



Received: 26-02-2017  
Accepted: 06-03-2017

## Identificación de las dos bocas de incendio equipadas más desfavorables en instalaciones fijas de protección contra incendios en la edificación. Identification of two more unfavorable Standpipe Hose System in fixed facilities of protection against fires in buildings.

Francisco Valderrama-Gual, Juan Luis Avellán Mancha

Universidad de Sevilla (fvg@us.es)

---

**Resumen**— El Reglamento de Protección Contra Incendios, y en relación con las instalaciones fijas de extinción basadas en Bocas de Incendio Equipadas (BB.II.EE), prescribe que dichas instalaciones deben proporcionar al menos durante una hora unas presiones y caudales mínimos, en las hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos Bocas hidráulicamente más desfavorables, por lo que las condiciones establecidas de presión, caudal y reserva de agua deberán estar adecuadamente garantizadas. Ahora bien, la normativa no especifica a que BB.II.EE se deben aplicar los requerimientos anteriores; tan sólo se dice que a las dos bocas hidráulicamente más desfavorables. Es habitual, dado que resulta aparentemente razonable, que al diseñar una instalación contra incendios se consideren como bocas más desfavorables las dos bocas más lejanas, y más elevadas, de existir, siendo el objetivo de este trabajo mostrar que no siempre se cumple la regla de que las dos Bocas de Incendio más desfavorables sean las más alejadas del grupo de presión, pretendiendo también establecer criterios para seleccionar dichas BB.II.EE. Este análisis es importante porque es posible que si una instalación no cumple a priori las exigencias de la normativa, y las BB.II.EE no proporcionan los caudales suficientes, ello podría tener como consecuencia la no extinción del fuego desarrollado

**Palabras clave**— Protección Contra Incendios, Bocas de Incendio Equipadas, Commissioning.

---

**Abstract**- The Protection regulation Against Fires, and in relation with the fixed facilities of extinction based on Standpipe Hose System (BB.II.EE), prescribes that the above mentioned facilities must provide at least during an hour a few pressures and minimal flows, in the hypotheses of simultaneous functioning of both Standpipe Hose System hydraulically more unfavorable, for what the conditions established of pressure, flow and water reservation will have to be guaranteed adequately. Now then, the regulation does not specify to that BB.II.EE must to him apply the previous requirements; only it is said that to both Standpipe Hose System hydraulically more unfavorable. It is habitual, provided that it turns out seemingly reasonable, that on having designed an installation against fires are considered to be more unfavorable Standpipe Hose System more distant, and higher, of existing, being the aim of this work to show that not always there is fulfilled the rule of which both most unfavorable Standpipe Hose System are more far from the group of pressure, trying to establish also criteria to select the above mentioned BB.II.EE. This analysis is important because it is possible that if an installation does not fulfill a priori the requirements of the regulation, and the BB.II.EE do not provide the sufficient flows, it might take as a consequence not extinction of the developed fire.

**Index Terms**— Protection Against Fires, Mouths of Fire Equipped, Commissioning.

## I. INTRODUCCIÓN

La importancia de un correcto diseño de las instalaciones de Protección Contra Incendios (PCI) en la edificación hace que su estudio pase a ser una tarea delicada puesto que una deficiente instalación puede generar pérdidas humanas y materiales.

A la hora de diseñar una instalación se deben considerar en primer lugar el tipo de edificio y las actividades que se lleven a cabo en él.

En general la protección contra incendios se materializa en dos partes claramente diferenciadas:

- Parte activa: Es aquella que incluye elementos de acción directa en la detección y extinción de un incendio: detectores, extintores, etc.
- Parte pasiva: Es la que se encarga de evitar la aparición del fuego y, de haberse desarrollado, evitar también su propagación: la protección de estructuras, la compartimentación del edificio, el correcto diseño de instalaciones que puedan generar incendios (eléctricas, gas, entre otras), etc.

La normativa vigente de obligado cumplimiento en el diseño, ejecución y puesta en marcha de una instalación de PCI es la siguiente:

- “Código Técnico de la Edificación” (CTE), en especial su “Documento Básico de Seguridad contra Incendio” (DBI).
- “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RIPCI).
- Otra normativa UNE específica (debiendo destacar la norma UNE 23500-2012 sobre “Sistemas de Abastecimiento de Agua Contra Incendio”).

Uno de los sistemas fijos de PCI más usuales son las Bocas

con bombas, llamado normalmente Grupo de Presión, si bien también es posible alimentar la red con una fuente inagotable como pueden ser grandes estanques o lagos).

Por otra parte, la Ley de Ordenación de la Edificación 38/1999 (LOE) establece la obligatoriedad del aseguramiento de los edificios durante 10 años por vicios ocultos que puedan afectar a su estabilidad estructural.

Es por ello que el Control de Calidad de los proyectos de instalaciones en la edificación en sus fases de diseño, ejecución y puesta en marcha (“commissioning”), debe contemplar la inexistencia de patologías en aquellas instalaciones que puedan presentar riesgos de incendio o explosión, tales como las instalaciones eléctricas o las de gas. De igual forma las instalaciones de PCI deben ser capaces de detectar un incendio en fase incipiente y de permitir su extinción por los propios usuarios mediante sistemas portátiles (extintores manuales) o fijos (BB.II.EE), al margen de otros sistemas de extinción automáticos (rociadores, cortinas de agua, etc.).

Actualmente el Código Técnico de la Edificación (CTE) obliga a la instalación de sistemas de extinción mediante Bocas de Incendio Equipadas en función del uso dado al edificio y su superficie construida (Ministerio, 2006). Un buen diseño de tales instalaciones de extinción es, pues, fundamental para el aseguramiento del edificio y así es reconocido por las diversas compañías de seguros al obligar a contratar servicios de inspección a empresas especializadas en control de calidad.

