

# EXPLOSIÓN DESPUÉS

# INMUEBLE FUGA AGUA

## Lecciones a difundir

Títol: Rotura del forjado de cubierta Autor: Miquel Rejat



**Miquel Rejat**  
Direcció General de Prevenció,  
Extinció d'Incendis i Salvaments  
Generalitat de Catalunya



**Daniel Queralt**  
Direcció General de Prevenció,  
Extinció d'Incendis i Salvaments  
Generalitat de Catalunya



**Jordi Sancho**  
Direcció General de Prevenció,  
Extinció d'Incendis i Salvaments  
Generalitat de Catalunya



**Eulàlia Planas**  
Centre d'Estudis del Risc Tecnològic (CERTEC)  
Universitat Politècnica de Catalunya

En este artículo se describe y analiza el accidente ocurrido el 3 de diciembre de 2008 en el municipio de Gavà, en la provincia de Barcelona. El objetivo es difundir entre todos los mandos de primera intervención, así como a todos aquellos que de una u otra forma se dedican a la prevención, planificación y extinción de incendios, las lecciones que se pueden extraer del análisis de este accidente para que puedan tenerse en cuenta en futuras actuaciones.

**E**n el momento de redactar este artículo el caso está pendiente de la correspondiente vista judicial; los autores describen lo sucedido como expertos por su vinculación profesional en el siniestro y con el conocimiento de sus intervenciones.

#### EL ACCIDENTE

A las 03:05 horas de la madrugada del miércoles 3 de diciembre de 2008 se produjeron una serie de deflagraciones en un inmueble aislado de 3 plantas con 12 viviendas de Gavà (véase un plano de situación en la Figura 1). Unos instantes antes el parque de bomberos de Gavà, perteneciente a la Región Metropolitana Sur (REMS) de la Dirección General de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamentos (DGPEIS) de la Generalitat de Catalunya, había iniciado una salida de asistencia técnica por una fuga de agua hacia la misma dirección del inmueble, cuando oyeron la explosión. Al llegar al destino, encuentran el edificio envuelto en llamas.

#### Cronología del accidente

A las 02:47 horas del día 3.12.2008 una vecina del inmueble afectado alerta a través del teléfono 112 de un escape de agua frente al número 1 de la calle "Camí de Can Espinós" de Gavà (Barcelona). La policía municipal acude al lugar y después de comprobar que efectivamente hay agua en la vía pública pasan comunicación para que los bomberos acudan al lugar y se desplazan hacia la carretera principal para facilitar el acceso del vehículo de bomberos. Durante el trayecto hacia la carretera se produce la deflagración seguida de un violento incendio.

A las 03:05 horas la central regional de bomberos recibe la alarma de explosión con incendio, también desde el 112 por la llamada de un vecino del lugar. Se ordena una salida ampliada –una bomba urbana pesada (BUP) con tres bomberos, una bomba rural pesada (BRP) con dos bomberos, una auto escala automática (AEA) con tres bomberos, más los jefes de sector y de guardia respectivos con sus vehículos de mando y conductores– siguiendo el protocolo de actuación establecido para situaciones con incendio en el interior de edificios. Inmediatamente al recibir información por emisora, el Jefe de guardia refuerza la salida conforme establece el protocolo –en este caso, dos BUP con tres bomberos en cada vehículo más un auto brazo articulado (ABA) con dos bomberos.

La llegada al siniestro se confirma a las 03:12 horas.

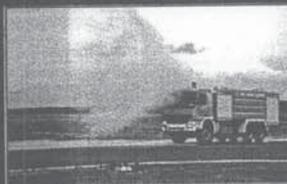


Figura 1. Situación general del inmueble afectado.  
Fuente: Instituto Cartográfico de Catalunya

Copyright (C) Institut Cartogràfic de Catalunya

# FLOMEYCA

## Soluciones contra Incendios



# GIMAEX

**FLOMEYCA, S.A.**

Pol. Ind. Campohermoso. Embalse, 4 D.  
28942. Fuenlabrada. Madrid.

