

Figura 3. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T3, T7, T11 y T15

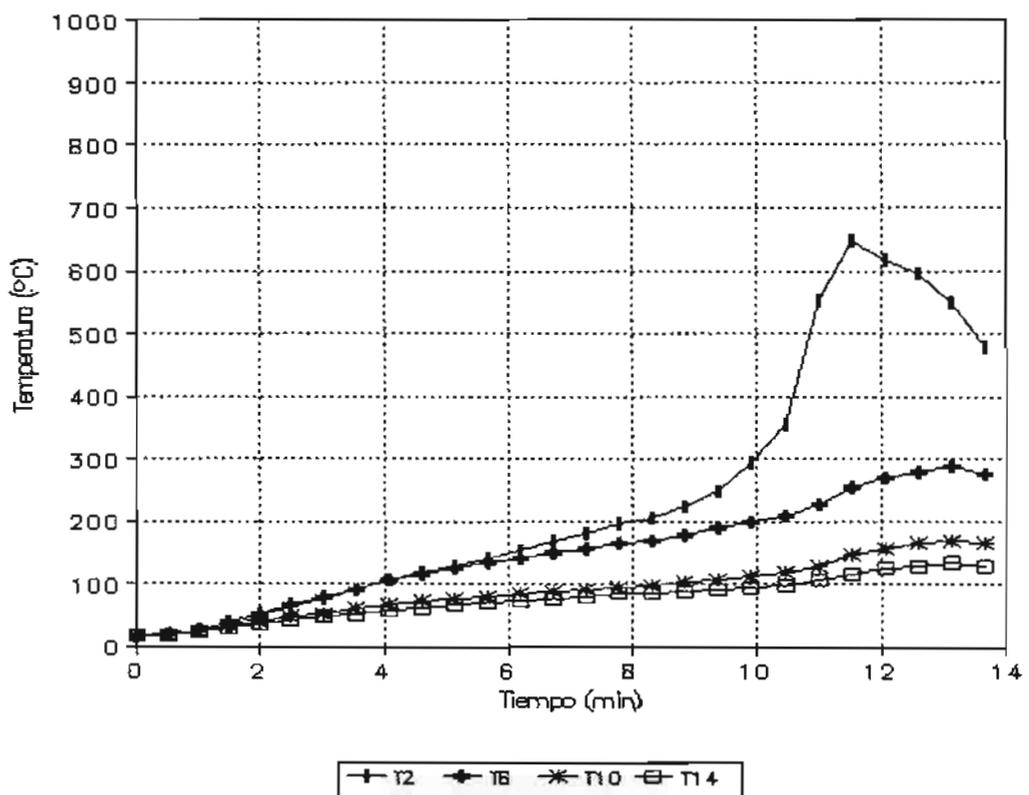


Figura 4. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T2, T6, T10 y T14

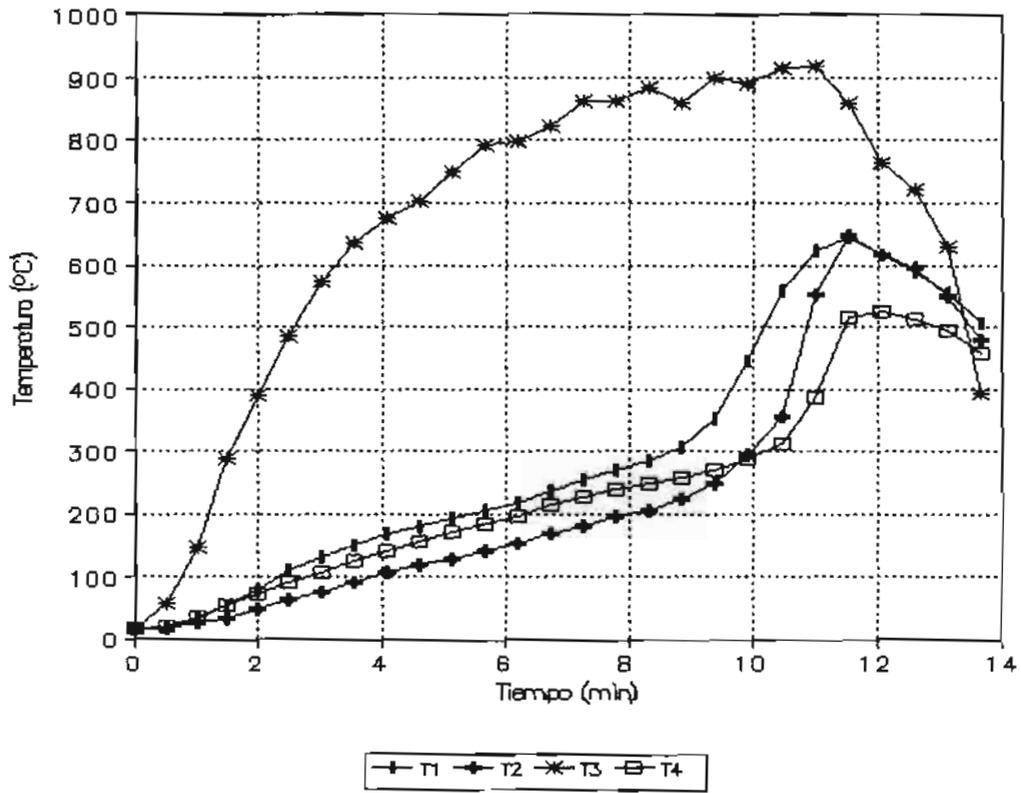


Figura 5. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T1, T2, T3 y T4

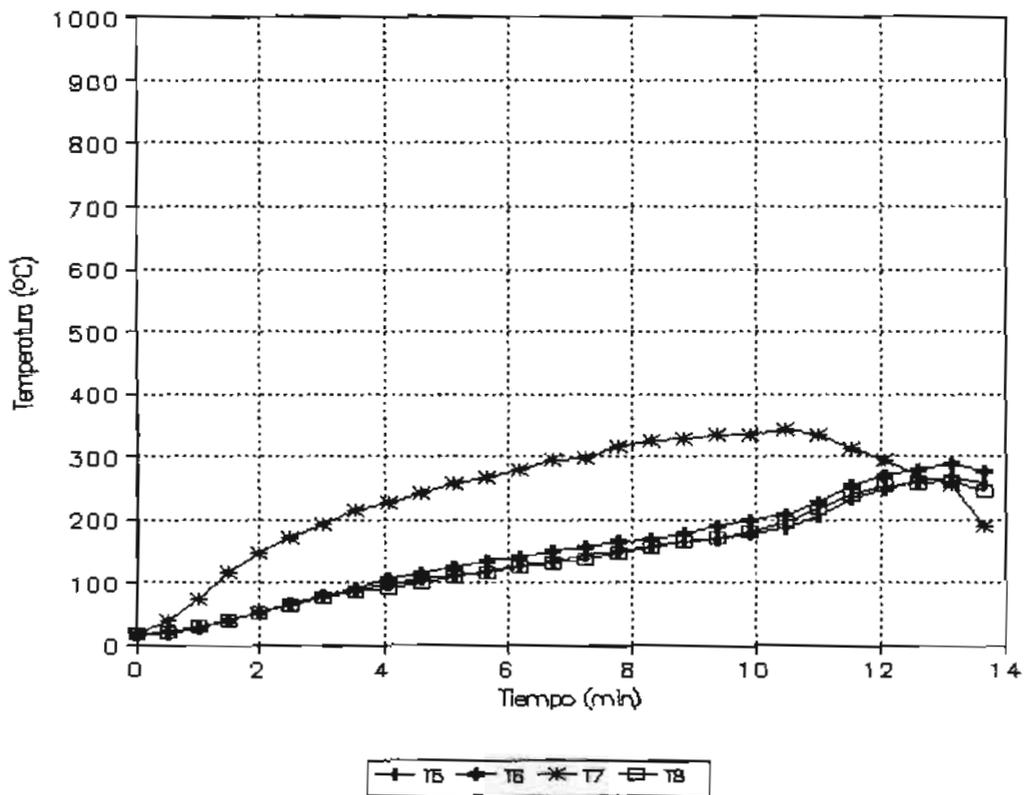


Figura 6. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T5, T6, T7 y T8

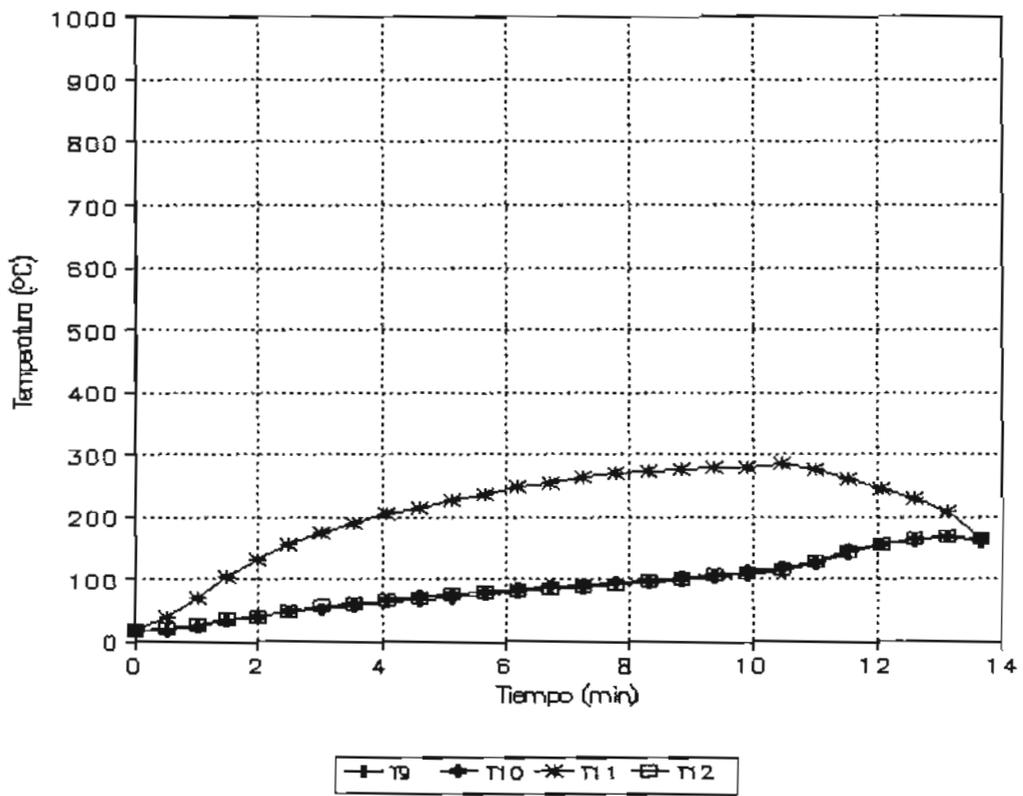


Figura 7. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T9, T10, T11 y T12

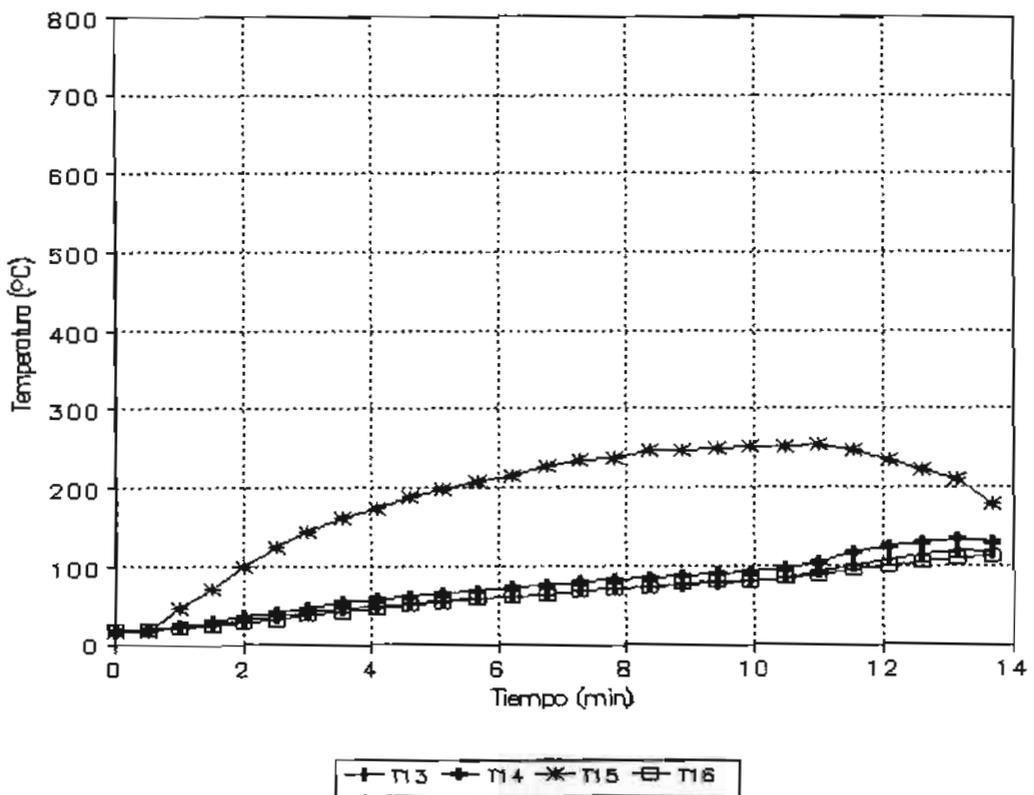


Figura 8. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T13, T14, T15 y T16

## 6. OBSERVACIONES

En el desarrollo del ensayo no se produce la inflamación del material.

Tras la realización del ensayo el material se mantiene en su posición inicial.

