAS DE PRESIÓN DE LOS SISTEMAS

Las presiones para las cuales normalmente se diseñan los sistemas son el resultado de intentos prácticos para suministrar las presiones adecuadas tanto para el consumo doméstico como para el consumo que se requiere para la protección contra incendios. Si se requieren rangos especiales de presión para cualquiera de estos consumos, existen materiales y métodos de diseño disponibles que permitirán obtener casi cualquier rango que se desee.

Por ejemplo, la ciudad de San Francisco tiene un sistema independiente, designado como el “sistema de alta presión,” el cual es controlado por el cuerpo de bomberos. Toda la tubería es de hierro fundido grueso, está recubierta y revestida con brea, es sometida a pruebas durante la instalación y se repara a 3103 kPa (450 psi). Dos estaciones de bombas accionadas por vapor pueden bombear agua desde la bahía de San Francisco hasta el interior del sistema y se pueden enviar 75 700 L/min (20 000 gpm) a 1724 kPa (250 psi) a la mayoría del distrito comercial más importante. San Francisco cuenta con este sistema, principalmente porque un terremoto puede hacer que el acueducto público normal quede fuera de servicio. Unas pocas ciudades más tienen sistemas similares de alta presión.

Las autobombas modernas del cuerpo de bomberos producen chorros pesados y altas presiones que pueden obtenerse de los acueductos normales cuando se provee un volumen adecuado. Las ciudades que anteriormente tenían sistemas independientes de tuberías principales para combatir el fuego las cuales operaban a presiones elevadas, ahora las mantienen a presiones normales para los acueductos. El segundo sistema todavía tiene una ventaja, porque aún si dicho sistema no está a alta presión, sigue estando disponible y se convierte en una fuente importante de “volumen.”

Los sistemas de acueductos públicos reflejan un compromiso con respecto a las presiones. Las presiones dentro del rango de 448 a 552 kPa (65 a 80 psi) son comunes. Este rango, el cual es adecuado para el consumo normal en edificios de hasta diez pisos, proporciona un buen abastecimiento de agua para los sistemas de rociadores automáticos en los edificios de aproximadamente cuatro pisos, en los cuales las ocupaciones están cla-

sificadas como “ordinarias.” Cuando existen presiones de este orden, es razonablemente fácil compensar las fluctuaciones locales en las corrientes de agua.

Debido al incremento en el costo de la energía, se debe hacer un análisis minucioso sobre la presión del agua que debe ser suministrada por los sistemas. Una reducción en la presión del agua reducirá sustancialmente los costos de bombeo. Sin embargo, antes de hacer una reducción general, se debe realizar un estudio sobre los efectos que esto puede tener en los rociadores y los otros sistemas fijos de supresión de incendios. Si se planea reducir la presión, es imperativo que el sistema siga teniendo la capacidad de cumplir con las tasas de demanda anticipadas o se deben tomar algunas medidas para disminuir las tasas de demanda hasta un punto en que se encuentren dentro de la capacidad del sistema.

Se debe mantener una presión residual mínima de 138 kPa (20 psi) en los hidrantes que proveen el caudal de agua contra incendios requerido. Cuando las presiones de los hidrantes son inferiores, las autobombas pueden funcionar pero con dificultad. Cuando los hidrantes están bien distribuidos y tienen el tamaño y tipo apropiados de manera que en el hidrante y en la línea de succión no exista un exceso de pérdidas por fricción, es posible determinar que la presión mínima sea de 69 kPa (10 psi). Se debe mantener una presión suficiente en el hidrante para evitar que se desarrolle una presión negativa en las tuberías principales de la calle, lo cual puede provocar el antisifonaje de las aguas contaminadas provenientes de alguna fuente interconectada. La mayoría de los departamentos estatales de salud prohíben la utilización de presiones residuales inferiores a 138 kPa (20 psi).