Tel.: 916 075 448 • Fax: 916 070 226

[www.flomeyca.com](http://www.flomeyca.com)



Figura 2. Foto izquierda: Llamas en la calle. Foto derecha: Llamas en la fachada principal. Autor: Ramón Dinarés

Se encuentran con un edificio a cuatro vientos destruido y sin techado, con incendios generalizados en el interior y exterior, tanto en la fachada anterior como posterior. Los cascotes cubren la calle, los coches aparcados, los inmuebles vecinos y los alrededores del edificio. Las llamas son altas, de gas, de unos 4 a 6 m en algunas zonas; en la calle fluyen entre los cascotes de la fachada principal, en el portal de entrada y en los patios de alrededor; también sobre el edificio (ver Figura 2). Hay personas atrapadas dentro del inmueble y los vecinos ya han iniciado la evacuación y el traslado de aquellos ocupantes heridos que han conseguido salir al exterior. Se activan más medios de la REMS y se demanda ayuda a Bomberos de la ciudad de Barcelona.

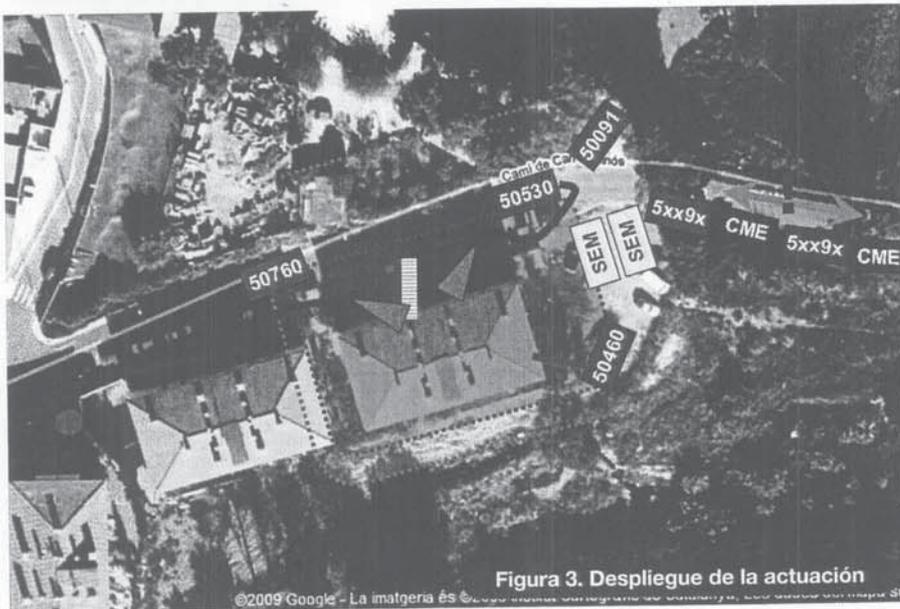


Figura 3. Despliegue de la actuación

La intervención es de auxilio a las personas atrapadas y de control de los incendios y las llamas; simultáneamente se pide a la central de la compañía del gas canalizado que corte el suministro a la zona; la interrupción del flujo en el ramal de distribución no se consigue hasta las 04:44 horas.