La placa situada en la vertical de la fuente de ignición ha resultado muy deteriorada, presentando grietas y fisuras que provocan su ruptura al desmontarla.

El resto de placas han resultado solamente ahumadas, estando el material aislante poco dañado.

La capacidad de aislante termico de este material se reduce cuando se producen grietas o fisuras (minuto 10 de ensayo) que permiten el paso del calor (llamas y gases calientes) al interior del hueco formado entre el techo y el falso techo.

## 7. FOTOGRAFIAS

Se incluyen algunas fotografías tomadas durante el desarrollo del ensayo, que también fue filmado en video.

Fotografías 1 y 2. Vista general del canal con el falso techo instalado.

Fotografías 3 a 9. Desarrollo del ensayo.

Fotografías 10. Vista general tras el ensayo.

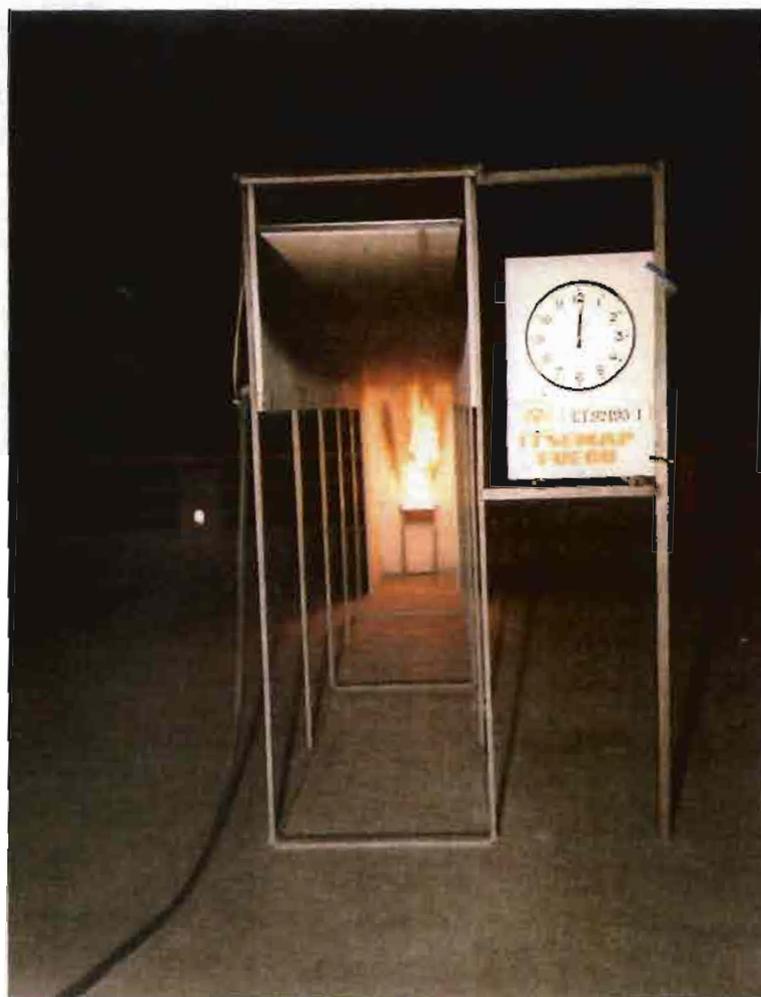
Fotografías 11. Vista detalle de las placas situadas más próximas a la fuente de ignición.



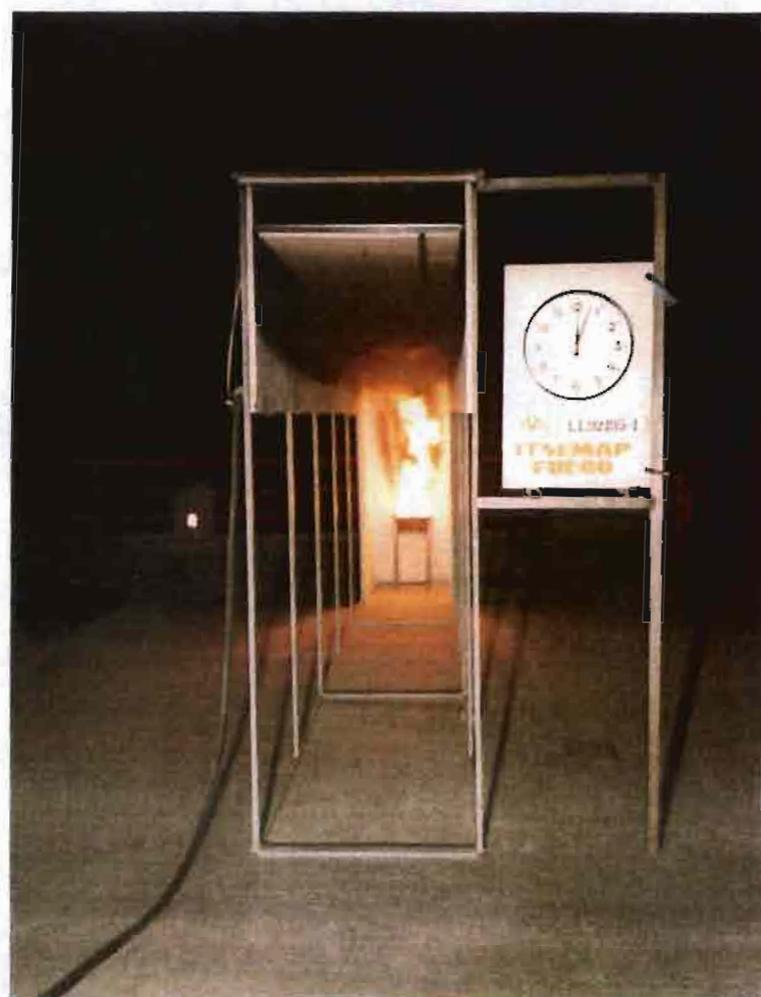
Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5



