

ÍNDICE

1. SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS	1
1.1 Propagación interior	1
1.1.1 Compartimentación en sectores de incendio	1
1.1.2 Locales y zonas de riesgo especial	3
1.2 Evacuación de ocupantes	6
1.2.1 Ocupación.....	6
1.2.2 Dimensionado de los medios de evacuación.....	7
2. SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS	8
2.1 Instalaciones de protección contra incendios.....	8
2.1.1 Bocas de incendio equipadas (BIE).....	8
2.1.1.1 Cálculo del diámetro de las tuberías	8
2.1.1.2 Cálculo del equipo de bombeo.....	9
2.1.1.3 Capacidad de reserva contra incendios del aljibe.....	14

1. SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS

1.1 Propagación interior

1.1.1 Compartimentación en sectores de incendio

PLANTA SEMISÓTANO

SECTOR	USO PREVISTO	SITUACIÓN	SUPERFICIE (m ²)	RESISTENCIA _{MÍN} AL FUEGO (paredes y techos)	PUERTAS de acceso
Oficinas	Administrativo	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	479,79	EI 90	EI ₂ 45-C5
Cuarto Electricidad & Telecom.	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	14,77	EI 90	EI ₂ 45-C5
Cuarto del hidro	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	12,18	EI 90	EI ₂ 45-C5
Aseos	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	35,59	EI 90	EI ₂ 45-C5
Vestíbulo previo 3	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	13,36	EI 120	EI ₂ 30-C5

PLANTA BAJA / PLANTA SEGUNDA

SECTOR	USO PREVISTO	SITUACIÓN	SUPERFICIE (m ²)	RESISTENCIA _{MÍN} AL FUEGO (paredes y techos)	PUERTAS de acceso
Sala de reuniones	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	23,49	EI 90	EI ₂ 45-C5
Distribuidor	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	4,46	EI 90	EI ₂ 45-C5

2		rasante, altura de evacuación h≤15 m			
Aseos	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	35,59	EI 90	EI ₂ 45-C5

PLANTA PRIMERA / PLANTA TERCERA

SECTOR	USO PREVISTO	SITUACIÓN	SUPERFICIE (m ²)	RESISTENCIA _{MÍN} AL FUEGO (paredes y techos)	PUERTAS de acceso
Office	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	12,00	EI 90	EI ₂ 45-C5
Distribuidor 2	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	4,46	EI 90	EI ₂ 45-C5
Distribuidor 3	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	2,81	EI 90	EI ₂ 45-C5
Aseos	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	35,59	EI 90	EI ₂ 45-C5

SECTORES COMUNES

SECTOR	USO PREVISTO	SITUACIÓN	SUPERFICIE (m ²)	RESISTENCIA _{MÍN} AL FUEGO (paredes y techos)	PUERTAS de acceso
Oficinas Planta baja, Planta 1ª, Planta 2ª y Planta 3ª	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	2394,72	EI 90	EI ₂ 45-C5
Ascensor 1	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	3,06	EI 90	EI ₂ 45-C5

Ascensor 2	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	2,89	EI 90	EI ₂ 45-C5
Escalera 1	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	27,60	EI 120	EI ₂ 60-C5
Escalera 2	General	Planta sobre rasante, altura de evacuación h≤15 m	10,71	EI 120	EI ₂ 60-C5

1.1.2 Locales y zonas de riesgo especial

Paquetería, Planta Semisótano	
SUPERFICIE (m ²)	22,88
VOLUMEN (m ³)	80,08
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	R 90
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA EN CADA SALIDA	NO
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

Carga y Descarga Paquetería, Planta Semisótano	
SUPERFICIE (m ²)	51,03
VOLUMEN (m ³)	178,61
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	R 90
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA EN CADA SALIDA	NO
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

Cuarto de Limpieza, Planta Semisótano	
SUPERFICIE (m ²)	3,28

VOLUMEN (m ³)	11,48
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	R 90
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA EN CADA SALIDA	NO
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

Cuarto de Limpieza, Planta Baja	
SUPERFICIE (m ²)	3,28
VOLUMEN (m ³)	9,84
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	R 90
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA EN CADA SALIDA	NO
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

Sala de Reprografía, Planta Primera	
SUPERFICIE (m ²)	8,00
VOLUMEN (m ³)	24,00
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	R 90
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA EN CADA SALIDA	NO
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

Cuarto de Limpieza, Planta Primera	
SUPERFICIE (m ²)	3,28
VOLUMEN (m ³)	9,84
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA	R 90

ESTRUCTURA PORTANTE	
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA EN CADA SALIDA	NO
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

Cuarto de Limpieza, Planta Segunda	
SUPERFICIE (m ²)	3,28
VOLUMEN (m ³)	9,84
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	R 90
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA EN CADA SALIDA	NO
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