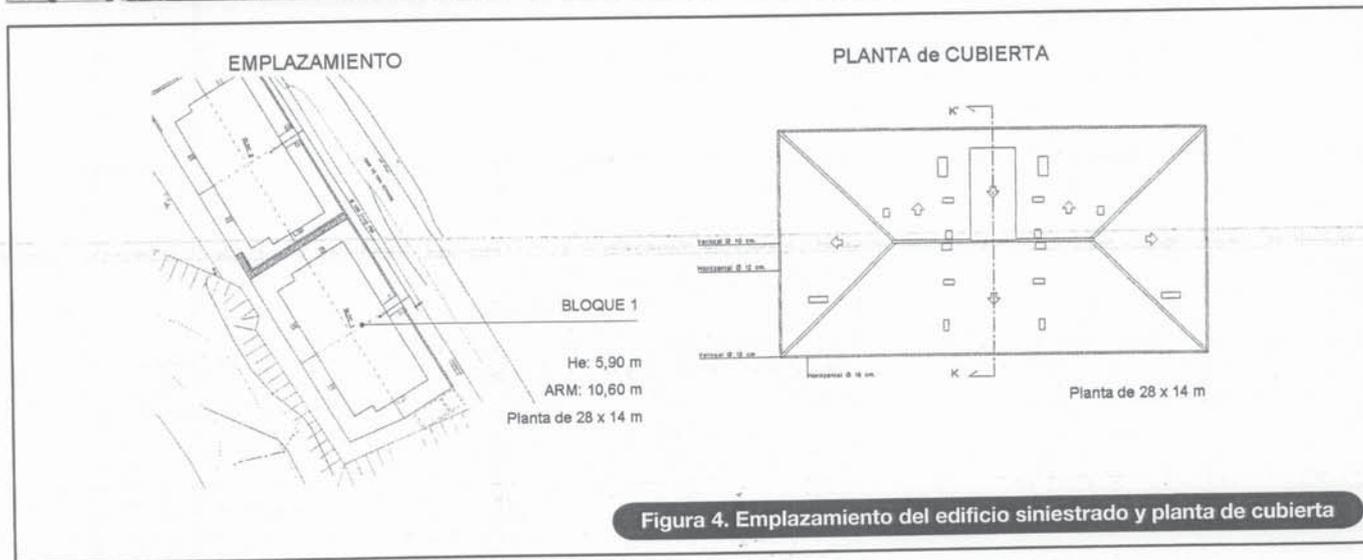


Figura 4. Emplazamiento del edificio siniestrado y planta de cubierta

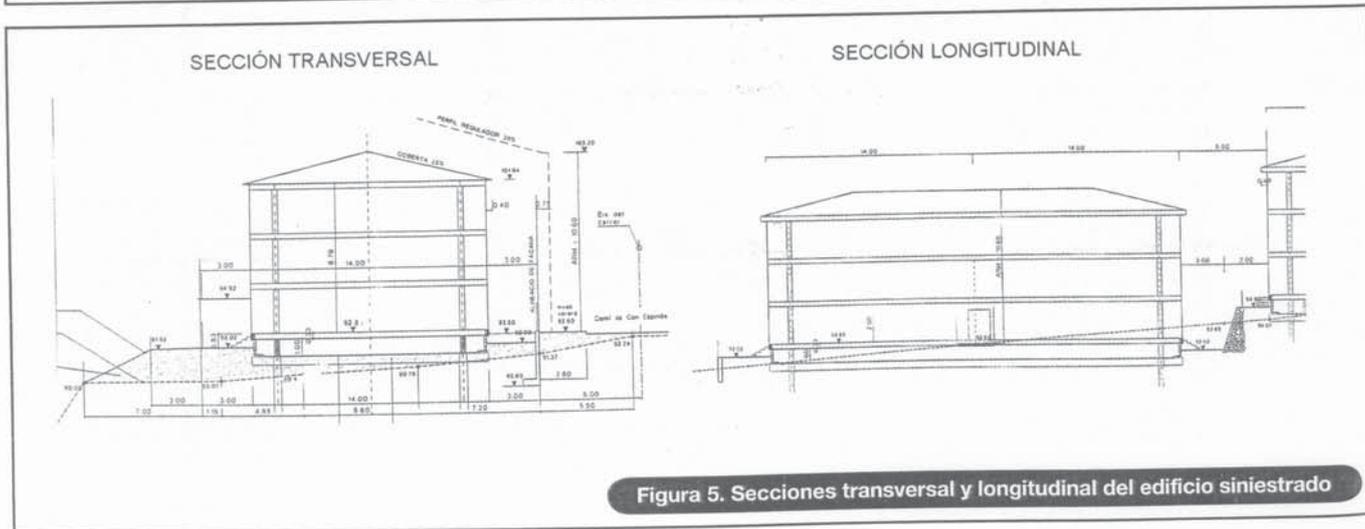
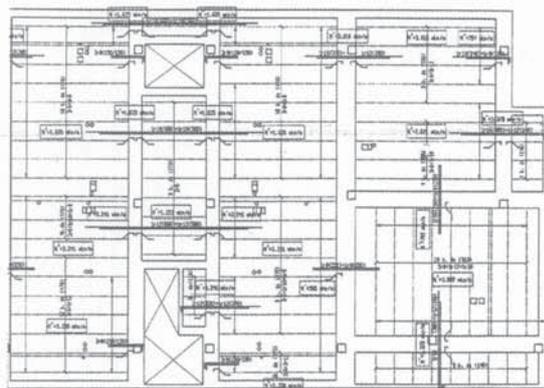


Figura 5. Secciones transversal y longitudinal del edificio siniestrado

ARMADO forjado tipo



ESTRUCTURA: parámetros de cálculo

ESTADO DE CARGAS		
Peso propio	250	kg/m <sup>2</sup>
Cubierta	200	kg/m <sup>2</sup>
Nieve	50	kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de uso	150	kg/m <sup>2</sup>
CARGA TOTAL	650	kg/m <sup>2</sup>
TIPOS DE FORJADO DE TECHO		
Canto	22+4	cm.
Intereje	70	cm.
MATERIALES		
Acero	AEH-500	f <sub>yk</sub> = 5100 kp/cm <sup>2</sup>
Hormigón	H-200	f <sub>ck</sub> = 200 kp/cm <sup>2</sup>
Nivel de control		NORMAL (EH-91)
Vs=	1.15	Acero
Vc=	1.5	Hormigón
Vf=	1.6	Acciones