Fotografía 6



Fotografía 7



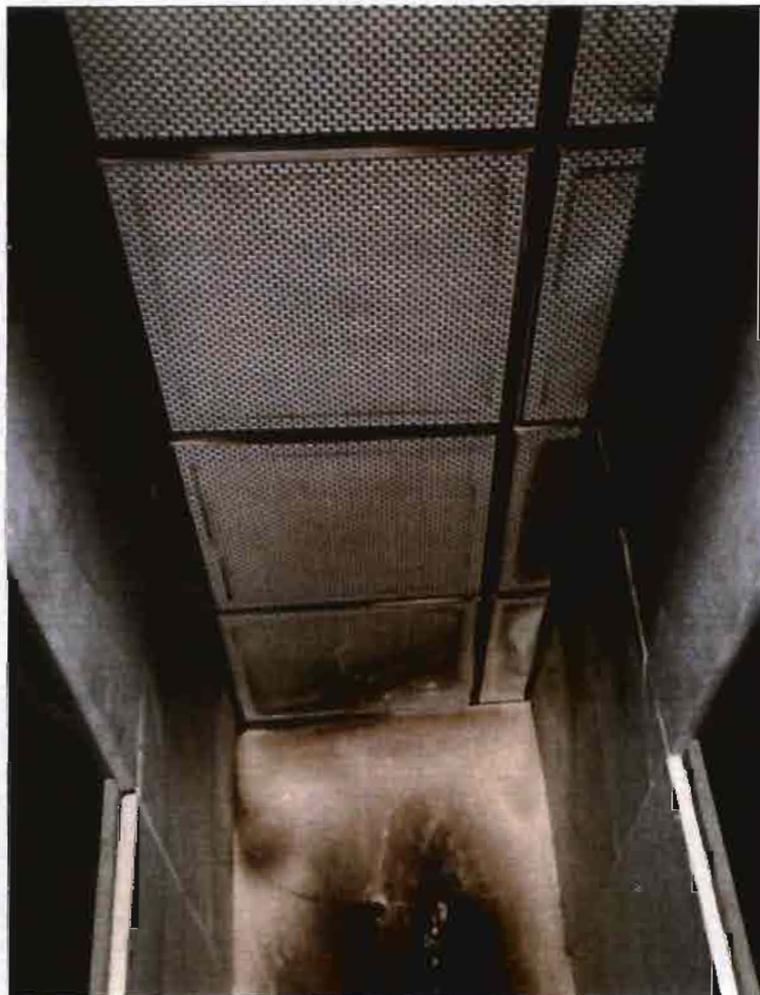
Fotografía 8



Fotografía 9



Fotografía 10



Fotografía 11

ANEXO I.T. 92416

## ENSAYO EN EL CANAL

de

ESPUMA DE POLIURETANO PROYECTADA  
SOBRE PLACA DE  
URALITA ONDULADA

para

MAPFRE  
Madrid

I.T. 92416

San Agustín, 30 de noviembre de 1992



SOLICITANTE MAPFRE  
Madrid

MATERIAL Espuma de poliuretano proyectada sobre placa de  
URALITA ondulada  
Densidad aproximada de la espuma 35 kg/m<sup>3</sup>

FECHA DE RECEPCION 1992.10.19

FECHA DE REALIZACION 1992.11.24

ENSAYOS EFECTUADOS Ensayo del Canal.

RESULTADOS Los resultados obtenidos figuran en las hojas de datos  
anexas.

Fdo.: J. Labrador  
Director del Laboratorio



Fdo.: J. Martín-Tesorero  
Jefe Area de Materiales

San Agustín, 30 de noviembre de 1992

**NOTA**

Este informe contiene exclusivamente la exposición de los resultados obtenidos en los análisis, pruebas o ensayos a que han sido sometidas las muestras de materiales, piezas o equipos presentados por los solicitantes. A las conclusiones que en él se formulan no puede dárseles, en ningún caso, mayores alcance y significado que los que permite establecer la experimentación realizada.

Los resultados indicados son solamente aplicables y válidos para las muestras sometidas a ensayo y, por tanto, no son ampliables a materiales o equipos similares, ni al resto de la producción de los elementos ensayados.

Este documento no podrá publicarse ni reproducirse, total o parcialmente, sin la debida autorización de la Dirección de ITSEMAP. Cuando este documento, por autorización expresa de ITSEMAP, forme parte de un documento más amplio, deberá hacerse mención expresa de su procedencia, en cualquier circunstancia.

Solicitado por MAPFRE se procedió a realizar un ensayo en el canal de una espuma de poliuretano proyectada sobre placa de URALITA ondulada, colocada como techo, a fin de estudiar su comportamiento frente al fuego.

## 1. DESCRIPCION DEL ENSAYO

El ensayo se lleva a cabo en un recinto rectangular, construido según las especificaciones de Factory Mutual Research Co.

El recinto de ensayo (Figura 1) consiste en:

1. Una estructura metálica rectangular de 7,30 m de longitud, 0,76 m de anchura y 2,44 m de altura, recubierta en su interior por placas de material incombustible. Los dos tercios inferiores de las paredes laterales del canal están abiertas para permitir el libre acceso del aire a la intersección paredes-techo.
2. La fuente de ignición utilizada es heptano (4 litros y 2 litros de agua) contenido en un recipiente de hierro (30,5 cm de largo, 30,5 cm de ancho y 10,2 cm de alto). Está situada a 2,5 cm de la pared posterior, equidistante respecto a las paredes laterales, y a 59,0 cm del suelo.
3. Se registra continuamente la temperatura mediante termopares de Chromel-Alumel, instalados con la soldadura situada en el aire a 2,5 cm por debajo del techo del canal, según la distribución de la Figura 2.

## 2. MATERIAL ENSAYADO

El ensayo se realizó sobre una espuma de poliuretano proyectada sobre placa de Uralita ondulada, con un espesor aproximado de espuma de 2 a 4 cm. Las placas de uralita se sujetaron formando el techo del canal.

Se instalaron 8 placas de 110 cm de longitud y del ancho del canal, montados los extremos de unas en otras.

Para su identificación se numeraron de 1 a 8, empezando por la que se sitúa encima de la fuente de ignición.

La aplicación de la espuma fue realizada in situ por un aplicador profesional con polioli e isocianato de la casa SYNTHESIA ESPAÑOLA, S.A. La densidad resultante de la espuma es de unos 35 kg/m<sup>3</sup>.

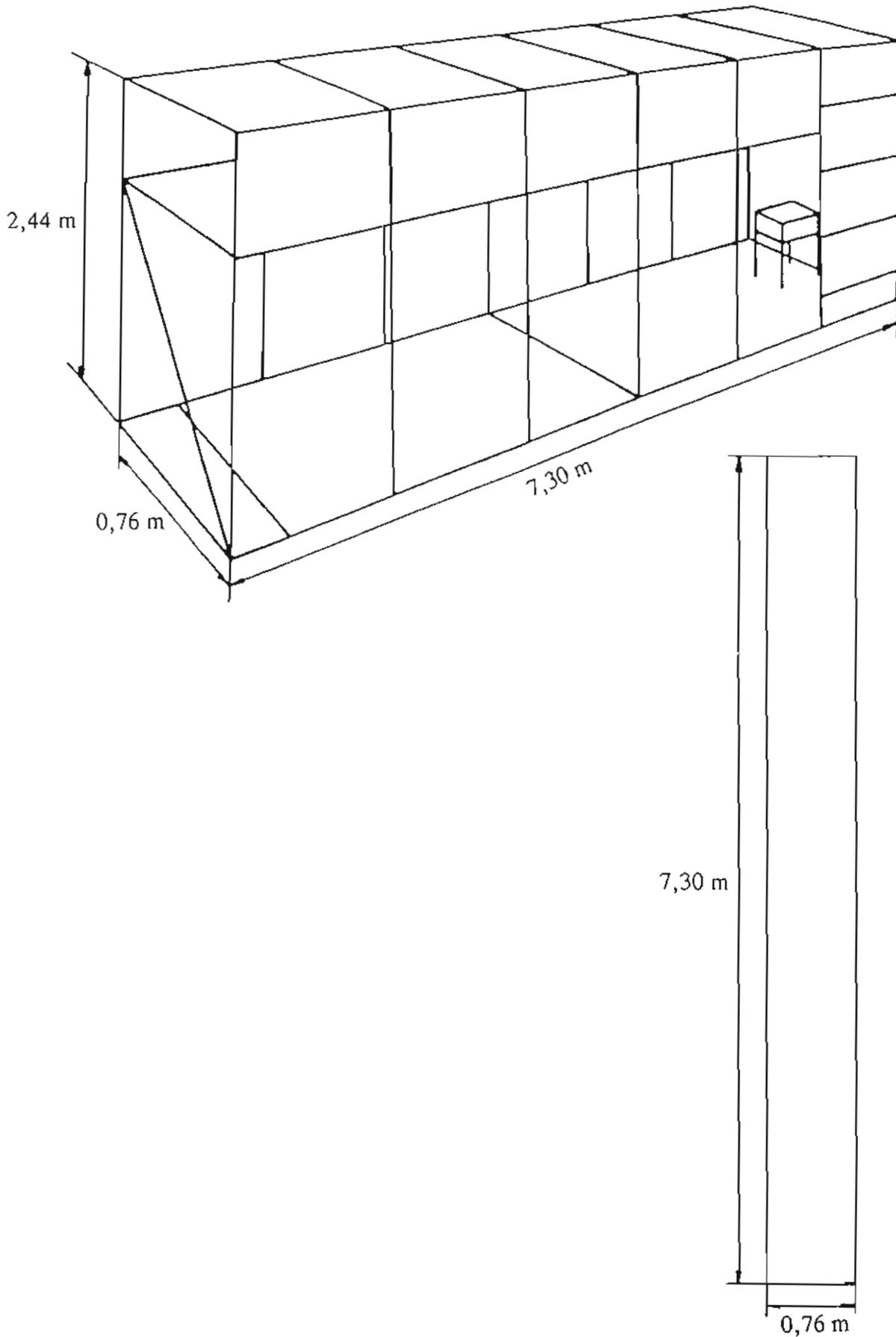


Figura 1. Recinto de ensayo. Medidas del canal.