En la normativa referente a las Bocas de Incendio Equipadas, el Reglamento de Protección Contra Incendios

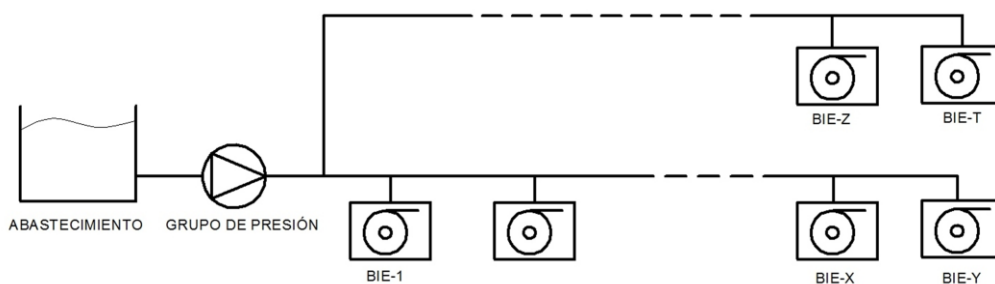


Fig. 1 Modelo de red de extinción basada en Bocas de Incendio Equipadas.

de Incendio Equipadas (BB.II.EE). En esencia, se trata de un conjunto de armarios repartidos por la zona a proteger que contienen mangueras con boquillas de chorro regulable. Dichos armarios están interconectados mediante una red de tuberías alimentadas en su origen con una fuente de abastecimiento de agua (habitualmente un depósito equipado

indica, en su Apéndice 1 - punto 7.3, lo siguiente: “La red de tuberías deberá proporcionar, durante una hora, como mínimo, en las hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BB.II.EE hidráulicamente más desfavorables, una presión dinámica mínima de 2 bar en el orificio de salida de cualquier BIE. Las condiciones establecidas de presión, caudal y reserva de agua deberán estar adecuadamente garantizadas” (Ministerio, 1993).

Sin embargo, la normativa no especifica a qué BB.II.EE se deben aplicar los requerimientos anteriores; tan sólo se dice

F. Valderrama-Gual pertenece al Departamento de Ingeniería Gráfica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, España.

J. Avellán Ingeniero Industrial. Exalumno interno del Dpto. Ing. Gráfica, Univ. de Sevilla.

que a las dos bocas más desfavorables. Es habitual, dado que resulta aparentemente razonable, que al diseñar una instalación contra incendios se consideren como bocas más desfavorables las dos bocas más lejanas, o las más elevadas, o una combinación de ambas, lo que no es siempre cierto.

Esta última afirmación tiene su origen en la experiencia profesional del autor. En su amplia experiencia en el sector ha podido verificar más de 250 instalaciones de este tipo, habiendo encontrado en un porcentaje no inferior al 30% de ellas incorrectos diseños iniciales o defectos de ejecución, por lo que las BB.II.EE. aparentemente más desfavorables no lo eran, incumpliendo los caudales que por normativa debían aportar.

## II. DESCRIPCIÓN DE UNA PATOLOGÍA FRECUENTE EN REDES DE BOCAS E INCENDIO EQUIPADAS

Un modelo de sistema de extinción de incendios basado en una red de Bocas de Incendio Equipadas puede representarse de una forma simple como sigue en la figura 1.

En esencia, y sin considerar elementos accesorios, la red está constituida por un elemento de abastecimiento (generalmente un depósito o aljibe), un grupo de presión (siendo una bomba el elemento principal), un conjunto de BB.II.EE repartidas por las estancias a proteger (distribuidas según normativa) y una red de tuberías de alimentación.

En el modelo de la figura 1 se han representado dos líneas de BB.II.EE a distinta cota, pudiendo ser cada línea ramificada.

Cada BB.II.EE responde, en este trabajo, al tipo semirrígido Ø25 mm en armario normalizado.

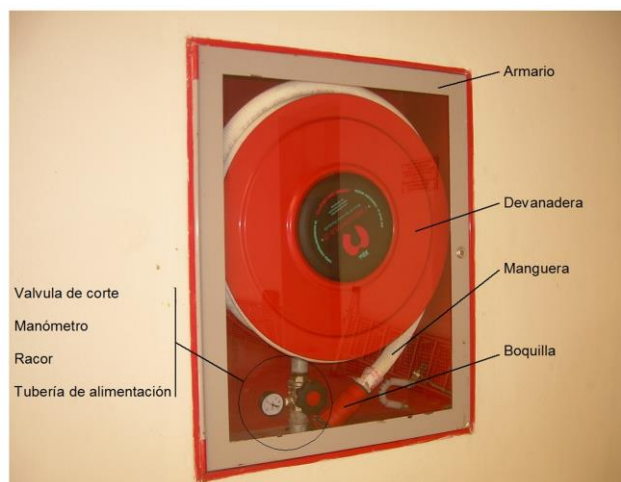


Fig. 2. Boca de Incendio Equipada con manguera semirrígida Ø 25mm

Intuitivamente la identificación de las dos bocas hidráulicamente más desfavorables es un proceso sencillo. En una red a un solo nivel, como la línea inferior de la fig.1, las dos bocas serían las dos más alejadas del grupo de presión, a

saber: BIE-X y BIE-Y. En el caso de una red con ramas a distinta cota, como la representada en la figura citada, lo razonable es pensar que sean las más alejadas del grupo y a mayor cota, es decir la BIE-Z y la BIE-T.

De hecho para el diseño de un red como la descrita es frecuente suponer un caudal de salida por las dos bocas citadas, en cada caso, igual al prescrito por las normas (habitualmente 6 m<sup>3</sup>/h, como se aclarará posteriormente), y a partir de ahí verificar si los diámetros impuestos para los distintos tramos de la red generan globalmente pérdidas de carga razonables, ya que son éstas las que determinarán las características de la bomba principal del grupo de presión (Suay, 2010). Si la red es válida ante la actuación de dichas bocas más desfavorables también lo será cuando las bocas abiertas sean otras dos cualesquiera (Quintela, 2008).

En principio lo expuesto en el párrafo anterior es en general cierto pero, en un número no despreciable de casos, en las instalaciones inspeccionadas y probadas por el autor, tras su puesta en marcha por los instaladores, se observa que la apertura simultánea de una de las bocas considerada más desfavorable y la de otra no considerada tal hace que en la primera se reduzca su caudal, a veces considerablemente. Esto sucede, con gran frecuencia, al abrir la BIE más próxima al grupo de presión, lo que muestra que las bocas hidráulicamente más desfavorables no fueron bien elegidas (tomando como referencia el modelo de la fig.1 la anomalía expuesta equivale a decir que las dos bocas más desfavorables en uso simultáneo serían las BIE-1 y BIE-T y no la pareja BIE-Z y BIE-T).

La primera impresión que se tiene al comprobar este efecto es la de que al abrir una BIE cercana al grupo de presión la red se despresuriza parcialmente y tras dicha boca no existe presión suficiente para alimentar la BIE más alejada, también abierta. Debemos insistir en que esta patología no siempre se produce, pero debe tenerse en cuenta al proyectar la instalación realizando más comprobaciones de cálculo de las que habitualmente se incluyen en proyecto.

## III. SIMULACIÓN

En ese apartado se muestra el prototipo diseñado, así como los equipos de medida empleados en la recogida de datos.

### A. Instalaciones de prueba

Para determinar cuáles pueden ser las dos Bocas de Incendio más desfavorables en una instalación de Protección Contra Incendios se modelarán y calcularán varias de estas instalaciones, pertenecientes a cinco edificios en uso en la actualidad.