Figura 6. Esquema de armado en el forjado y parámetros de cálculo de la estructura

El incendio queda extinguido totalmente a las 04:54 horas; se procede de inmediato al reconocimiento del edificio. Los medios desplazados hasta este momento corresponden a 8 autobombas, 3 unidades de altura, 3 ambulancias, 1 unidad logística y 7 unidades de jefatura con un total de 53 bomberos; además estaban también los dispositivos movilizadas por la policía, el Servicio de Emergencias Médicas (SEM) y el Ayuntamiento.

La singularidad del suceso y la magnitud de los daños ocasionados (28 personas hospitalizadas de las cuales 6 fallecieron los días inmediatamente posteriores, 11 familias sin hogar, cascos repartidos a 40 m de distancia) provocan la activación de los recursos necesarios para aclarar con detalle lo ocurrido.

**Características del inmueble afectado**

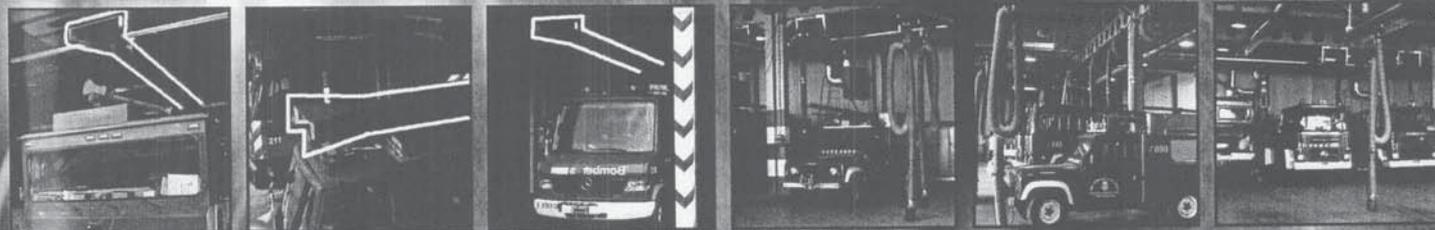
El edificio es de promoción públi-

ca (ADIGSA), construido en 1997. La Figura 4 y la Figura 5 corresponden a una reproducción de los planos de emplazamiento, cubierta y secciones.

Los forjados son de hormigón armado construido in situ y aligerado con piezas cerámicas. La Figura 6 muestra el armado tipo del forjado así como los parámetros de cálculo. En resumen el techo soporta una sobrecarga de 200 kg/m<sup>2</sup>, la rotura se produciría a partir de los 500 kg/m<sup>2</sup>.

**EXTRACCIÓN DIRECTA DESDE EL TUBO DE ESCAPE**

Desde 1973...



*barin más soluciones*

Patentada por Plymovent® y específicamente diseñada para vehículos de emergencia, la conexión hermética Grabber® con doble desconexión, automática y de seguridad, es el único sistema que puede garantizar el 100% de extracción de los gases de escape.