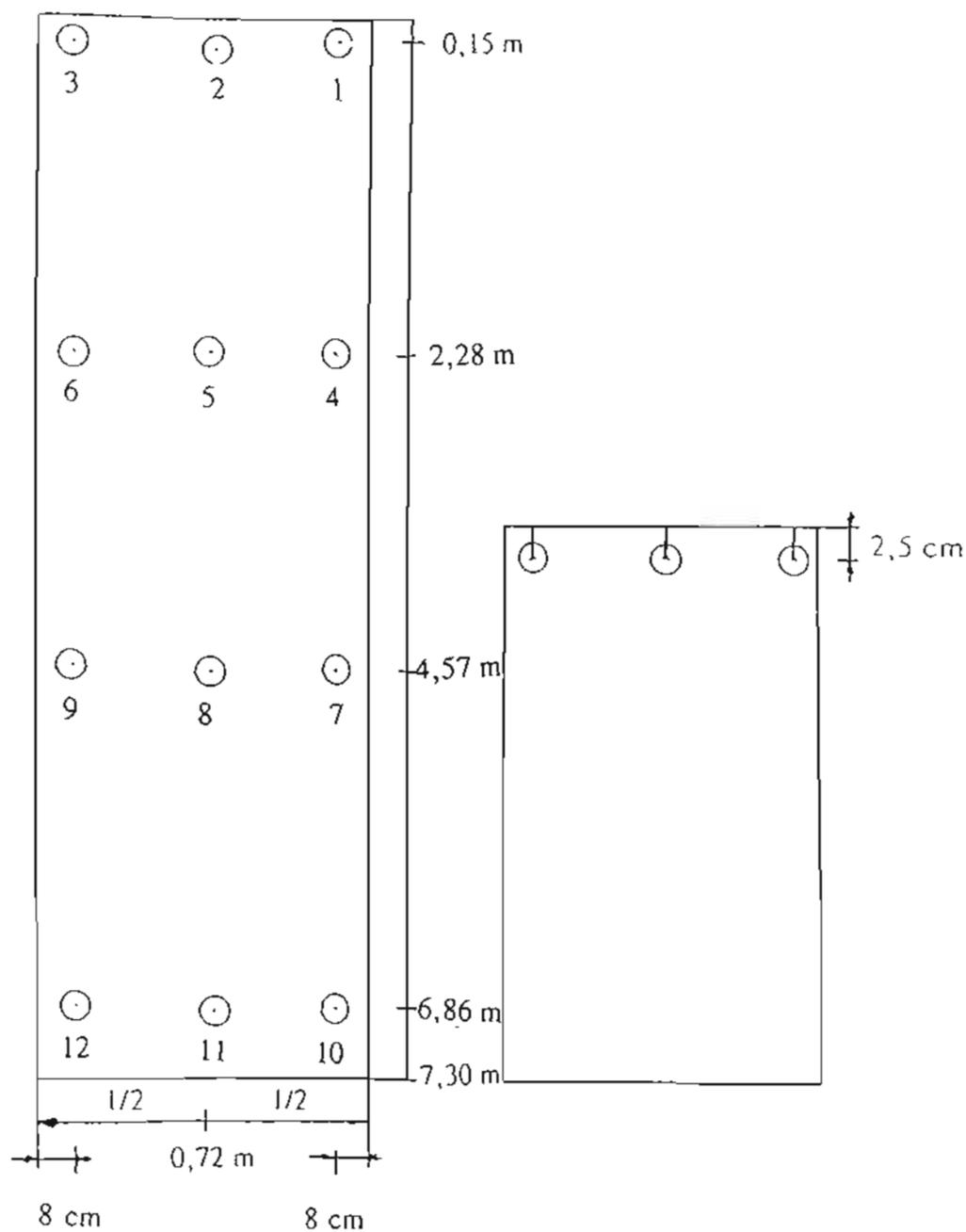


Figura 2. Distribución de termopares.  
(Escala modificada)

### 3. DESARROLLO DEL ENSAYO

A continuación se resumen los hechos más destacados del desarrollo del ensayo.

- A los 1,5 min las llamas alcanzan la espuma de poliuretano.
- A los 2,3 min se produce la inflamación del material, extendiéndose rápidamente la combustión a la mayor parte de la longitud del canal. Durante la combustión se producen enormes cantidades de humo de color pardo oscuro.
- A los 5 min se detiene la combustión del material y disminuye la producción de humo.
- A los 8,5 min se aprecian inflamaciones no persistentes (3 a 5 s) en los primeros 2 metros del canal, junto a la fuente de ignición.
- A los 10:57 min:s se apaga la fuente de ignición por agotamiento del combustible.

### 4. ASPECTO FINAL DE LA MUESTRA

El estado de la muestra tras el ensayo es el siguiente:

- En la primera placa la totalidad de la espuma está quemada y carbonizada, formando una costra carbonosa que se desprende con facilidad. Permanece la Uralita soporte sin grietas ni fisuras.
- En la segunda placa la espuma también está totalmente quemada y carbonizada, pero la costra carbonosa queda adherida a la Uralita.
- La tercera placa tiene quemada la espuma aproximadamente en 2 cm de espesor, quedando el resto sin quemar, pero con color tostado, adherido a la Uralita.
- La cuarta placa tiene quemada y carbonizada aproximadamente la mitad del espesor de la espuma.
- En las placas sucesivas disminuye el espesor de la espuma carbonizada al alejarse de la fuente de ignición.
- En la última placa la zona carbonizada es aproximadamente 0,5 cm de espesor.
- En toda la longitud del canal no se produce la rotura ni fisuras en las placas de Uralita.

## 5. RESULTADOS

En la Tabla 1 se incluyen las temperaturas registradas, por cada uno de los 12 termopares, en intervalos de 32 s.

Tabla 1. Temperaturas registradas (°C).

t (min)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
0.0	14	14	15	14	14	15	14	14	14	14	14	14
0.5	79	81	28	25	22	29	25	24	29	27	27	32
1.0	162	168	85	68	50	70	58	50	68	60	57	70
1.5	221	255	157	109	83	114	93	78	102	89	84	102
2.0	320	371	233	152	120	161	130	107	144	125	116	139
2.5	632	668	473	309	290	357	235	225	272	208	211	238
3.0	802	838	699	532	516	542	347	334	353	273	273	288
3.5	760	794	750	543	541	565	369	344	378	301	291	315
4.1	685	752	777	502	525	518	356	340	367	298	293	309
4.6	729	796	773	451	449	446	336	316	338	290	278	296
5.1	729	795	716	424	408	412	322	300	321	283	269	285
5.7	692	759	768	417	394	408	319	297	321	282	267	286
6.2	720	804	758	421	390	401	319	295	319	283	266	286
6.7	712	776	812	425	393	406	325	298	322	287	271	290
7.3	695	755	796	447	405	412	336	307	328	295	280	293
7.8	787	823	749	452	415	418	340	310	330	299	283	295
8.3	883	935	859	483	441	457	357	324	356	313	292	315
8.9	785	823	921	490	451	469	355	323	357	311	291	311
9.4	693	742	780	459	427	434	338	306	333	299	278	293
9.9	595	620	709	422	398	397	314	287	309	282	262	274
10.5	516	527	621	380	363	363	290	269	287	263	245	256
11.0	374	389	505	326	310	304	248	235	244	226	212	217
11.5	300	329	365	258	268	262	215	207	213	193	182	187

En la Tabla 2 se incluyen las temperaturas máximas registradas por cada uno de los 12 termopares.

Tabla 2. Temperaturas máximas registradas.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
T máx (°C)	883	935	921	543	541	565	369	344	378	313	293	315
t (min)	8,3	8,3	8,9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	8,3	4,1	3,5

La temperatura máxima alcanzada bajo el techo ha sido 935 °C, registrada por el T2 a los 8,3 min.

La temperatura máxima alcanzada al final del canal (6,9 m) ha sido 315 °C, registrada por el T12 a los 3,5 min.

Se ha de destacar que la temperatura máxima se ha registrado en la mayoría de los termopares (salvo T1, T2 y T3, directamente afectados por la fuente de ignición) alrededor de los 3,5 min de ensayo. En el caso del T10, cuya temperatura máxima ha sido 313 °C a los 8,3 min, presentaba 301 °C a los 3,5 min.

En las Figuras 3 a 6 se han representado las temperaturas registradas por cada grupo de termopares, según los 4 ejes transversales considerados.

Las temperaturas registradas en los minutos 3 a 5 son ligeramente superiores al resto, especialmente en el segundo y tercer grupo de termopares, debido a la combustión generalizada de la espuma de poliuretano en este intervalo de tiempo. En el último grupo de termopares también se aprecia el aumento de la temperatura, aunque muy atenuado debido a la mayor distancia de la fuente de ignición.

A partir de este momento (minuto 5) aparece un intervalo de tiempo en el que la temperatura tiende a estabilizarse. En el tercer y cuarto grupo de termopares, situados a 4,7 y 6,9 m respectivamente de la pared anterior, el intervalo de tiempo está comprendido entre los minutos 4 y 9. Los valores de la temperatura en este período de tiempo son aproximadamente 320 y 290 °C respectivamente.

Por último, en los minutos previos a la extinción de la fuente de ignición se observa de nuevo un incremento de las temperaturas debido a la mayor velocidad de combustión que experimenta la fuente de ignición cuando está próximo el agotamiento del combustible.