Se ha procurado que la variedad de los edificios sea la más amplia posible tanto en relación con la forma del edificio como con la distribución de sus BB.II.EE.

TABLA I  
RESUMEN DE DATOS

Plantas sobre rasante	Plantas bajo rasante	Superficie/planta (m <sup>2</sup> )	Zonas protegida (plantas)	Número BB.II.EE	Esquema cálculo	Grupo presión
7	2	1.100	9 plantas	25	Fig. 3	PCI PUMPS Mod. KB550KT (5,5KW)

La primera instalación a analizar se encuentra en un edificio para uso administrativo, caracterizado por tener 7 plantas sobre rasante y 2 sótanos, con una superficie por planta de 1.100 m<sup>2</sup> (Tabla I). Dado el uso del edificio, y en cumplimiento del Código Técnico de la Edificación, todas plantas y sótanos están protegidas por bocas de incendio.

El segundo edificio considerado puede calificarse de singular dado que varias de sus instalaciones han sido novedosas y, hasta cierto punto, experimentales. Se trata de un edificio de 6 plantas y 2 sótanos, con 750 m<sup>2</sup> por planta (Tabla II). Al igual que en el caso anterior, todas las plantas están protegidas por BB.II.EE.

El tercer caso es un conjunto de 230 viviendas, agrupadas en 5 bloques, con un sótano común de 7.265 m<sup>2</sup> destinado a garaje (Tabla III). Sólo la planta de garaje está protegida por BB.II.EE, tal y como prescribe el CTE.

El cuarto edificio considerado es una promoción de 110 viviendas en un solo bloque con 6 plantas y 4 sótanos (Tabla IV). La red de bocas protege a los 4 sótanos, que cuentan con una superficie en planta de 1.500 m<sup>2</sup>.

El quinto edificio consta de 144 viviendas con 8 plantas

sobre rasante y 2 sótanos de 3.000 m<sup>2</sup> cada uno de ellos (Tabla V). Sólo en los sótanos, destinados a aparcamiento, se han instalado redes de BB.II.EE.

Como se observa, se ha elegido una instalación de gran extensión horizontal a igual cota (tercer edificio), otra en dos plantas también de gran extensión (quinto edificio) y otros tres edificios con plantas de superficie más reducida y elevados niveles sobre rasante (de 5 a 8 plantas). Esta elección se considera suficientemente completa para poder analizar la influencia de la superficie en planta y las diferencias de altura en la selección de las dos bocas de incendio más desfavorables.

Todos los datos de las redes (número de BB.II.EE, ubicación, diámetros de tuberías, características de sus grupos de presión, etc.) se obtienen de los planos de proyecto.

#### B. Programa de cálculo

Para cubrir las necesidades de este estudio se ha optado por utilizar software libre, habiendo elegido para ello EPANET. EPANET fundamentalmente es un programa para el análisis de sistemas de distribución de agua potable. El programa es de

TABLA II  
RESUMEN DE DATOS

Plantas sobre rasante	Plantas bajo rasante	Superficie/planta (m <sup>2</sup> )	Zonas protegida (plantas)	Número BB.II.EE	Esquema cálculo	Grupo presión
6	2	750	7 plantas	34	Fig. 6	BLOCH Mod. ND-SU- 264 (20 KW)

TABLA III  
RESUMEN DE DATOS

Plantas sobre rasante	Plantas bajo rasante	Superficie/planta (m <sup>2</sup> )	Zonas protegida (plantas)	Número BB.II.EE	Esquema cálculo	Grupo presión
6	1	7.265 (garaje)	Garaje	16	Fig. 8	KRIPSOL Mod. GIMUR 12-50/E

TABLA IV  
RESUMEN DE DATOS

Plantas sobre rasante	Plantas bajo rasante	Superficie/planta (m <sup>2</sup> )	Zonas protegida (plantas)	Número BB.II.EE	Esquema cálculo	Grupo presión
6	4	1.500	4 de garaje	16	Fig. 10	IDEAL Mod. VIP 1065T (4,7 kW)

TABLA V  
RESUMEN DE DATOS

Plantas sobre rasante	Plantas bajo rasante	Superficie/planta (m <sup>2</sup> )	Zonas protegida (plantas)	Número BB.II.EE	Esquema cálculo	Grupo presión
8	2	3.000	2 de garaje	10	Fig. 12	KRIPSOL Mod. GIMUR 12-50/E (5,5 CV)

dominio público y está desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Este software determina caudales en redes de tuberías, abiertas o malladas, en función de unas condiciones iniciales, siendo también capaz de evaluar la dispersión en el tiempo de contaminantes por lo que es muy utilizado para análisis de calidad en redes de distribución.

Adicionalmente, las características que más han influido en su elección han sido:

- No existe límite de tamaño para la red a analizar.
- Calcula las pérdidas por fricción mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, o

Chezy-Manning, según el caso.

- Incluye pérdidas por accesorios.
- Modela bombas a regímenes constantes y variables.
- Modela diferentes tipos de válvulas, incluyendo válvulas de regulación, de retención, de aislamiento, reductoras de presión o controladoras de caudal.
- Permite el almacenamiento de agua en tanques de cualquier geometría.
- Considera la posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo de los nudos, cada uno de ellos con su propia curva de modelado.
- Modela consumos dependientes de la presión que

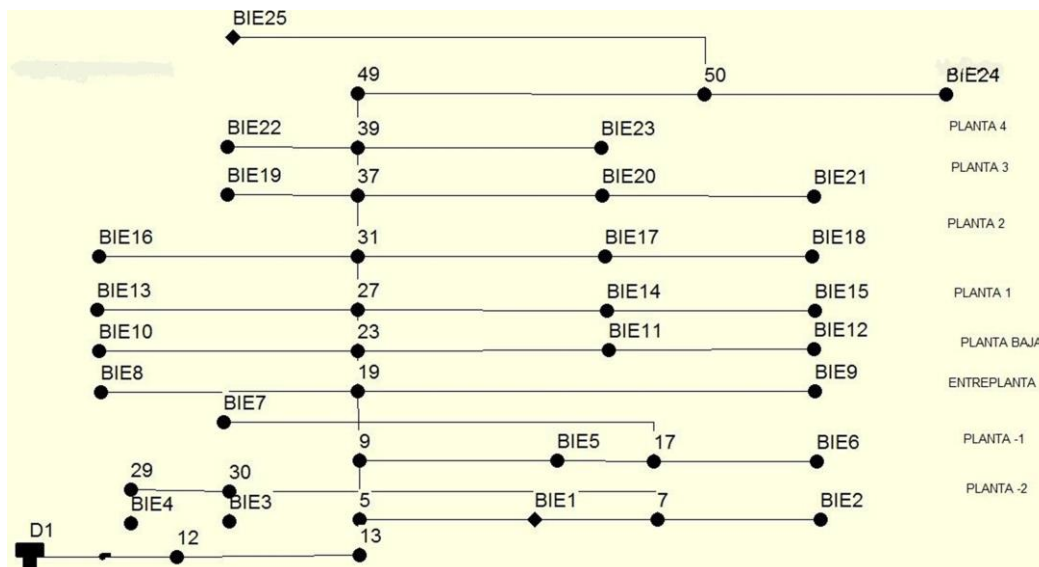


Fig.3. Esquema de cálculo de la red de PCI de edificio administrativo.