**En gases de escape Barin-Plymovent es la solución.**

**barin**

P. I. Río Janeiro | C/Cañamarejo, 1 | 28110 Algete (Madrid)

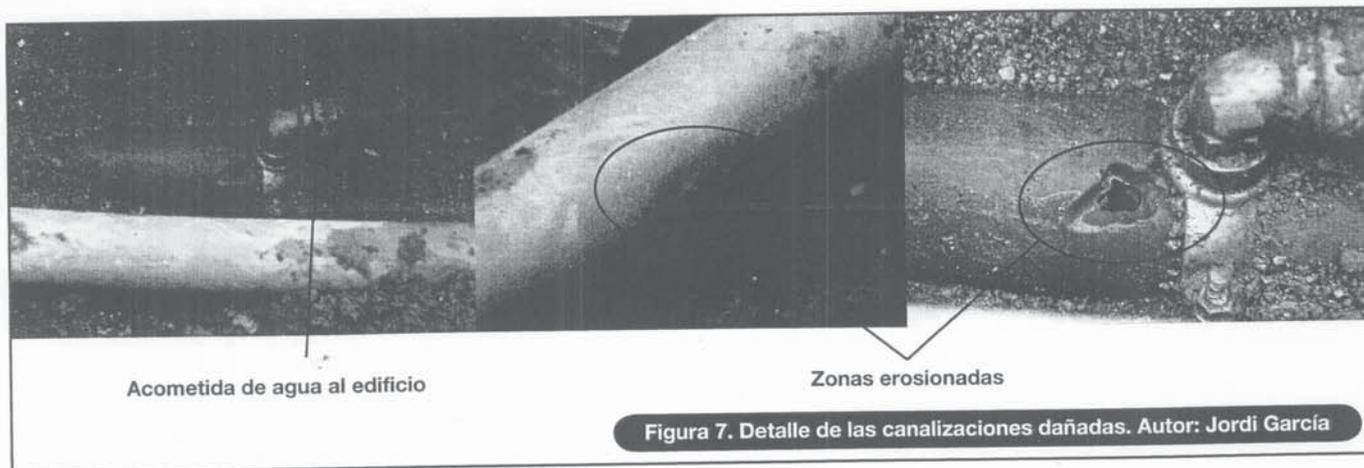
Tel.: 91 628 14 28 | Fax: 91 629 19 96

E-mail: info@barin.es - www.barin.es



**DELEGACIONES**

País Vasco y Cantabria | Cataluña | Aragón | Navarra-La Rioja | Comunidad Valenciana | Castilla-León | Andalucía | Galicia | Baleares | Canarias



### ANÁLISIS DEL ACCIDENTE

La investigación llevada a cabo por la Unidad territorial de la Policía Científica (metropolitana Sur) de la Policía de la Generalitat - Mossos d'Esquadra junto con Bombers permite alcanzar el origen supuesto del accidente: unas lesiones visibles y evidentes en las canalizaciones urbanas (enterradas bajo la acera) de distribución de gas natural y agua (véase la Figura 7).

El gas natural llegaba al punto afectado a media presión (4 bar abs.) en un tubo de polietileno amarillo de 90 mm de diámetro. La canalización de agua corresponde al tubo de plástico azul de 110 mm de diámetro.

La lesión en la canalización de agua es doble, en la junta de acometida al edificio y sobre el cuerpo del tubo. Esta segunda lesión es de apariencia elíptica, con una rotura -de unos 2 cm<sup>2</sup>- producida por presión del interior del tubo, y se observa claramente una erosión exterior debida, sin duda alguna, a la salida de agua a través de la junta de acometida dañada.

La lesión en la canalización de gas corresponde a una pérdida de material por abrasión sobre una longitud de 25 cm, con una rotura astillada, circular, de unos 2 cm de diámetro. Se hacen pruebas y se corrobora que el chorro de agua, fluyendo por la perforación, impacta y abraza la superficie dañada del conducto de gas, que se encuentra a unos 30 cm de distancia.

A pesar de haber hallado el origen de la fuga de gas quedaban aún algunas preguntas por responder, por ejemplo,

## La investigación permite alcanzar el origen supuesto del accidente ●

### Fuga en estado gaseoso

Tubo de 9 cm de diámetro  
 Alimentación por presión constante manométrica 4 kg/cm<sup>2</sup> Fuga en Pa 405200 Pa  
 Tamaño de la rotura en fuga 2,2 cm de diámetro 0,022 m de diámetro  
 Espacio confinado de 500 m<sup>3</sup>  
 Temperatura exterior 10 °C 283 °K  
 Presión atm. 1013 mbars 1 atm 101300 Pa

Se considera que se mantienen constantes la presión y el caudal de gas.

Composición Aprox. Gas Natural				P cte.	V cte.	= P-1,99 cal/mol °C
				Cal/mol °K		
Metano	CH <sub>4</sub>	91-95	91	0,91	8,651	7,97241
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2-6	5	0,05	12,95	0,8475
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0-2	2	0,02	9,004	0,18008
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0-2	2	0,02	18,17	0,3634
Nitrógeno	N	0-1	0	0	6,956	0
			100	1		9,06339 7,07339

Coeficiente adiabático  $\frac{C_p}{C_v}$  1,26139911 k

	g/mol	
C	12,011	
H	1,008	
O	15,999	
N	14,007	
1	4	16,043 14,59913
2	6	30,07 1,5035
1	2	44,009 0,88018
3	8	44,097 0,88194
1		14,007 0

17,95475 Peso molecular  
 28,96 Aire  
 0,61687673 densidad gas/aire (peso específico)