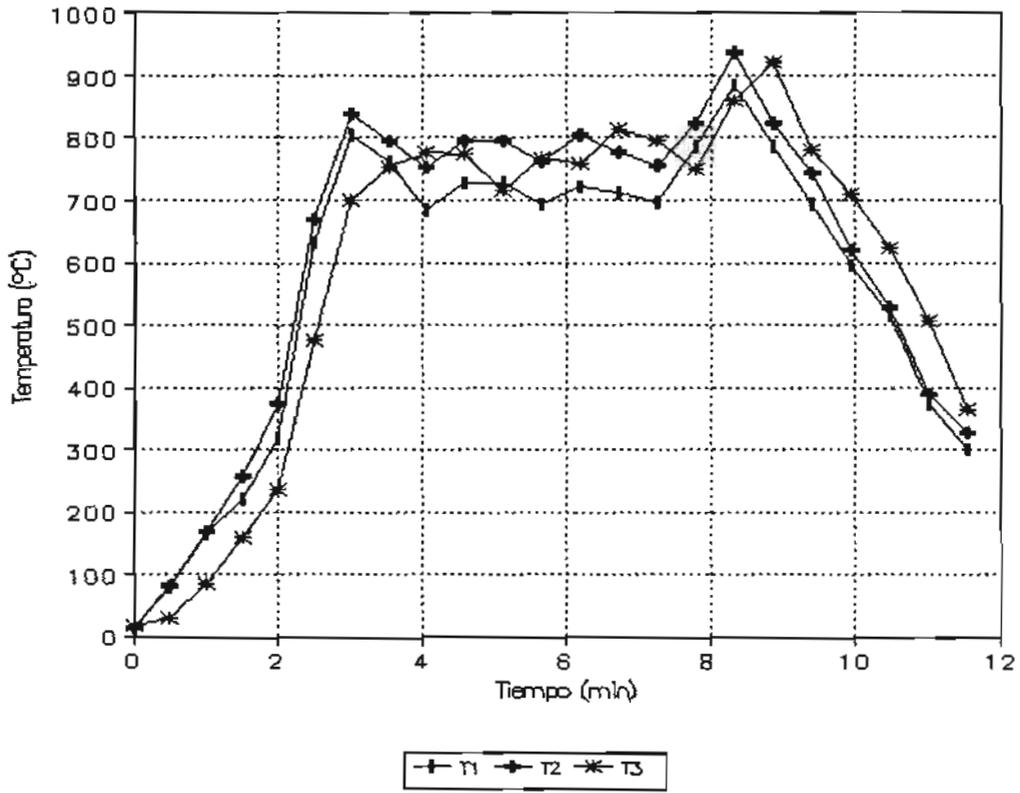


Figura 3. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T1, T2, y T3

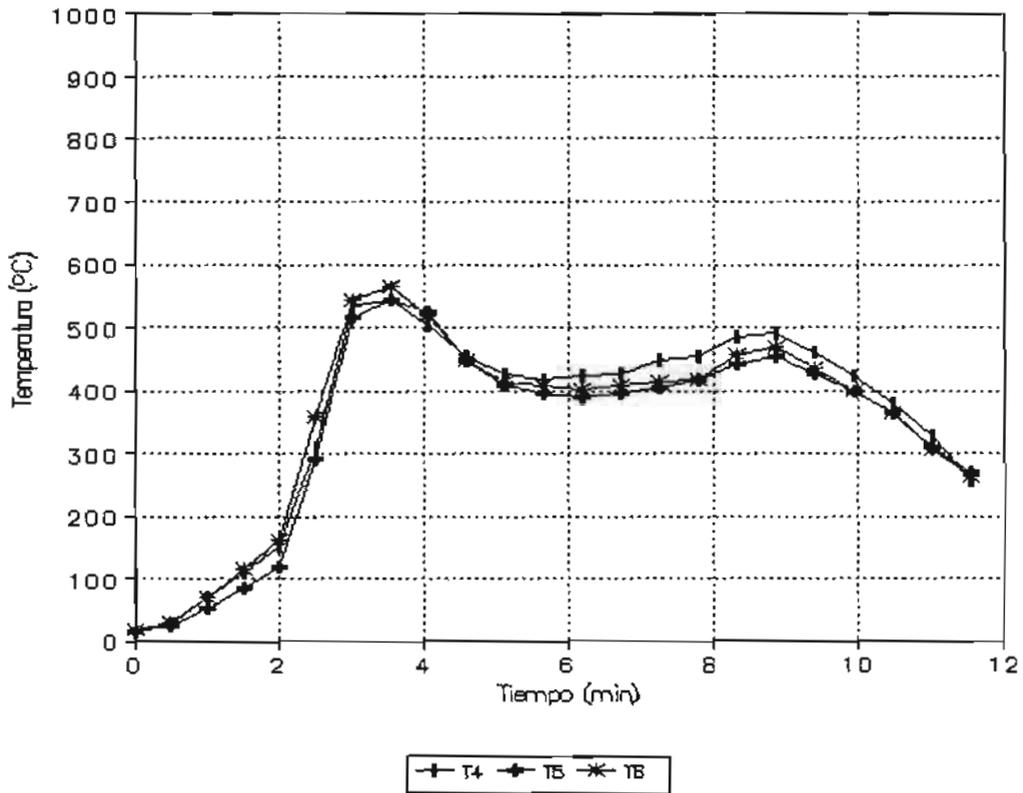


Figura 4. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T4, T5, y T6

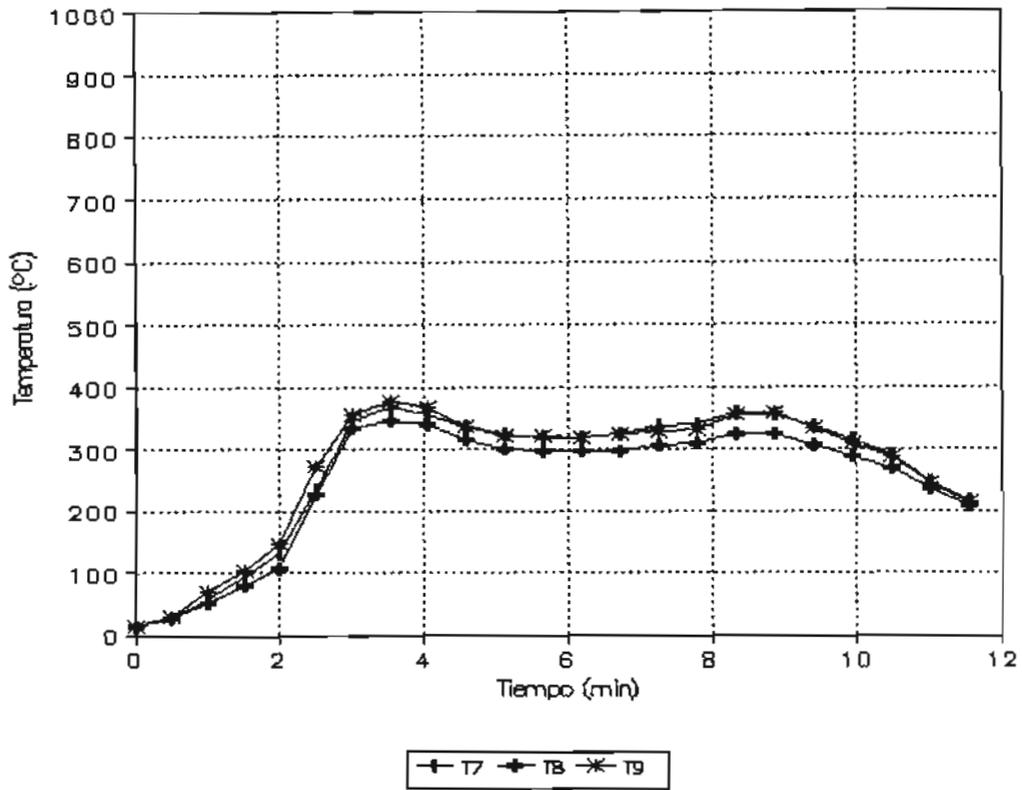


Figura 5. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T7, T8, y T9

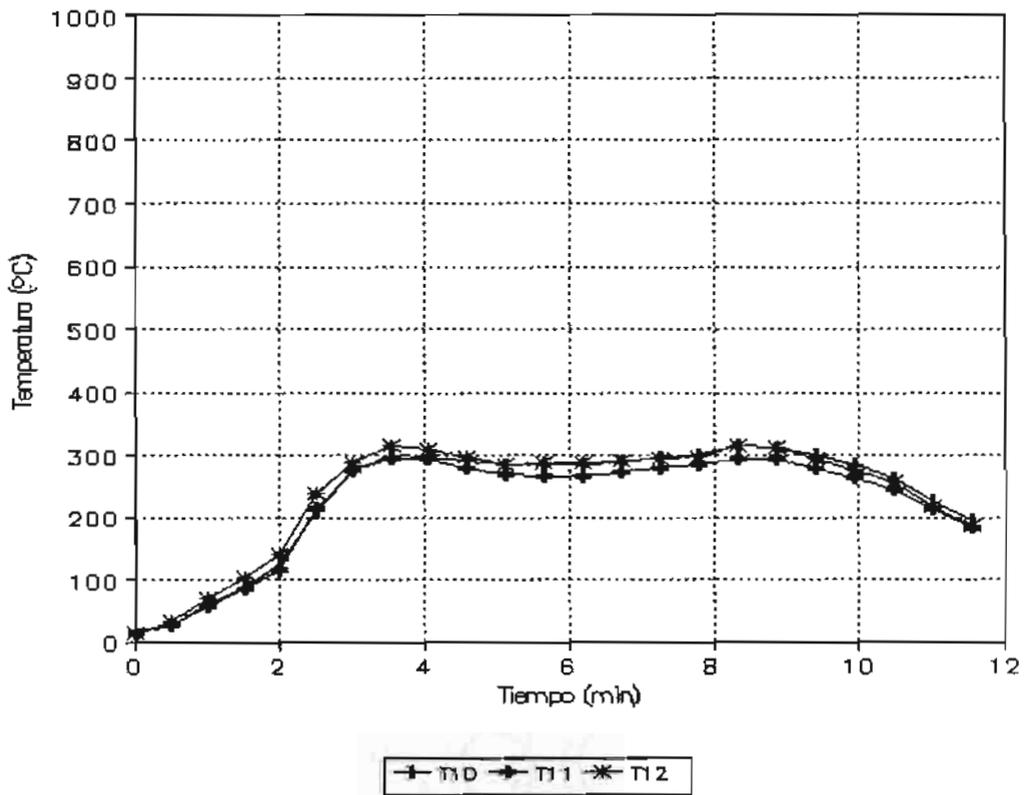


Figura 6. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T10, T11, y T12

## 6. OBSERVACIONES

El material se inflama a los 2,3 min, en las condiciones de ensayo. Se produce la inflamación y combustión generalizada de la espuma de poliuretano que se extiende rápidamente a la mayor parte de la longitud de la muestra.