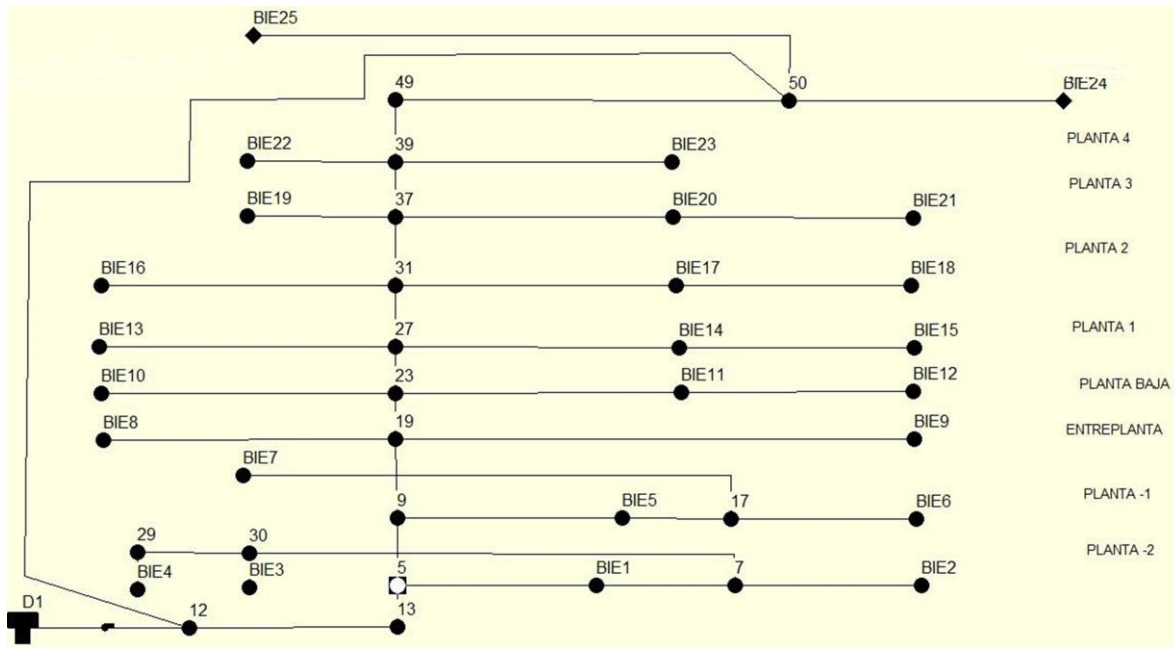


Fig.4. Modificación de la red de BB.II.EE en el edificio administrativo con by-pass a cubierta.

salen al exterior del sistema a través de emisores (rociadores, aspersores).

- Puede determinar el funcionamiento del sistema simplemente con el nivel de agua del tanque y controles de tiempo o, utilizar complejos sistemas de regulación temporal.
- El programa modela perfectamente las pérdidas de carga por fricción y accesorios.

Es importante, aparte de las descripciones anteriores, realizar algunas aclaraciones sobre el establecimiento de hipótesis y el tratamiento de variables hidráulicas en EPANET.

#### a) Pérdidas de carga por fricción.

EPANET utiliza diferentes expresiones correspondientes a las distintas zonas en las que el factor de fricción presenta comportamientos distintos, dependiendo del régimen de trabajo:

- Régimen laminar ( $Re < 2000$ ): Utiliza la fórmula de Hagen-Poiseuille.
- Régimen turbulento ( $Re > 4000$ ): Utiliza la aproximación de Swamee y Jain de la ecuación de Colebrook-White.
- Régimen transitorio ( $2000 < Re < 4000$ ): Utiliza la interpolación cúbica del ábaco de Moody.

#### b) Pérdidas de carga por accesorios.

Las pérdidas por accesorios deben incluirse en los cálculos, dependiendo de la distribución en planta de la red y el grado de exactitud requerido. EPANET las contabiliza asignando a cada tubería un coeficiente de pérdidas que representa al elemento que se encuentra en esa tubería. Esta asignación es opaca para el usuario, si bien es posible introducir manualmente el efecto de pérdidas no usuales.

#### c) Grupo de presión.

El grupo de presión puede ser tratado de tres formas diferentes (AENOR, 2012):

**Embalse infinito:** La fuente de alimentación es un embalse de profundidad constante y que, por tanto, proporciona siempre la misma presión.

**Bomba constante:** Puede suponerse que la bomba hidráulica aporta una presión constante, con independencia de la pérdida carga de la red.

**Bomba variable:** Es el caso más real, en el que se introducen puntos de la curva Presión-Caudal de la bomba y el programa interpola valores intermedios. Este tipo de tratamiento del grupo de presión ha sido el utilizado en las simulaciones que siguen.

#### d) Emisores.

Los emisores son los elementos por los que el agua abandona la red. En la instalación de BB.II.EE se trata de las boquillas de las mangueras, caracterizadas por el diámetro de sus orificios de salida, respondiendo a la expresión:  $Q = K \cdot \sqrt{p}$ ,

siendo  $Q$  el caudal saliente,  $p$  la presión en el foco emisor y  $K$  un coeficiente de descarga tabulado por la norma UNE-EN-671 (AENOR, 2013).