Se puede considerar que hay un exceso de presión en un sistema del acueducto público cuando ésta se aproxima a 1034 kPa (150 psi). A medida que las presiones aumentan, éstas tienden a provocar escapes en la plomería doméstica y se debe prestar atención especial a la forma en que se fijan las tuberías en el suelo. Los tubos y accesorios utilizados en los acueductos públicos comunes están diseñados para presiones de trabajo de 1034 kPa (150 psi), pero trabajar con presiones tan altas no es una buena práctica. Las válvulas reductoras de presión pueden utilizarse en las secciones de un sistema donde las variaciones topográficas generan presiones excesivas. Las tomas individuales de agua para los edificios pueden requerir válvulas reductoras de presión para mantener a niveles seguros la presión de la tubería doméstica

## SISTEMAS PARA ELEVACIONES MAYORES

Cuando se debe suministrar agua hacia grandes elevaciones, normalmente se cuenta con un sistema independiente de distribución de agua para la parte elevada de manera que se mantengan presiones razonables. En tales casos, el área elevada debe tener su propia instalación de almacenamiento de agua y se deben proporcionar bombas para impulsar el agua desde otras partes del sistema.

Así mismo, los pisos superiores de un edificio de gran altura algunas veces tienen tuberías verticales especiales (*express*

risers) para llevar el agua hasta esos pisos superiores. Normalmente, las estructuras de gran altura están divididas en cierta cantidad de zonas de presión y las zonas de más de doce pisos pueden estar por fuera de los rangos normales de presión. En cualquier caso, cada zona de presión debe tener agua en las cantidades necesarias para el uso del sistema de rociadores y el chorro de manguera. Por lo general, cada uno de los sistemas es abastecido por una serie de bombas y tanques dispuestos de manera que cada zona es alimentada desde la zona que se encuentra por debajo. Se deben tomar medidas para garantizar que las bombas serán capaces de funcionar incluso cuando haya fallas de energía.

Para obtener información orientación relacionada con los abastecimientos de agua para estructuras de gran altura, consulte la NFPA 13; la NFPA 14, *Norma sobre la Instalación de Sistemas de Tuberías Verticales, Hidrantes Privados y Mangueras* y la NFPA 20, *Norma sobre la Instalación de Bombas Estacionarias para la Protección contra Incendios*.

## SUFICIENCIA Y FIABILIDAD DEL ABASTECIMIENTO

La suficiencia de cualquier sistema de abastecimiento de agua puede determinarse mediante estimaciones de ingeniería. La fuente (es decir, las instalaciones de almacenamiento y el sistema de distribución) debe ser suficiente para proveer toda el agua que se pueda requerir para cubrir las necesidades combinadas de la protección contra incendios y domésticas en cualquier momento dado. La disposición de las instalaciones de suministro y bombeo puede hacer que el abastecimiento no sea adecuado o puede afectar su fiabilidad.

Normalmente, los sistemas de bombeo están dispuestos de manera que un conjunto de bombas succiona desde pozos o desde un río, lago u otro cuerpo de agua. Si el agua no tiene que ser filtrada, las bombas pueden descargar directamente hacia el interior del sistema de distribución. Cuando se requiere una filtración u otro tratamiento, las bombas succionan desde la fuente principal o desde la fuente de agua cruda y descargan en tanques de decantación u otras instalaciones y luego en lechos de filtración. Después de que el agua es procesada, ésta fluye hacia reservorios de agua limpia desde los cuales, un segundo conjunto de bombas succiona y descarga el agua directamente hacia el interior del sistema de abastecimiento. Infortunadamente, la falla de cualquier parte del sistema puede afectar el sistema completo.

Al valorar la fiabilidad del mecanismo de abastecimiento, se debe evaluar lo siguiente:

- El rendimiento mínimo
- La frecuencia y duración de las sequías
- La condición de las tomas
- La posibilidad de terremotos, inundaciones e incendios forestales
- Las formaciones de hielo
- La sedimentación o el cambio de dirección de los cauces de los ríos

- La ausencia de guardias o vigilantes, donde son necesarios, para proteger a la instalación de daños físicos

Los reservorios que están fuera de servicio para su limpieza y la interdependencia de las partes de la planta de agua potable también afectan la fiabilidad. La condición, disposición y fiabilidad de las unidades individuales de los equipos de la planta, tales como bombas, motores, generadores, motores eléctricos, abastecimiento de combustible, instalaciones de transmisión eléctrica y elementos similares, también son factores que se deben tener en cuenta. Las estaciones de bombeo de construcción combustible pueden ser destruidas por el fuego a menos que estén protegidas por sistemas de rociadores automáticos.