Durante la combustión se producen grandes cantidades de humo de color pardo oscuro.

La combustión de la muestra se detiene aproximadamente a los 5 min, aunque a los 8,5 m aparecen inflamaciones no persistentes (3 a 5 s) en los primeros 2 metros del canal, junto a la fuente de ignición.

Tras la finalización del ensayo la espuma de poliuretano ha quedado carbonizada en toda la longitud del canal. La carbonización se extiende a todo el espesor de la muestra en las proximidades de la fuente de ignición y disminuye progresivamente al aumentar la distancia a aquella. De esta forma en el extremo final del canal la carbonización es superficial afectando a 0,5 cm de espesor aproximadamente.

La Uralita soporte de la espuma de poliuretano no ha sufrido rotura ni fisuras.

## 7. FOTOGRAFIAS

Se incluyen algunas fotografías tomadas durante el desarrollo del ensayo, que también fue filmado en video.

- Fotografía 1. Vista de las placas de Uralita antes de la aplicación de la espuma de poliuretano.
- Fotografía 2. Instante de la aplicación de la espuma de poliuretano.
- Fotografía 3. Vista general del material antes del ensayo.
- Fotografía 4. Vista detalle de los termopares (T1, T2 y T3) situados sobre la vertical de la fuente de ignición.
- Fotografías 5 a 12. Desarrollo del ensayo.
- Fotografías 13 y 14. Vista general tras el ensayo.
- Fotografía 15. Vista de la muestra tras el ensayo.