Sala de Reprografía, Planta Tercera	
SUPERFICIE (m ²)	8,00
VOLUMEN (m ³)	24,00
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	R 90
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA EN CADA SALIDA	NO
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

Cuarto de Limpieza, Planta Tercera	
SUPERFICIE (m ²)	3,28
VOLUMEN (m ³)	9,84
RIESGO	BAJO
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	R 90
RESISTENCIA MÍNIMA AL FUEGO DE PAREDES Y TECHOS DEL LOCAL	EI 90
VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA	NO

EN CADA SALIDA	
PUERTAS EN LAS SALIDAS	EI ₂ 45-C5
MÁXIMO RECORRIDO DE EVACUACIÓN HASTA ALGUNA SALIDA	≤25 m

1.2 Evacuación de ocupantes

1.2.1 Ocupación

RECINTO/ PLANTA	USO	ZONA/TIPO DE ACTIVIDAD	SUPERFICIE (m ²)	OCUPACIÓN (m ² /persona)	Nº PERSONAS
Planta 3^a	Administrativo	Planta o zona de oficinas y distribuidor de acceso a las mismas	536,80	10	54
Planta 2^a	Administrativo	Planta o zona de oficinas y distribuidor de acceso a las mismas	570,09	10	58
Planta 1^a	Administrativo	Planta o zona de oficinas y distribuidor de acceso a las mismas	536,80	10	54
Planta Baja	Administrativo	Planta o zona de oficinas y distribuidor de acceso a las mismas	570,09	10	58
Planta Semisótano	Administrativo	Planta o zona de oficinas y distribuidor de acceso a las mismas	461,37	10	47
Planta Semisótano	Archivos, almacenes	Almacenaje	73,91	40	2

Por lo tanto, la ocupación total del edificio es de 273 personas, contando en edificio con varias salidas, según se puede observar en planos.

1.2.2 Dimensionado de los medios de evacuación

ELEMENTO DE EVACUACIÓN	TIPO	EVACUACIÓN	FÓRMULA DE DIMENSIONADO	ANCHURA MÍNIMA (m)	ANCHURA DE PROYECTO (m)
Escalera 1	Escalera protegida	Descendente	$A_s \geq \frac{E - 3 \cdot S}{160}$	1,00	1,25
Escalera 1	Puerta en Planta Semisótano	Descendente	$A \geq \frac{P}{200} \geq \frac{282}{200}$	1,41	1,60
Escalera 2	Escalera protegida	Descendente	$A_s \geq \frac{E - 3 \cdot S}{160}$	1,00	1,00
Escalera 2	Puerta en Planta Semisótano	Descendente	$A \geq \frac{P}{200} \geq \frac{142}{200}$	0,80	0,82
Escalera de comunicación Plantas 3ª y 2ª	Escalera no protegida	Descendente	$A \geq \frac{P}{160}$	0,80	0,90
Escalera de comunicación Plantas 1ª y PB	Escalera no protegida	Descendente	$A \geq \frac{P}{160}$	0,80	0,90

2. SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS

2.1 Instalaciones de protección contra incendios

2.1.1 Bocas de incendio equipadas (BIE)

Según el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RD 1942/1993), la red de tuberías deberá proporcionar, durante una hora, como mínimo, en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorables, una presión dinámica mínima de 2 bar ($2,04 \text{ kg/cm}^2$) en el orificio de salida de cualquier BIE.

Se dispone un sistema contra incendios para el edificio, compuesto por:

- Equipo de bombeo contra incendios.
- Red de tuberías de acero negro con soldadura, debidamente protegidas contra la corrosión.
- BIEs de 25 mm.

2.1.1.1 Cálculo del diámetro de las tuberías

Las BIE de diámetro de 25 mm tienen un caudal de $1,667 \text{ l/s} = 100 \text{ l/min}$. La presión en el orificio de salida (presión de servicio) estará comprendida entre $3,5 \text{ kg/cm}^2$ y $5,0 \text{ kg/cm}^2$.

El caudal del agua será: $Q = V \times S$, donde:

Q = Caudal (m^3/s).

V = Velocidad (m/s).

S = superficie de la boca (m^2).