C. Simulación de las cinco instalaciones reales

Las instalaciones de BB.II.EE. pertenecientes a los cinco edificios descritos en el epígrafe 3.1 tienen, en todos los casos,

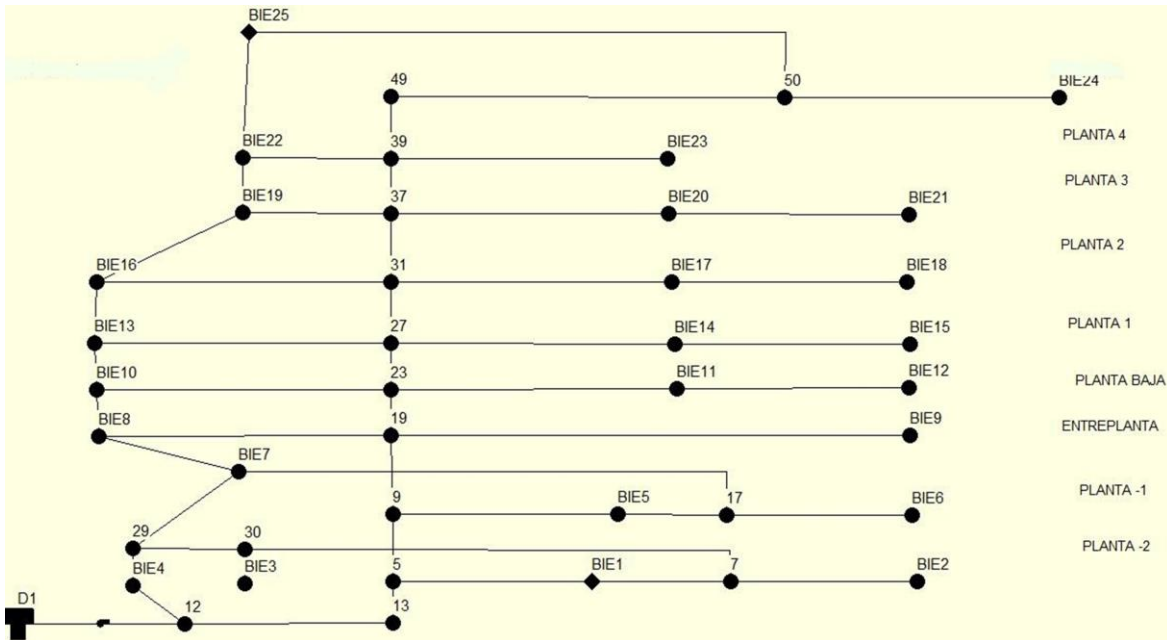


Fig.5. Modificación de la red de BB.II.EE en el edificio administrativo con by-pass en plantas.

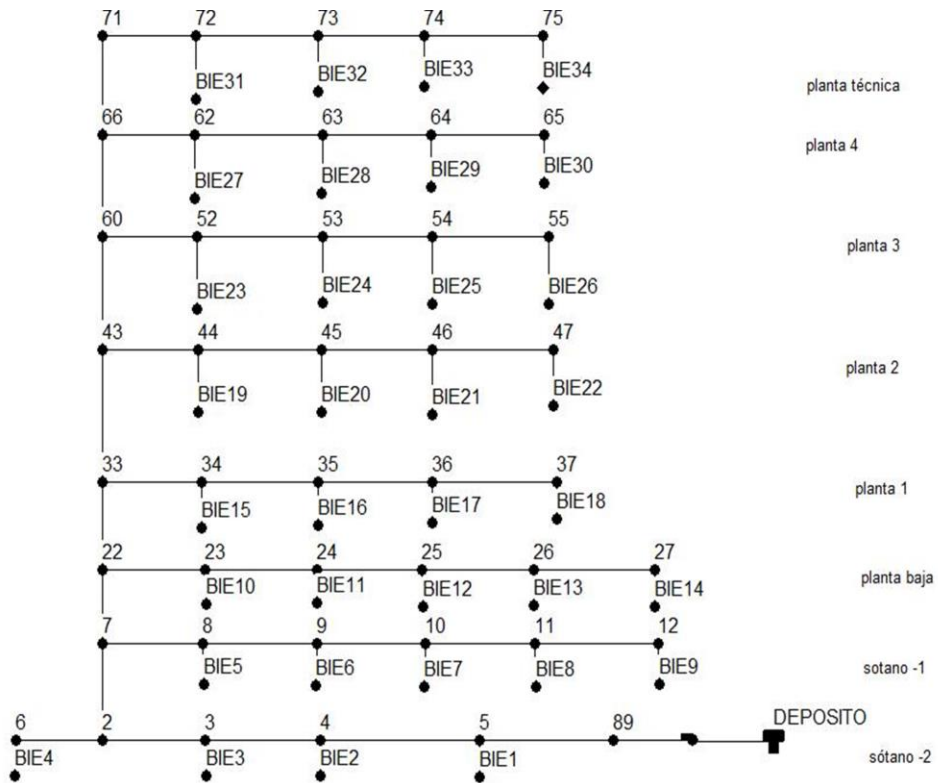


Fig.6. Esquema de cálculo de la red de PCI de edificio singular.

tres puntos de partida comunes: todas las redes de tuberías son de acero negro, como es habitual en ellas, las mangueras consideradas son del tipo semirrígido y de 25 mm de diámetro, y los orificios de sus boquillas presentan diámetros de 10 mm

bocas de estudio en cada caso.

Un último aspecto a destacar es el hecho de que se considerará como referencia un caudal simultáneo de  $12 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $1.66 \text{ l/s}$ ), cuando dos BB.II.EE actúen simultáneamente en

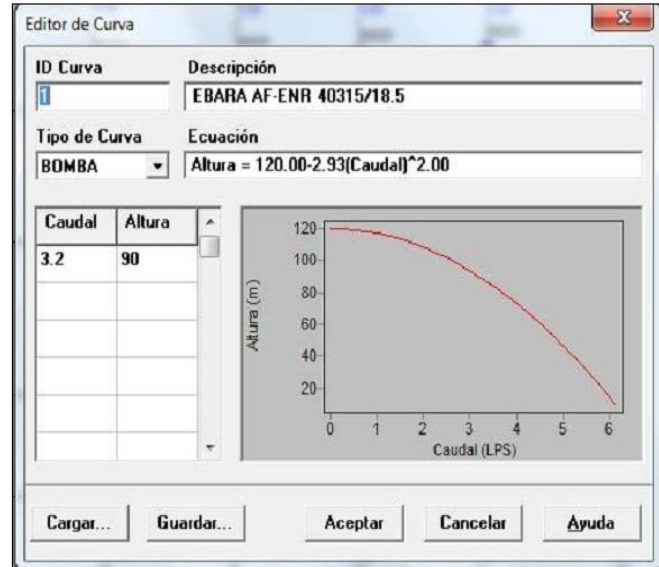
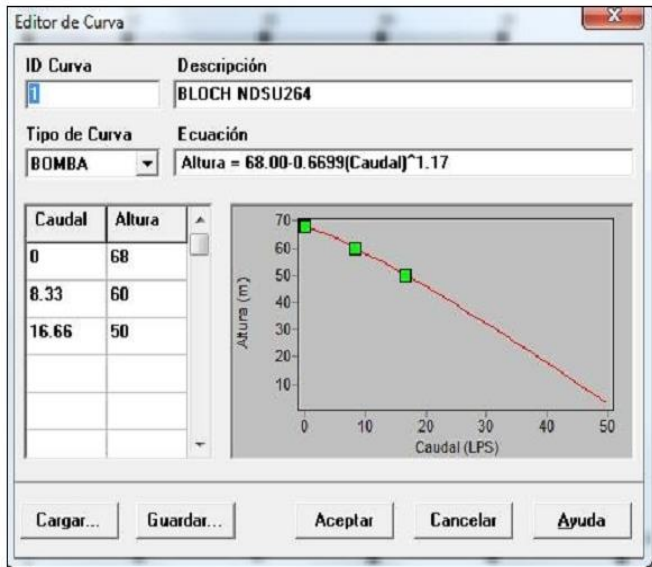


Fig.7. Curvas presión-caudal para dos bombas de prueba en edificio singular.