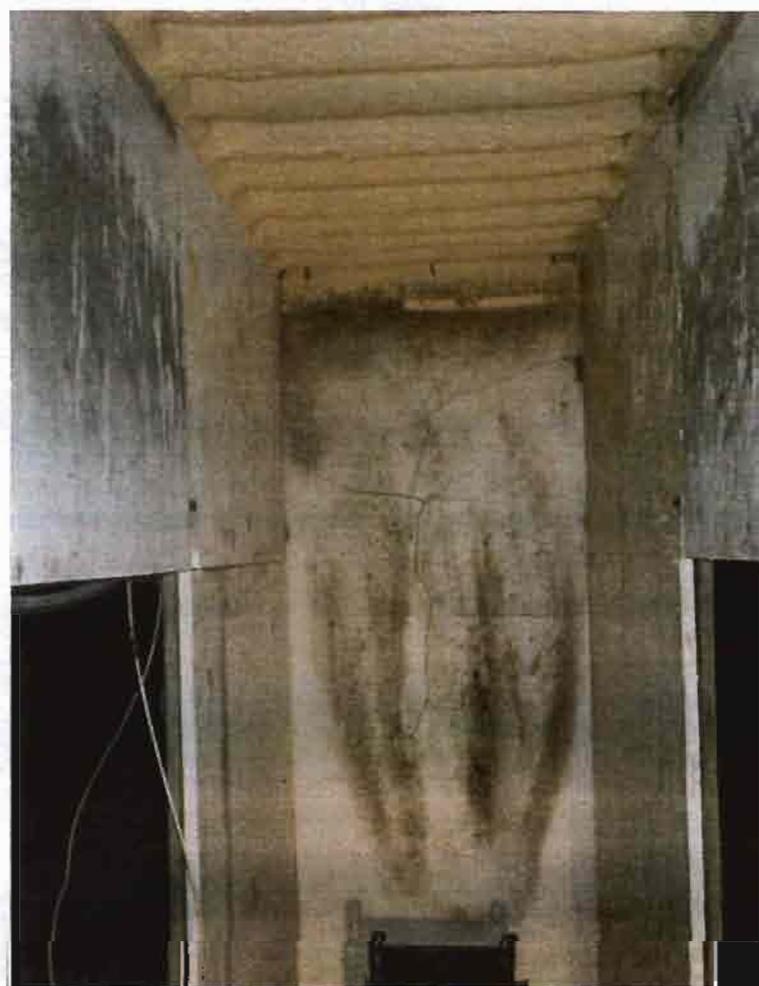
Fotografía 1



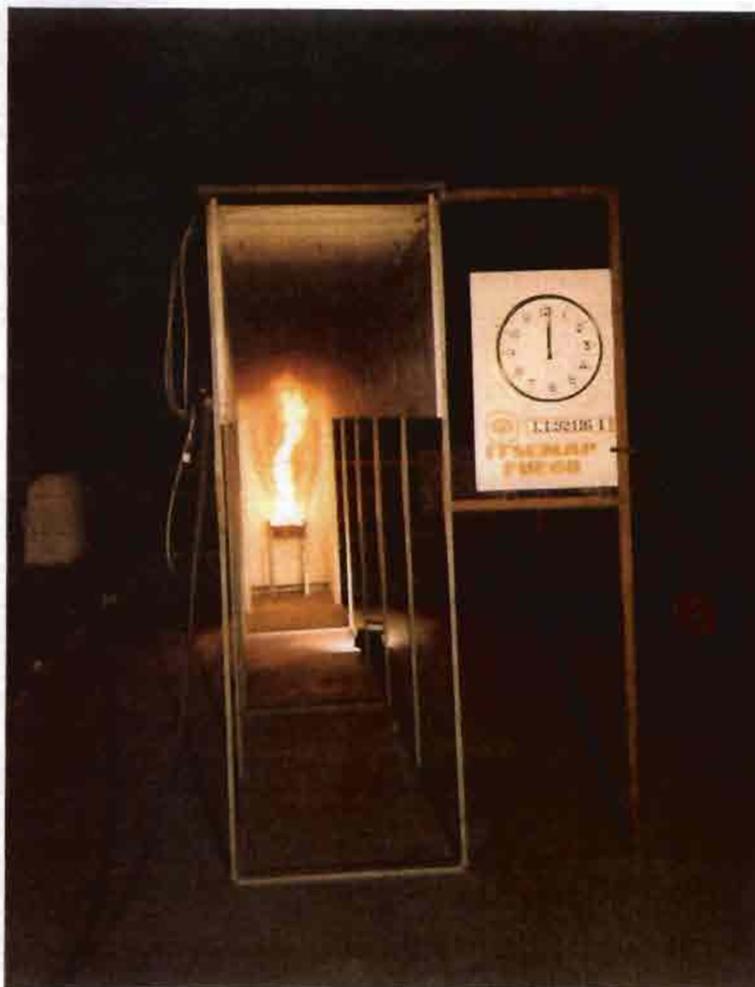
Fotografía 2



Fotografía 3



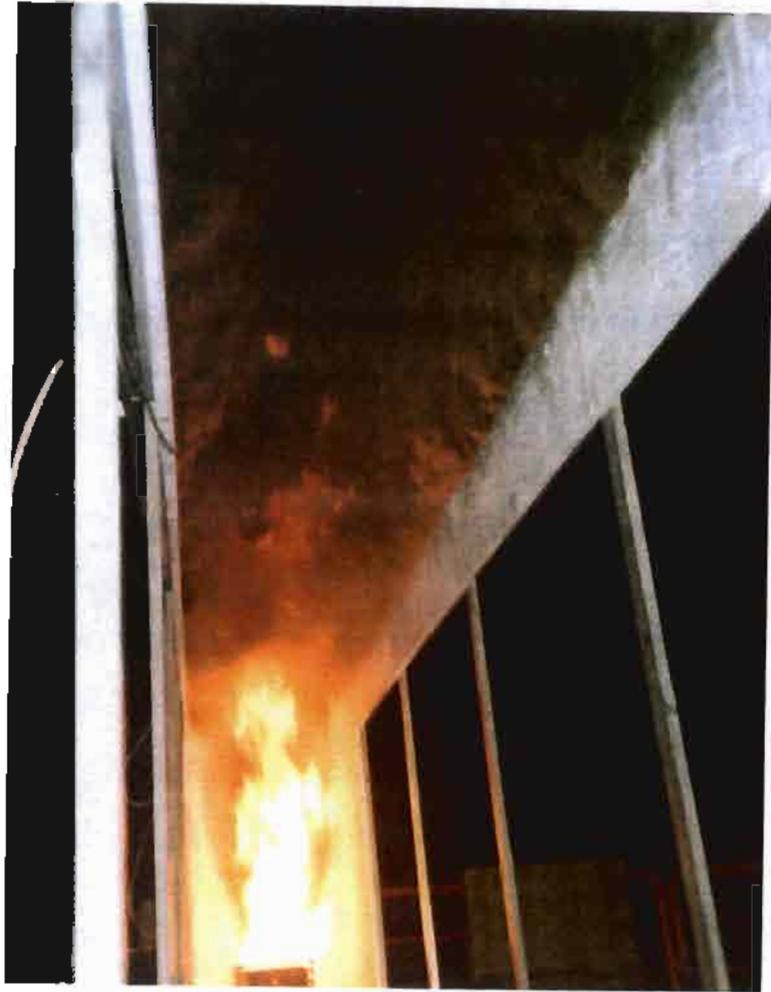
Fotografía 4



Fotografía 5



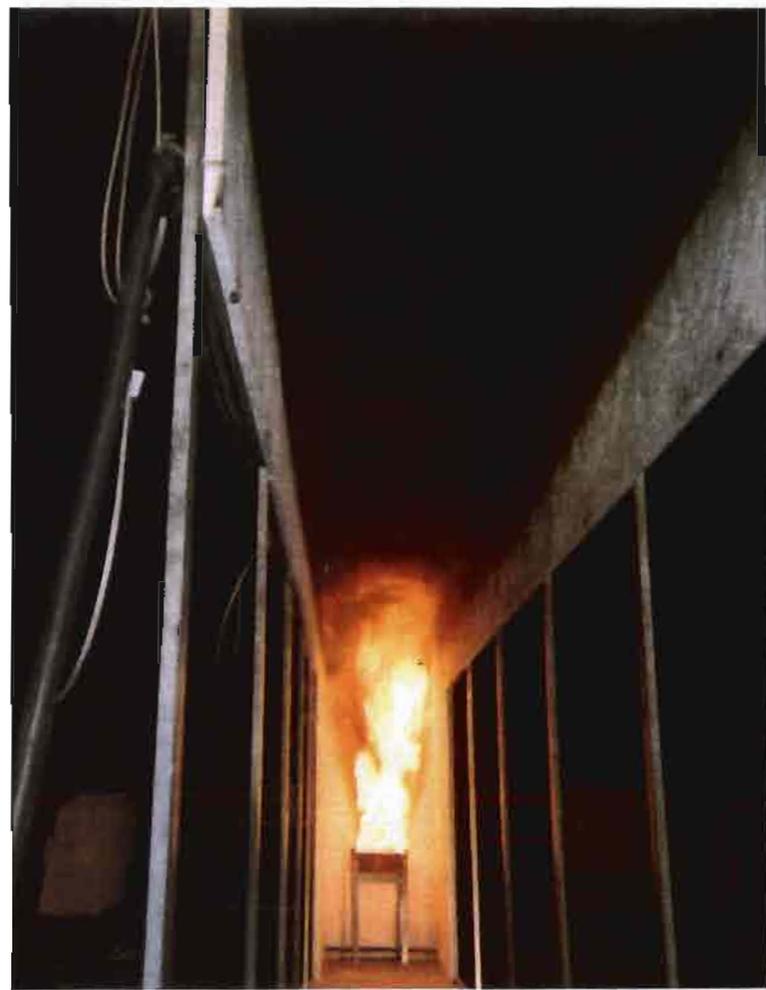
Fotografía 6



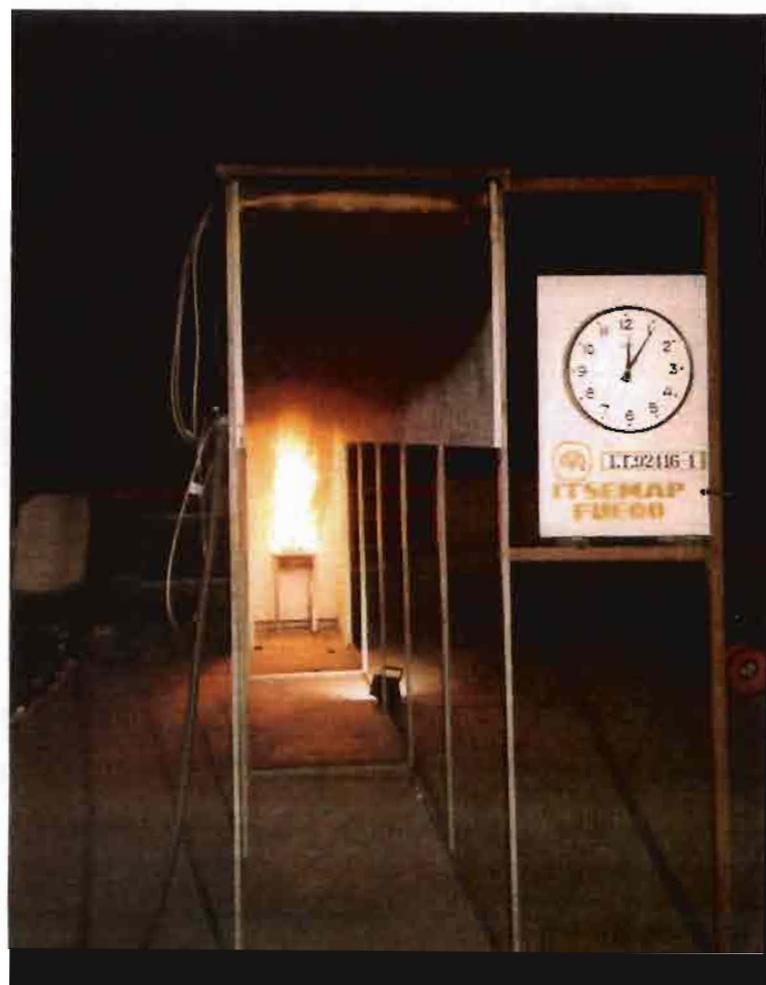
Fotografía 7

Fotografía 8





Fotografía 9



Fotografía 10



Fotografía 11



Fotografía 12



Fotografía 13



Fotografía 14



Fotografía 15



Fotografía 16

ANEXO I.T. 92415

## ENSAYO EN EL CANAL

de

PLACA ONDULADA TRANSPARENTE DE COLOR NATURAL

para

MAPFRE  
Madrid

I.T. 92415

San Agustín, 2 de diciembre de 1992



SOLICITANTE MAPFRE  
Madrid

MATERIAL Placa ondulada transparente de color natural.

FECHA DE RECEPCION 1992.10.19

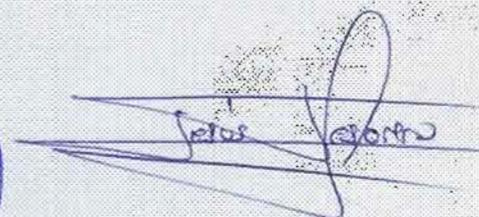
FECHA DE REALIZACION 1992.11.25

ENSAYOS EFECTUADOS Ensayo del Canal.

RESULTADOS Los resultados obtenidos figuran en las hojas de datos anexas.



Fdo.: J. Labrador  
Director del Laboratorio



Fdo.: J. Martín-Tesorero  
Jefe Area de Materiales

San Agustín, 2 de diciembre de 1992

**NOTA**

"Este informe contiene exclusivamente la exposición de los resultados obtenidos en los análisis, pruebas o ensayos a que han sido sometidas las muestras de materiales, piezas o equipos presentados por los solicitantes. A las conclusiones que en él se formulan no puede dárseles, en ningún caso, mayores alcance y significado que los que permite establecer la experimentación realizada.

Los resultados indicados son solamente aplicables y válidos para las muestras sometidas a ensayo y, por tanto, no son ampliables a materiales o equipos similares, ni al resto de la producción de los elementos ensayados.

Este documento no podrá publicarse ni reproducirse, total o parcialmente, sin la debida autorización de la Dirección de ITSEMAP. Cuando este documento, por autorización expresa de ITSEMAP, forme parte de un documento más amplio, deberá hacerse mención expresa de su procedencia, en cualquier circunstancia."

Solicitado por MAPFRE se procedió a realizar un ensayo en el canal de una placa ondulada transparente de color natural, colocada como techo, a fin de estudiar su comportamiento frente al fuego.

## 1. DESCRIPCION DEL ENSAYO

El ensayo se lleva a cabo en un recinto rectangular, construido según las especificaciones de Factory Mutual Research Co.

El recinto de ensayo (Figura 1) consiste en:

1. Una estructura metálica rectangular de 7,30 m de longitud, 0,76 m de anchura y 2,44 m de altura, recubierta en su interior por placas de material incombustible. Los dos tercios inferiores de las paredes laterales del canal están abiertas para permitir el libre acceso del aire a la intersección paredes-techo.
2. La fuente de ignición utilizada es heptano (4 litros y 2 litros de agua) contenido en un recipiente de hierro (30,5 cm de largo, 30,5 cm de ancho y 10,2 cm de alto). Está situada a 2,5 cm de la pared posterior, equidistante respecto a las paredes laterales, y a 59,0 cm del suelo.
3. Se registra continuamente la temperatura mediante termopares de Chromel-Alumel, instalados con la soldadura situada en el aire a 2,5 cm por debajo del techo del canal, según la distribución de la Figura 2.

## 2. MATERIAL ENSAYADO

El ensayo se realizó sobre una placa ondulada transparente de color natural instalada sobre pletinas metálicas laterales formando el techo del canal.

Se instalaron 8 placas de 110 cm de longitud y del ancho del canal, montados los extremos de unas en otras.

Para su identificación se numeraron de 1 a 8, empezando por la que se sitúa encima de la fuente de ignición.