1 m<sup>3</sup> 4  
 Densidad 1,29285714  
 0,79783348 Kg/m<sup>3</sup>

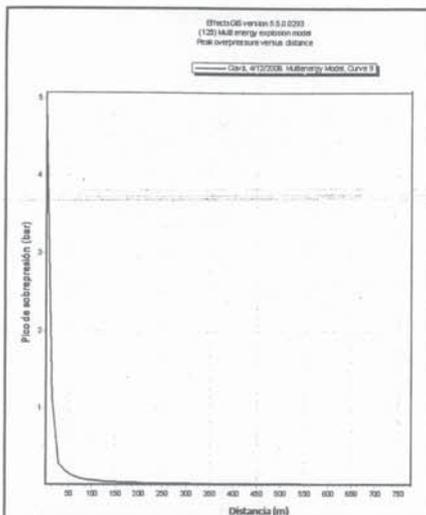
Determinación del régimen de fuga  
 P atm/P man. 0,25 Régim cúbico  
 $(2/k+1)^2(k/(k-1))$  72,4416322  
 0,876679238 4,55446734 0,54912338

Presión de fuga 222504,793 Pa 2,19649351 kg/cm<sup>2</sup>  
 Densidad real  
 $mv=(PM)/RT$  7238,7967 2352,862 3,07859212 Kg/m<sup>3</sup>

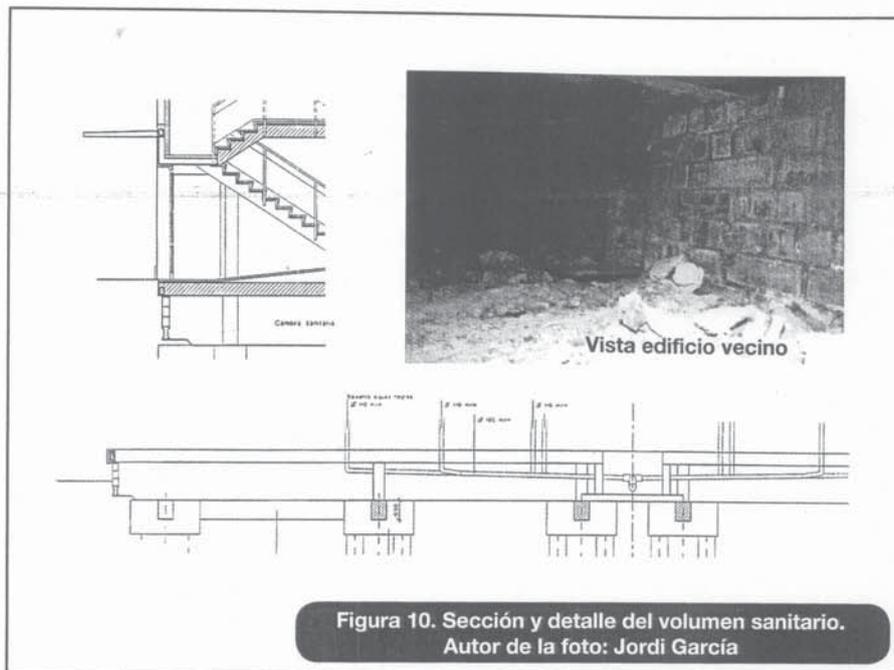
Calcul del cabal a partir de les ecuacions de Bernoulli  
 $Q=Cd^2S^2\sqrt{g(P^2D^2(2k+1)^2(k+1k-1))}$   
 0,00022808 1597358,6 0,34395303  
 741,2262401  
 0,169058864 Kg/s  
 0,211876811 m<sup>3</sup>/s 763,116519 m<sup>3</sup>/h  
 18314,7965

**A destacar, en resumen:**  
 Perforación circular de 20 a 25 mm  
 Presión de fuga en gas: 222 kPa  
 Caudal de fuga\* : 0,21 m<sup>3</sup>/seg  
 \* gas a presión atmosférica

Figura 8. Datos de distribución del gas natural y cálculo del caudal de fuga



**Figura 9. Valores de sobrepresión alcanzados considerando la deflagración del volumen bajo cubierta, utilizando el método multienergía con un grado de confinamiento máximo**



**Figura 10. Sección y detalle del volumen sanitario. Autor de la foto: Jordi García**

¿cuánto tiempo debe durar la fuga para poder alcanzar los límites de inflamabilidad dentro del edificio?, ¿es posible que la acumulación de gas provoque la destrucción ocurrida?, ¿es posible que el olor a gas pase desapercibido al vecino que alerta de la fuga de agua y a la patrulla municipal que se desplaza para verificar la alarma? A continuación se da respuesta a todas estas preguntas.