(visibles, estos últimos, en sus preceptivas placas de características) (AENOR, 2013). El primer dato afecta a la rugosidad y el segundo al coeficiente de descarga antes descrito, y que la norma UNE-EN-671 establece en  $K=42$  (con  $Q$  en  $\text{l/min}$  y  $p$  en MPa). El grupo de presión se encuentra, en todos los casos, en la planta de menor cota.

Por otra parte hay que indicar que, en principio, no importaría introducir la pérdida de carga en las propias mangueras pues al ser todas iguales sus longitudes sólo afectarían a las presiones en boquillas. Dichas pérdidas de carga son desconocidas, no siendo aportadas por los fabricantes, pero pueden estimarse en 1.5 bar para caudales cercanos a  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  (considerando sólo el tramo de manguera y no la boquilla). En cualquier caso, en las diversas simulaciones se han supuesto pérdidas del  $\pm 20\%$  sobre dicho valor con el objeto de observar el comportamiento de las dos

caso de incendio, puesto que en los proyectos de referencia así se especificó. Este valor sigue siendo utilizado pues es muy similar al que resulta de aplicar la norma UNE-EN-671 a BB.II.EE de mangueras semirrígidas,  $\varnothing 25$ , y con orificios de 10 mm de diámetro, si bien en esta norma ya no se especifican caudales, como en normativas anteriores (Ministerio, 1988), si no que se prescriben presiones dinámicas mínimas en boquillas.

#### 1) Edificio para uso Administrativo

En el proyecto técnico del edificio (fig. 3) se consideró como bocas más desfavorables las nº 24 y 25 al ser las más alejadas del grupo de presión y encontrarse a mayor cota (en plantas 5ª y de cubierta). La simulación con EPANET muestra que el grupo de presión fue bien seleccionado, en principio, pues los caudales vertidos son 1,88 l/s y 1,85 l/s,

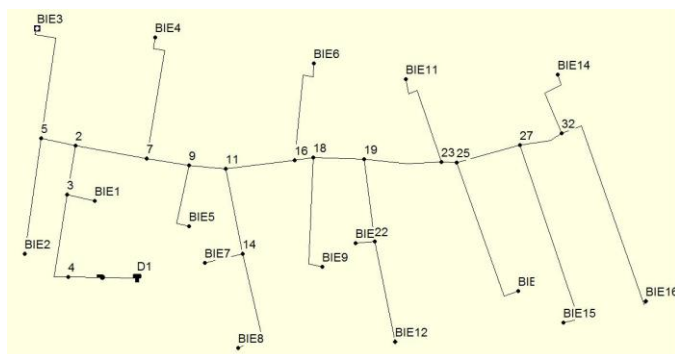


Fig.8. Esquema de cálculo de la red de PCI de garaje colectivo de gran superficie

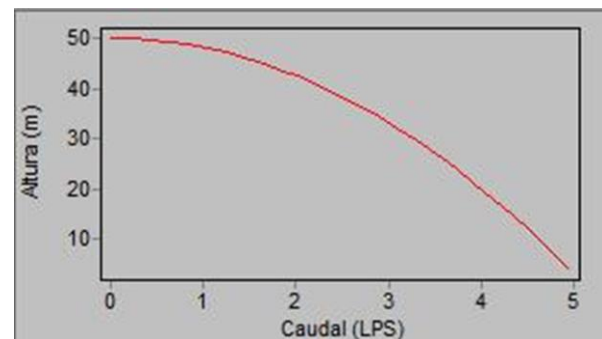


Fig.9. Curva presión-caudal de la bomba para garaje colectivo de gran superficie



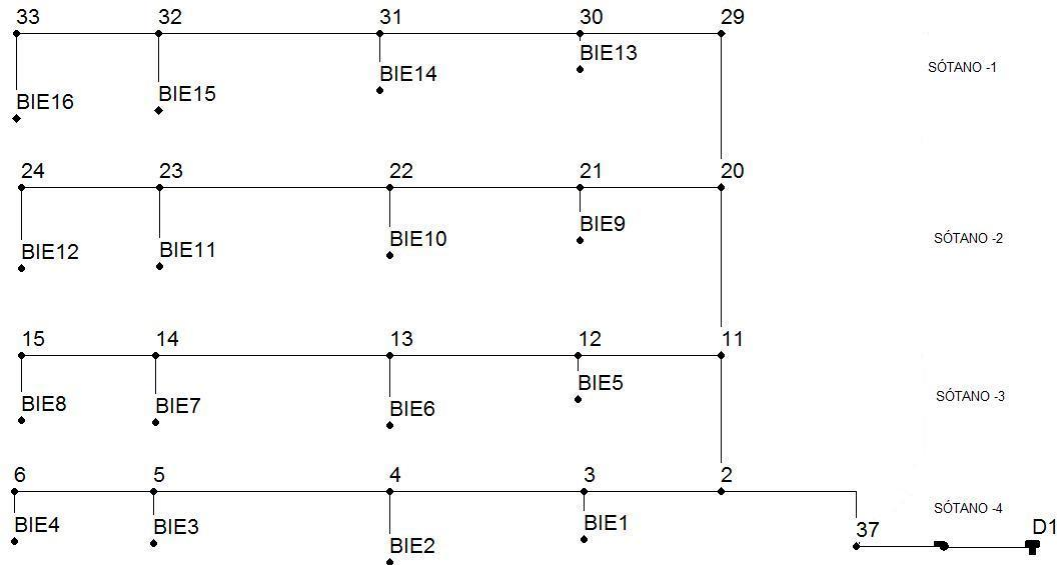


Fig.10. Esquema de cálculo de la red de PCI de aparcamiento en 4 niveles bajo rasante.

respectivamente, en cada una de las bocas citadas ( $>1,66$  l/s).