Sustituyendo datos, obtenemos el valor de la velocidad del chorro de agua:

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,025^2}{4} = 0,0004909 \text{ m}^2 \left. \begin{array}{l} Q = 100 \text{ l/min} = 0,001667 \text{ m}^3/\text{s} \\ \rightarrow V = \frac{Q}{S} = \frac{0,001667}{0,0004909} \rightarrow V = 3,396 \text{ m/s.} \end{array} \right\}$$

En el caso de tener funcionando dos BIE de 25 mm simultáneamente, según la hipótesis de cálculo de partida, el diámetro mínimo de impulsión y de las tuberías de abastecimiento de la instalación será:

$$D = \sqrt{\frac{(2 \times Q) \times 4}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{(2 \times 0,001667) \times 4}{3,396 \times \pi}} = 0,03536 \text{ m} = 35,36 \text{ mm.}$$

Teniendo en cuenta los diámetros nominales del mercado y la longitud de los tramos de tuberías, se empleará tubería de 2" para los tramos por los que pueda circular el agua correspondiente a varias bocas de incendio, pasando después a tubería de 1 1/2" en el tramo correspondiente a la alimentación de una BIE.

2.1.1.2 Cálculo del equipo de bombeo

Para definir el equipo de bombeo debemos conocer el caudal y la altura manométrica en el caso más desfavorable.

La altura manométrica viene definida por:

$$H_m = H_r + H_a + H_i + P_s, \text{ donde:}$$

H_r = Pérdidas por rozamiento en tuberías y accesorios (mca).

H_a = Altura geométrica de aspiración (mca).

H_i = Altura geométrica de impulsión (mca).

P_s = Presión de servicio (mca).

Las pérdidas por rozamiento se definen como la pérdida de carga producto de la resistencia que la conducción opone al paso del agua. Estas pérdidas serán la suma de las pérdidas primarias y secundarias en la tubería.

Para calcular las pérdidas primarias H_p se puede emplear la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_p = f \times \frac{1}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g} \times L \rightarrow H_p = J \times L, \text{ donde:}$$

H_p = Pérdidas de carga producto de la fricción (mca).

f = Factor de fricción.

D = Diámetro de la conducción (m).

V = Velocidad en la conducción (m/s).

g = Aceleración de gravedad (9,81 m/s²).

J = Pérdida de carga unitaria (mca/m): $J = f \times \frac{1}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$.

L = Longitud de la conducción (m).

El factor de fricción f es un parámetro adimensional que, en general, es función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa de la tubería (ε_r).

El número de Reynolds se puede calcular a través de la siguiente expresión:

$$\text{Re} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D \times \nu}, \text{ donde:}$$

Q = Caudal (m³/s).

D = Diámetro de la conducción (m).

ν = Viscosidad cinemática (m²/s) = 1,010 × 10⁻⁶ para H₂O fría.

La rugosidad relativa es igual al cociente entre la rugosidad absoluta (ε) y el diámetro de la tubería. Una mayor rugosidad del material implica mayores pérdidas en el tramo

considerado. El material empleado para el cálculo será acero negro con soldadura, cuya rugosidad absoluta es de 0,18 mm.

El cálculo del factor de fricción se puede realizar mediante el diagrama de Moody, o bien empleando la fórmula de Colebrook-White para el caso de régimen turbulento ($Re > 4000$). Esta formulación, mediante un cálculo iterativo, da un resultado exacto del factor de fricción f . Dicha fórmula tiene la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{f}} \right).$$

En nuestro caso, se empleará la formulación de Malafaya-Baptista, muy similar a la de Colebrook-White, pero evitando iteraciones en el cálculo mediante una aproximación muy ajustada. La expresión de la fórmula de Malafaya-Baptista es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times (0,4894 \times Re^{-0,11}) + 0,18 \times Re^{-0,095} \times \left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^{0,6}} \right).$$

Se ha comentado que el caso más desfavorable será aquel en el que estén en funcionamiento dos BIE simultáneamente. Para el cálculo de las pérdidas primarias se toma el circuito de dos BIE que estén situadas a mayor distancia del equipo de impulsión. En este caso, se han considerado despreciables las pérdidas referentes a la aspiración.

Las pérdidas secundarias H_s se producen cuando la tubería induce el agua a cambiar de dirección. Estas se pueden producir por codos, reducciones de diámetro, válvulas o llaves, o cualquier obstrucción que encuentre el agua que le impida seguir circulando en línea recta. La ecuación para calcular estas pérdidas está dada por:

$$H_s = \sum \lambda = \sum \left(K \times \frac{V^2}{2 \times g} \right), \text{ donde:}$$

H_s = Pérdidas debidas a accesorios en la conducción (mca).

λ = Pérdida de carga localizada (mca).

K = Constante adimensional de coeficiente de resistencia que depende del tipo de accesorio.

V = Velocidad de circulación del agua (m/s).

g = Aceleración de gravedad (9,81 m/s²).