La duplicación de las unidades de bombeo y de las instalaciones de almacenamiento y la disposición de las tuberías principales y de los distribuidores, de manera que el agua pueda ser abastecida para cualquier área desde más de una dirección, son medidas que pueden asegurar un funcionamiento continuo. La importancia de tener instalaciones dobles está representada por la frecuencia de su uso. Muchos servicios públicos diseñan sus sistemas de manera que la tasa pico por hora y la tasa del caudal de agua contra incendios requeridas puedan ser abastecidas cuando cualquier bomba o sección del sistema de distribución se encuentra fuera de servicio.

Actualmente, no se puede establecer en términos precisos la cantidad de agua necesaria para controlar y extinguir un incendio en una propiedad dada. Unas mejores bases de datos sobre experiencias de incendios harían posible que se hicieran a la medida caudales de agua contra incendios de manera más específica para las condiciones que se pueden esperar en el momento de un incendio. Unos mejores análisis pueden indicar la necesidad de incrementar el caudal de agua contra incendios más allá de lo que se requiere en la actualidad o también puede dar como resultado un diseño de acueducto basado en un equilibrio entre el riesgo involucrado y los costos de mantenimiento del acueducto.

Una discusión detallada de todos los factores que se deben tener en cuenta en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua está más allá del alcance de este manual. Una visión general de este tema puede encontrarse en *AWWA M24, Dual Water Systems* y *AWWA M31, Distribution System Requirements for Fire Protection*.

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias Citadas

1. ASCE, "Fundamental Considerations in Rates and Rate Structures for Water and Sewage Works: A Joint Report of Committees of the American Society of Civil Engineers and the Section of Municipal Law of the American Bar Association and of Representatives of the American Water Works Association, National Association of Railroad and Utilities Commissioners, Municipal Finance Officers Association, Federation of Sewage Works Association, American Public Works Association, and Investment Bankers Association of America," *ASCE Bulletin No. 2*, American Society of Civil Engineers, New York, 1951.
2. AWWA M31, *Distribution System Requirements for Fire Protection*, American Water Works Association, Denver, CO, 1989.



3. *Fire Suppression Rating Schedule*, Insurance Services Office, New York, 1980. Also see <http://www.isomitigation.com/fire73.html>.
4. Iowa State University, Engineering Extension Service, Bulletin No. 18, Water for Fire Fighting, Rate-of-Flow Formula, Iowa State University, 1959.
5. Shedd, J. H., Discussion on a paper by William B. Sherman, "Ratio of Pumping Capacity to Maximum Consumption," *Journal of New England Water Works Association*, Vol. 3, 1889, p. 113.
6. Fanning, J. T., "Distribution Mains and the Fire Service," *Proceedings of the American Water Works Association*, Vol. 12, 1892, p. 61.
7. Kuichling, E., "The Financial Management of Water Works," *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 38, 1897, p. 16.
8. Freeman, J. R., "The Arrangement of Hydrants and Water Pipes for the Protection of a City against Fire," *Journal of the New England Water Works Association*, Vol. 7, 1892, p. 49.
9. Metcalf, L., Kuichling, E., and Hawley, W. C., "Some Fundamental Considerations in the Determination of a Reasonable Return for Public Fire Hydrant Service," *Proceedings of the American Water Works Association*, Vol. 31, 1911, p. 55.
10. Hutson, A. C., "Water Works Requirements for Fire Protection," *Journal of the American Water Works Association*, Vol. 40, No. 9, 1948, p. 936. [Also reprinted in Special Interest Bulletin

No. 266, National Board of Fire Underwriters (now American Insurance Service Group), New York.]

#### Referencia

Davis, L. W., *Rural Firefighting Operations*, International Society of Fire Service Instructors, Ashland, MA, 1986.

#### Códigos, Normas y Prácticas Recomendadas NFPA.

La consulta de los siguientes códigos, normas y prácticas recomendadas de la NFPA proporcionará información adicional sobre los requisitos del abastecimiento de agua para la protección contra incendios discutidos en este capítulo. (Consulte la última versión del Catálogo de la NFPA para conocer la disponibilidad de las últimas ediciones de los siguientes documentos.)

NFPA 13, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*

NFPA 13D, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes*

NFPA 13R, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Residential Occupancies up to and Including Four Stories in Height*

NFPA 14, *Standard for the Installation of Standpipe, Private Hydrant, and Hose Systems*

NFPA 20, *Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*