### ¿Cuánto tiempo debe durar la fuga para poder alcanzar los límites de inflamabilidad dentro del edificio?

No es posible saber exactamente dónde se inició la deflagración ni si en el momento en que esta se produjo el gas había alcanzado todos los huecos del edificio. Es razonable, no obstante, partir de esta hipótesis y estimar el tiempo necesario para que el gas llenase todos los huecos del edificio que estaban directamente comunicados con el punto donde se produjo la fuga, sin considerar ni la escalera de acceso a las viviendas ni las propias viviendas. Así pues, para llenar el volumen del espacio bajo cubierta (unos 155 m<sup>3</sup>), el gas debía partir del volumen sanitario de la planta baja (unos 392 m<sup>3</sup>) y ascender por los huecos verticales de comunicación (unos 90 m<sup>3</sup>) a través de los cuales se distribuyen los distintos servicios (agua, gas, electricidad, teléfono, etc.) y ocupar los volúmenes inmediatos (unos 34 m<sup>3</sup>). En conjunto se calcula un espacio de 671 m<sup>3</sup>.

Teniendo en cuenta que los límites de inflamabilidad del gas natural, inferior y superior respectivamente, son del 4,7% y 15% (ambos porcentajes en volumen),

se necesitarían aproximadamente 34 m<sup>3</sup> de gas para alcanzar el límite inferior de inflamabilidad.

Partiendo de los datos de distribución del gas natural que se detallan en la Figura 8, se puede determinar<sup>1</sup> que para la perforación circular producida (2,2 cm de diámetro) la presión del gas en el orificio de salida es de 222 kPa, lo cual supone un caudal del mismo a presión atmosférica de 0,21 m<sup>3</sup>/s (12,7 m<sup>3</sup>/min). Es decir que únicamente se necesitarían 149 segundos (2 min 29 s) para alcanzar el límite inferior de inflamabilidad en el volumen de 671 m<sup>3</sup> considerado.

### ¿Es posible que la acumulación de gas provoque la destrucción ocurrida?

Para comprobarlo se han realizado una serie de cálculos mediante el software comercial EFFECTS, utilizando el método multienergía. La simulación se ha realizado considerando únicamente el volumen bajo techo y distintos grados de confinamiento elevado puesto que el gas se encontraba dentro de un volumen prácticamente cerrado. Los resultados obtenidos en estas condiciones indican que la explosión puede generar una sobrepresión de entre 1 y 5 bar (es decir entre 10 y 50 tn/m<sup>2</sup>, más de 20 veces superior a la sobrecarga de rotura). La curva de sobrepresión gene-

rada correspondiente a los cálculos con un grado máximo de confinamiento se puede ver en la Figura 9.

A efectos comparativos cabe destacar aquí que sobrepresiones de 0,32 bar rompen elementos de hormigón armado, de entre 0,33 bar y 0,47 bar destruyen casas y de 0,67 bar pueden destruir edificios. En el caso de la explosión que se está analizando las sobrepresiones generadas se ha estimado que superaron con creces estos valores.

### ¿Es posible que el olor a gas pase desapercibido al vecino que alerta de la fuga de agua y a la patrulla municipal que se desplaza para verificar la alarma?

Efectivamente, conforme a la hipótesis desarrollada, para alcanzar el límite inferior de inflamabilidad en los volúmenes ocultos del edificio se precisaban poco más de 2 min desde el momento en que se produjo la perforación en la conducción de gas (por la forma astillada de esta se puede suponer que la rotura inicial es similar al tamaño final observado). La penetración de gas se produce con toda certeza por debajo de la acera, principalmente junto con el agua de escorrentía que penetra en el volumen sanitario de la planta baja (véase la Figura 10); asciende por los conductos de distribución eléctrica y se

**Una pérdida prolongada en la red de agua, en trama urbana, puede dañar todas las canalizaciones cercanas ●**



Figura 11. Foto izquierda: Detalle del acceso al volumen bajo cubierta (bloque 2). Foto derecha: Interior del volumen bajo cubierta (bloque 2). Autor: Héctor Serrat

distribuye por la última planta pene-trando en el volumen bajo cubierta por la rejilla de acceso y ventilación (Figura 11).

Las superficies de aireación exterior del volumen bajo cubierta se sitúan en el plano horizontal inferior, resultando insuficientes para la aportación de gas recibida (Figura 12).

En los primeros 3 minutos se produce la ignición probablemente con cualquier contacto eléctrico próximo a los huecos verticales de las conducciones eléctricas o de ventilación. Hay que tener en cuenta que la energía de activación para el gas natural es de 0,25 mJ, y

que la energía que genera el cierre de un circuito eléctrico doméstico es del orden de 100 veces superior.