Para facilitar el cálculo, se puede emplear el método de longitud equivalente, que consiste en asignar un tramo de longitud de tubería que presente una pérdida de carga equivalente a cada accesorio de la tubería. En consecuencia, la formulación anterior se puede asemejar a la expresión de cálculo de las pérdidas primarias, en la siguiente forma:

$$H_s = \sum \lambda = J \times \Delta L, \text{ donde:}$$

H_s = Pérdidas debidas a accesorios en la conducción (mca).

$$J = \text{Pérdida de carga unitaria (mca/m): } J = f \times \frac{1}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}.$$

ΔL = sumatorio de todas las longitudes equivalentes correspondientes a todos los accesorios incluidos en el tramo considerado.

Los valores de longitud equivalente se muestran a continuación, para los diferentes accesorios que aparecen en la conducción (en función del diámetro de la tubería):

ACCESORIO	L_{eq}						
	4"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1 1/4"	1"
Cono de reducción	3,00	2,30	2,00	1,30	1,00	0,85	0,65
Codo 90°	2,21	2,01	1,94	1,71	1,32	1,01	0,76
Te 90° (confluencia de ramal)	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
Te 90° (derivación a ramal)	6,90	6,20	5,50	5,00	4,60	4,10	3,60
Válvula de retención	4,85	3,40	2,65	1,90	1,50	1,15	0,75

Válvula de compuerta abierta	1,09	0,81	0,69	0,55	0,44	0,36	0,26
------------------------------	------	------	------	------	------	------	------

Para cada tramo de tubería, del ramal sometido a estudio, se determina el número de accesorios que aparecen. En nuestro caso tenemos la siguiente tabla resumen del recorrido más desfavorable estudiado.

TRAMOS	ACCESORIOS	Nº ACCESORIOS	TUBERÍA	L (m)	ΔL (m)
A	Codo 90°	4	1 ½"	1,32	5,28
	Válvula de compuerta abierta	2	1 ½"	0,44	0,88
	Σ				6,16
B	Cono de reducción	1	2"	1,30	1,30
	Codo 90°	1	2"	1,71	1,71
	Válvula de compuerta abierta	1	2"	0,55	0,55
Σ				3,56	
C	Codo 90°	10	2"	1,71	17,10
	Te 90° (confluencia de ramal)	10	2"	0,60	6,00
	Válvula de retención	2	2"	1,90	3,80
	Válvula de compuerta abierta	12	2"	0,55	6,60
Σ				33,50	

Con estos datos se obtienen los siguientes resultados, a modo de tabla:

TRAMO	Q (m ³ /s)	D (in)	D (m)	V (m/s)	L (m)	ΔL (m)	Re	f	H_p (m)	H_s (m)	H_r (mca)
A	0,001667	1,5	0,038	1,462	4	6,16	55156,84	0,0319	0,365	0,562	0,927
B	0,001667	2	0,051	0,822	4	3,56	41367,63	0,0304	0,083	0,073	0,156
C	0,003334	2	0,051	1,645	93	33,50	82735,26	0,0291	7,349	2,647	9,996
Σ									7,796	3,283	11,079

Por lo tanto:

Pérdidas por rozamiento: $H_r = 11,079$ mca.

Altura geométrica de aspiración: $H_a = 0$ mca.

Altura geométrica de impulsión: $H_i = 18$ mca.

Presión de servicio: $P_s = 40$ mca.

Sustituyendo en la fórmula obtendremos una altura manométrica de:

$$H_m = H_r + H_a + H_i + P_s = 11,079 + 0 + 18 + 40 = 69,079 \text{ mca.}$$

En consecuencia, se proyecta un grupo de bombeo según normativa UNE 23-500-90, serie AQUAFIRE AFU-ENR 32-250/11 EJ de EBARA (o similar), capaz de aportar un caudal de 12 m³/h a 75 mca, compuesto por 1 bomba principal eléctrica de 11 kW (15 CV) y una bomba jockey eléctrica de 1,85 kW (2,5 CV), superando así las pérdidas calculadas.

2.1.1.3 Capacidad de reserva contra incendios del aljibe

Se calcula, como ya se ha nombrado con anterioridad, suponiendo un funcionamiento simultáneo de dos BIE de 25 mm durante una hora. Por lo tanto, dicha reserva tiene el siguiente volumen:

$$C_{CPI} (m^3) = 2 \times Q_{BIE,25mm} \left(\frac{m^3}{h} \right) \times 1 (h) = 2 \times 100 \left(\frac{l}{min} \right) \times \left(\frac{60 \text{ min}}{1 h} \right) \times \left(\frac{1 m^3}{1000 l} \right) \times 1 (h) \rightarrow$$
$$\rightarrow C_{CPI} = 12 m^3.$$

Las Palmas de Gran Canaria, mayo de 2009
INGENIERO INDUSTRIAL

Agustín Juárez Navarro
Colegiado nº 713