Sin embargo, la apertura simultánea de la BIE más alejada, BIE 25, y la más cercana al grupo, BIE 1 ubicada en el sótano -2, proporciona 2,35 l/s para esta última y 1,68 l/s para la BIE 25, lo que muestra que esta situación es más desfavorable que la considerada en proyecto, si bien se sigue superando el caudal mínimo requerido en la BIE 25. No obstante, la elección de otra bomba podría haber producido caudales insuficientes (hay que aclarar que cuando esta instalación fue probada el caudal de la BIE extrema nº 25 cayó por debajo de su valor mínimo requerido, siendo de 1,5 l/s; no obstante fue dada por válida al considerar los lógicos errores que se cometen en las pruebas de control de calidad in situ, y sobre todo porque que se consideró que el edificio quedaba bien protegido pues las posibilidades de que en él se produjese un incendio simultáneo en la cubierta y en un sótano eran muy bajas).

Ante la importancia del material custodiado en este edificio, se decidió analizar qué sucedería en caso de introducir algunas modificaciones en estas instalaciones de PCI con unas obras mínimas. Así pues se modificó el modelo añadiendo, en un caso, una tubería de 2" en by-pass desde el grupo de presión hasta la cubierta del edificio (fig. 4) y, en otro, un by-pass similar pero conectado a las ramas de todas las plantas (fig. 5).

En ambos casos puede comprobarse que el caudal vertido por la boca superior (BIE 25) aumenta, como consecuencia de los by-pass que suponen dos vías de alimentación a ella, pero sigue verificándose que el caso más desfavorable sigue siendo la apertura de las bocas de incendio más cercana al grupo de presión y la más lejana aunque con menores diferencias de caudal que en la configuración original.

Así pues, la conclusión para estas instalaciones es que las dos bocas hidráulicamente más desfavorables no son las dos más alejadas y más elevadas simultáneamente.

## 2) Edificio singular

La simulación de la red muestra que en ella las dos bocas de incendio más desfavorables son las dos más alejadas, y elevadas, BIE33 y BIE34 (fig.6). En particular, en esta última boca se obtienen 1,47 l/s cuando están las dos abiertas y 1,44 l/s al quedar activa la BIE1. Los dos valores son prácticamente iguales aunque lo que marca la diferencia es que globalmente el grupo de presión proporciona más caudal en el segundo caso al demandarlo la BIE-1.

Nótese que el caudal en el caso de apertura de las bocas más alejadas es ligeramente inferior a la exigida por la normativa ( $5.2 \text{ m}^3/\text{h} < 6 \text{ m}^3/\text{h}$ ) y cabría pensar qué sucedería en caso de emplear un grupo de presión diferente. Así pues se vuelve a calcular la instalación suponiendo que se ha instalado un grupo de presión marca EBARA, mod. AF-ENR 40315/18.5, cuya curva p-Q se modela a partir de la ecuación dada por el fabricante. En la figura 7, derecha, se representa el modelo de curva introducido en EPANET, el cual puede ser comparado con el de la bomba BLOCH realmente instalada. Nótese los diferentes rangos de presiones y caudales de cada bomba y, por tanto, sus diferentes pendientes (cinco veces superior en la bomba EBARA).

El resultado de los nuevos cálculos sigue mostrando que las dos bocas de incendio más alejadas son las más desfavorables pese al cambio de grupo de bombeo.

## 3) Conjunto de viviendas con garaje común de gran superficie

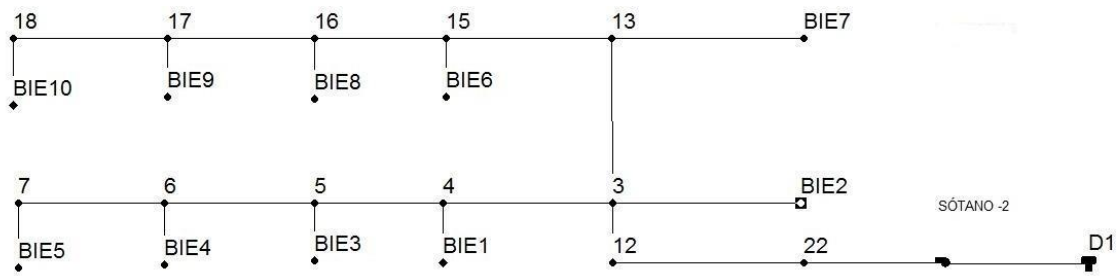


Fig. 11. Esquema de cálculo de la red de PCI de aparcamiento de dos niveles y gran superficie.

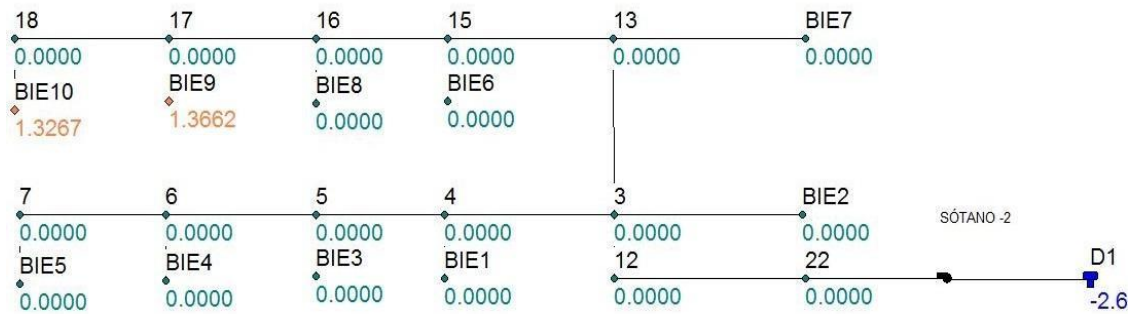


Fig. 12. Esquema de cálculo de la red de PCI de aparcamiento. Esquema de caudales.

Al desarrollarse las instalaciones de BB.II.EE en una sola planta, aunque de gran superficie, la bomba elegida en proyecto presenta un gran caudal con moderadas presiones, mostrándose su curva en la fig. 9.

La comprobación del modelo muestra que las dos bocas más alejadas del grupo de presión son las dos más alejadas (BIE15 y BIE16), frente a la apertura simultánea de la boca más alejada (BIE16) y la más próxima al grupo de presión (BIE1). En ambos casos los caudales simultáneos fueron 12,6 m<sup>3</sup>/h y 14,2 m<sup>3</sup>/h respectivamente.

4) Promoción de 110 vdas. Con 4 sótanos para uso de aparcamientos

La simulación de esta red totalmente bajo rasante y, por tanto, de alta responsabilidad (fig. 10) muestra que las dos bocas hidráulicamente más desfavorables son la más cercana al grupo de presión y la más alejada, es decir las BB.II.EE 1 (ubicada en el sótano-4 a 5 m de distancia del grupo) y la 16 (ubicada en el sótano-1). La diferencia de caudales simultáneos es en este caso del 25 %, máxima diferencia encontrada en las 5 simulaciones realizadas en este trabajo.