Esa primera deflagración se extiende casi instantáneamente al volumen bajo cubierta (la velocidad de llama del gas metano, en condiciones normales, es de 3,5 m/s) provocando la demole-dora explosión, también alcanza las fachadas inmediatas y el volumen de la planta baja, alimentando una nueva deflagración y la rotura de las con-ducciones de acometida de gas a las viviendas en ese frente de fachada.

Todo ello ocurre después de haber dado la alarma primera, momento en

que, por el análisis realizado, no se pre-sume que hubiese fuga de gas.

#### LECCIONES A DIFUNDIR

- Una pérdida prolongada en la red de agua, en trama urbana, puede dañar todas las canalizaciones cercanas (gas, electricidad, telefonía, etc.).
- En intervenciones por fugas de agua en la vía pública debe usarse el explosímetro. Cuando se controla la fuga deberá verificarse que no existan escapes de gas.
- La lesión que provoca el agua sobre la canalización de gas facilita su difu-sión por el mismo itinerario de esco-rrentía del agua.
- La acumulación de gas en volúme-nes cerrados de la edificación (forjado sanitario, elementos cerámicos y cáma-ra de cubierta), dentro de los límites de inflamabilidad, puede ser cuestión de pocos minutos ●

## En intervenciones por fugas de agua en la vía pública debe usarse el explosímetro ●

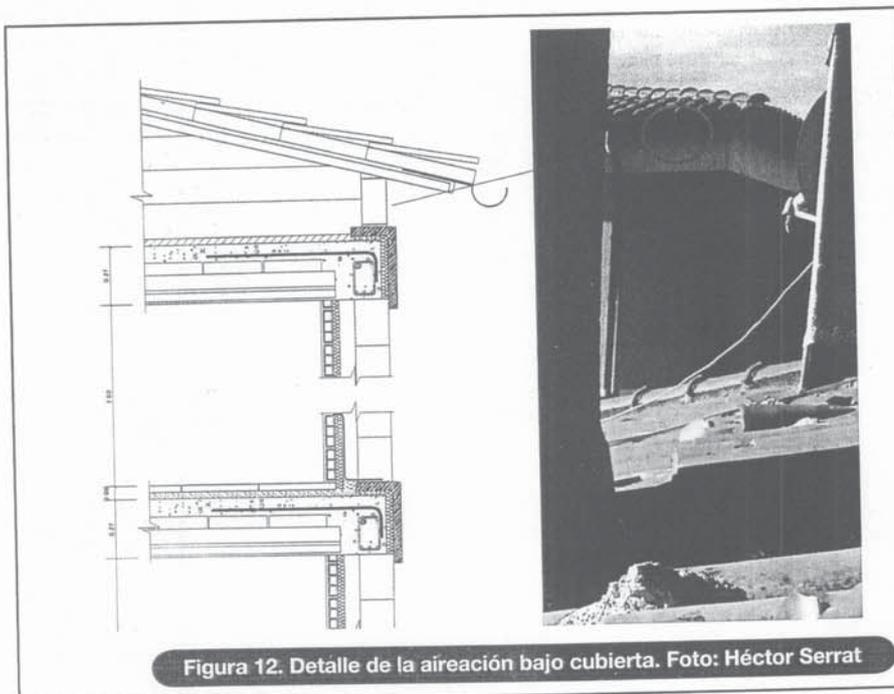


Figura 12. Detalle de la aireación bajo cubierta. Foto: Héctor Serrat

<sup>1</sup> Fuente utilizada: "Guide d'Intervention Face au Risque Chimique", Fédération Nationale des Sapeurs Pompiers Français, 1993. Los resultados se han contrastado además con el software ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres, disponible en la web: [www.epa.gov/emergencies/content/cameo/aloha.htm](http://www.epa.gov/emergencies/content/cameo/aloha.htm)).

<sup>2</sup> El programa EFFECTS, desarrollado por la compañía holandesa TNO, permite realizar cálculos sobre los efectos producidos por emisiones accidentales de sustancias peligrosas, incluye cálculos de incendios, explosiones y fugas tóxicas.

Para la realización de este trabajo se ha contado con las sinergias generadas en el GRIE (Grup de Recerca en Investigació d'Incendis i Explosions) del Institut de Seguretat Pública de Catalunya; grupo del que son miembros Eulàlia Planas y Miquel Rejat.