Al igual que se hizo en el caso del edificio para uso administrativo en este se analizará el comportamiento de la red añadiendo dos tipos de by-pass: uno directo entre el sótano-4 y el sótano-1 y otro conectado planta a planta.

Nuevamente, pese a las modificaciones introducidas y que mejoran el caudal de la BIE más extrema, BIE16, las dos bocas más desfavorables en uso simultáneo siguen siendo la más cercana al grupo, BIE1, y las más distancia, BIE16.

En esta red se ha realizado otros ensayos suponiendo que está alimentada con bombas de curvas diferentes pero que no

muestran resultados concluyentes, por lo que este aspecto debe ser investigado con más detalle.

5) Promoción de 114 vdas. Con 2 sótanos de gran superficie para uso de aparcamientos

Dada la geometría en planta de gran superficie (fig. 11) y, pese a tener dos plantas soterradas, este aparcamiento tiene cierta semejanza con el analizado en el tercer caso y, por ello, tras su modelado con EPANET se muestra que, efectivamente, las dos bocas hidráulicamente más desfavorables son las más alejadas del grupo de presión (BIE9 y BIE10) frente a la combinación de la más cercana y la más alejada (BIE1 y BIE10), con caudales simultáneos de 9,6 m<sup>3</sup>/h y 13,5 m<sup>3</sup>/h, respectivamente (fig. 12), y que muestran también, por tanto, que el grupo de presión no estuvo bien elegido.

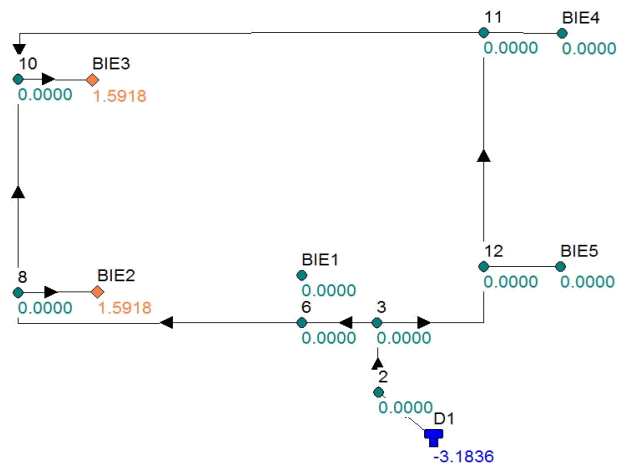


Fig. 13. Planta de modificación de mejora con by-pass entre BB.II.EE nº 4 y 5.

El cambio del grupo de presión es una solución de menor coste, cuando no se alcanzan finalmente los requerimientos de caudal, que la modificación de la topología de una red ya construida. En el caso que nos ocupa, una solución de ese tipo hubiese sido la instalación de una rama adicional que transformase la red abierta en una malla; esto sólo se podía hacer en fase de construcción y suponía el soterramiento una tubería de 2" de diámetro y 35 m de longitud. Con ello, en la planta sótano-2 la red sería la mostrada en la fig. 13 y los caudales en las bocas extremas ascenderían a 13,0 m<sup>3</sup>/h con lo que el problema de falta de caudal también hubiese quedado resuelto.

#### IV. CONCLUSIONES

La normativa de protección contra incendios establece que toda red de Bocas de Incendio Equipadas deberá proporcionar -durante una hora como mínimo en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BB.II.EE hidráulicamente más desfavorable- una presión dinámica mínima de 2 bar en el orificio de salida de cualquier BIE. Sin embargo, dicha normativa no establece qué bocas de incendio son las más desfavorables, siendo lo habitual elegir siempre las bocas más alejadas del grupo de presión, y entre ellas, de existir, las de mayor cota. No obstante, la experiencia en puesta en marcha de ese tipo de instalaciones muestra que eso no siempre es así, detectando la existencia de otras parejas de BB.II.EE más desfavorables que las comúnmente seleccionadas.

En el presente trabajo se han analizado instalaciones de extinción de edificios reales, con una casuística muy variada, para detectar qué parejas de bocas de incendio son o pueden ser las más desfavorables.

La primera conclusión importante es que no siempre debe diseñarse una red de protección contra incendios, basada en BB.II.EE, comprobado sólo las dos bocas más alejadas del grupo de presión. Dicha elección depende del tipo de instalación (horizontal o en altura) y de la pendiente de la curva de la bomba.

En edificios de una sola planta las bocas más desfavorables resultan ser las más alejadas del grupo de presión, mientras que en edificios con cierta altura los resultados dependerán de la bomba escogida. En este último caso los resultados de las simulaciones muestran que bombas con curvas de baja pendiente son mucho más eficientes que otras con pendientes mayores, puesto que se le debe dar mayor importancia al caudal suministrado que a la altura, ya que es importante que al último piso llegue un caudal mínimo.

Por tanto, una segunda conclusión de importancia es que se

aconseja elegir bombas de poca pendiente en edificios de alturas considerables para que las bocas de incendio más desfavorables sean más siempre las más alejadas del grupo de presión. No obstante, en este trabajo no se puede especificar qué debe entenderse por baja o alta pendiente de una curva presión-caudal, por lo que tal investigación debe considerarse un futuro desarrollo.

Finalmente, debe recomendarse a los proyectistas la comprobación de situaciones alternativas a las que usualmente se recogen en proyecto.

#### REFERENCIAS

- AENOR. (2012). Norma UNE 23500. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios. Enero 2012.
- AENOR. (2013). Norma UNE-EN 671-1, Instalaciones fijas de lucha contra incendios. Parte 1 -Sistemas equipados con mangueras semirrígidas. Junio 2013.
- ASEPEYO (2007). Dirección de Seguridad e Higiene de ASEPEYO. Sistemas de Bocas de Incendio Equipadas. Agosto.
- C.A.M. (1999). Reglamento de Prevención de Incendios de la Comunidad de Madrid. Decreto 341/1999 de 23 de diciembre.
- Ministerio (1988). Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General para la Vivienda y Arquitectura.. Norma Básica de la Edificación, NBE-CPI-82. Condiciones de Protección Contra Incendios en los Edificios. Cuarta edición.
- Ministerio (1993). Ministerio de Industria y Energía, Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (1993). Real Decreto 1942/1993. B.O.E. de 14 de diciembre.
- Ministerio (2006). Ministerio de la Vivienda, Código Técnico de la Edificación (2006). Documento Básico SI-Seguridad en caso de incendio. Sección SI4 – “Detección, control y extinción de incendios”. B.O.E. de 28 de marzo de 2006.
- Quintela, J. (2008). Instalaciones contra incendios. AMV Ediciones.
- Suay, J. (2010). Manual de instalaciones contra incendios. AMV Ediciones.



**Reconocimiento – NoComercial (by-nc):** Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.