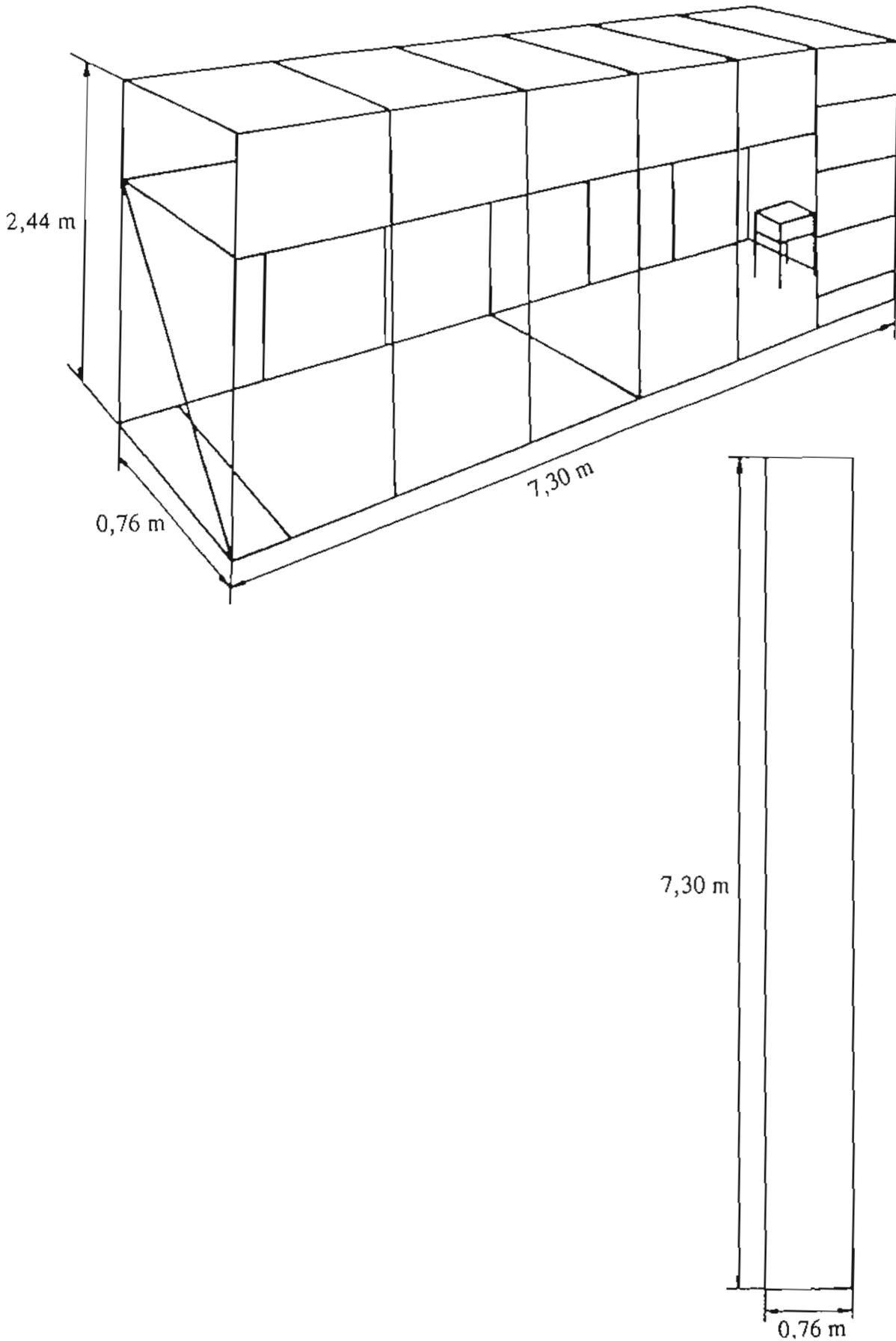


Figura 1. Recinto de ensayo. Medidas del canal.

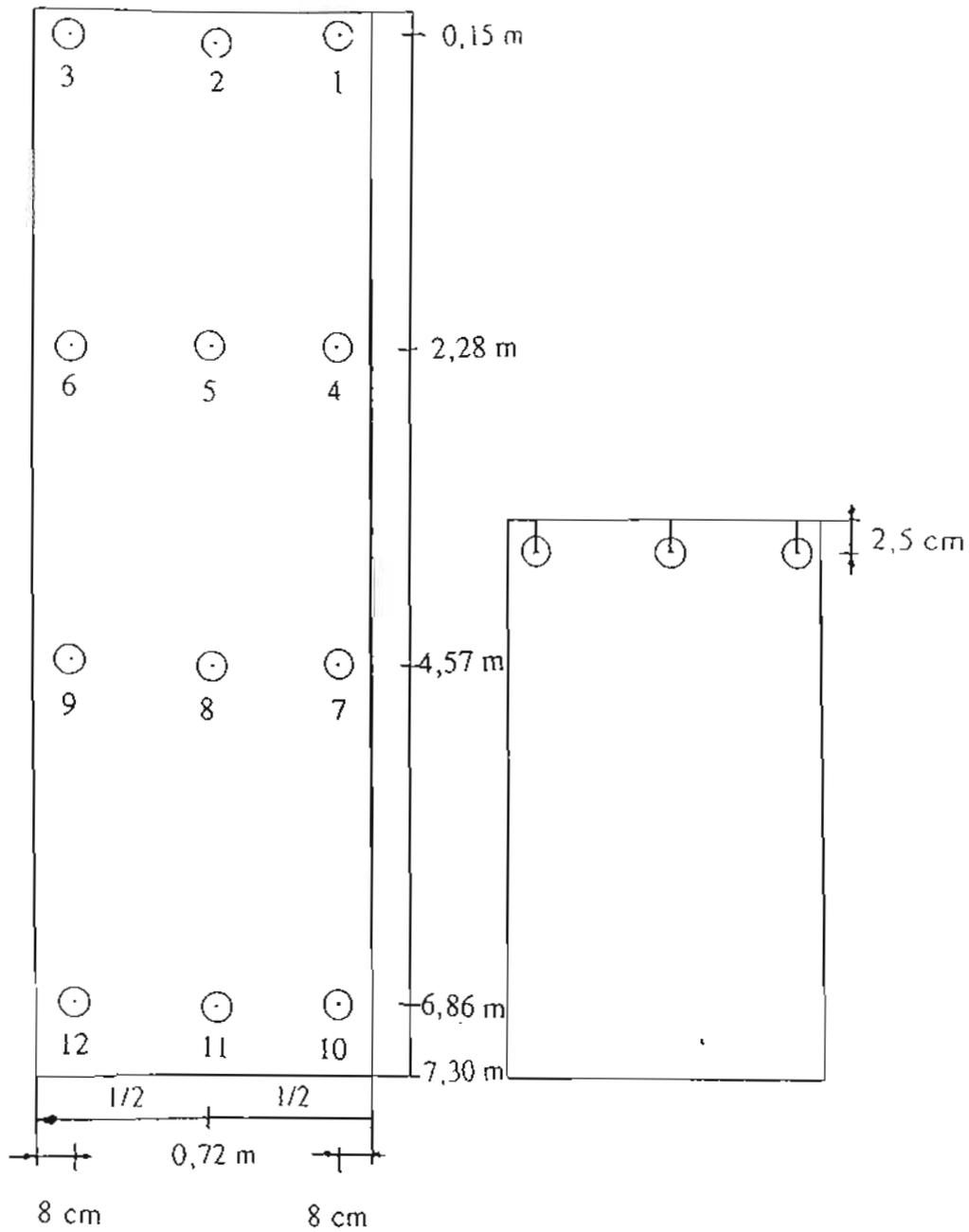


Figura 2. Distribución de termopares.  
(Escala modificada)

### 3. DESARROLLO DEL ENSAYO

A continuación se resumen los hechos más destacados del desarrollo del ensayo.

- A los 1,5 min las llamas alcanzan la placa transparente.
- A los 2,8 min se producen pequeñas inflamaciones que no son persistentes.
- A los 3 min se produce la inflamación del material que se extiende rápidamente a toda la longitud del canal. Aumenta bruscamente la producción de humo negro y muy denso.
- A los 3,5 min salen algunas llamas por el extremo final del canal entre grandes cantidades de humo. También se observan llamas saliendo por encima de las placas en la zona de la fuente de ignición.
- A los 3,9 min comienzan a caer al suelo placas inflamadas.
- A partir de los 4,3 min salen grandes llamas por el extremo final del canal.
- A los 4,8 min cae la última placa inflamada, no quedando ninguna placa suspendida en el canal.
- A los 6 min prácticamente se ha apagado la muestra.
- A los 6:20 min:s se procede a extinguir la fuente de ignición mediante un extintor.

### 4. ASPECTO FINAL DE LA MUESTRA

El estado de la muestra tras el ensayo es el siguiente:

- Todas las placas se encuentran quemadas y caídas en el suelo del canal.
- Entre los restos caídos de las placas sólo quedan las fibras incombustibles, ya que las resinas se han quemado totalmente.

## 5. RESULTADOS

En la Tabla 1 se incluyen las temperaturas registradas, por cada uno de los 12 termopares, en intervalos de 32 s.

Tabla 1. Temperaturas registradas (°C).

t (min)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
0.0	10	10	10	10	10	10	12	11	12	10	11	10
0.5	22	25	30	23	19	28	21	21	28	22	24	27
1.0	81	83	79	53	42	58	39	40	52	42	45	48
1.5	146	170	151	97	74	99	69	71	86	71	76	78
2.0	223	251	219	135	106	131	95	98	116	98	102	104
2.5	295	360	318	177	142	169	126	130	149	127	129	133
3.0	374	457	410	212	174	204	152	155	176	149	148	155
3.5	642	678	744	430	444	493	275	361	375	229	272	253
4.1	626	+747	579	587	568	634	400	486	501	296	402	336
4.6	602	622	514	480	493	439	545	+630	610	449	+566	516
5.1	615	585	508	365	381	351	601	623	524	426	452	384
5.7	756	705	564	291	308	289	408	-444	434	355	333	299
6.2	726	780	702	242	258	242	317	340	354	265	255	239
6.7	603	666	597	200	211	200	248	259	293	219	208	198

En la Tabla 2 se incluyen las temperaturas máximas registradas por cada uno de los 12 termopares.

Tabla 2. Temperaturas máximas registradas.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
T máx (°C)	756	780	744	587	568	634	601	630	610	449	566	516
τ (min)	5,7	6,2	3,5	4,1	4,1	4,1	5,1	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6

La temperatura máxima alcanzada bajo el techo ha sido 780 °C, registrada por el T2 a los 6,2 min, aunque esta temperatura no es muy representativa porque corresponde a la temperatura de la fuente de ignición cuando el material ya se ha quemado y caído.

Sin embargo, las temperaturas máximas alcanzadas por cada una de las restantes ternas de termopares, situados a 2,4, 4,7 y 6,9 m de la pared anterior del canal, son 634 °C (T6), 630 °C (T8) y 566 °C (T11) registradas a los 4,1, 4,6, y 4,6 min, respectivamente.

En las Figuras 3 a 6 se han representado las temperaturas registradas por cada grupo de termopares, según los 4 ejes transversales considerados.

En todas ellas se observa como la temperatura aumenta de forma constante hasta el minuto 3, a partir del cual se produce un incremento brusco que se corresponde con la inflamación del material.

A partir del minuto 4 ó 5, dependiendo de la terna considerada, se produce una brusca disminución de las temperaturas registradas, a consecuencia de que pasado este tiempo todas las placas se han caído habiendo desaparecido, por tanto, el techo del canal.

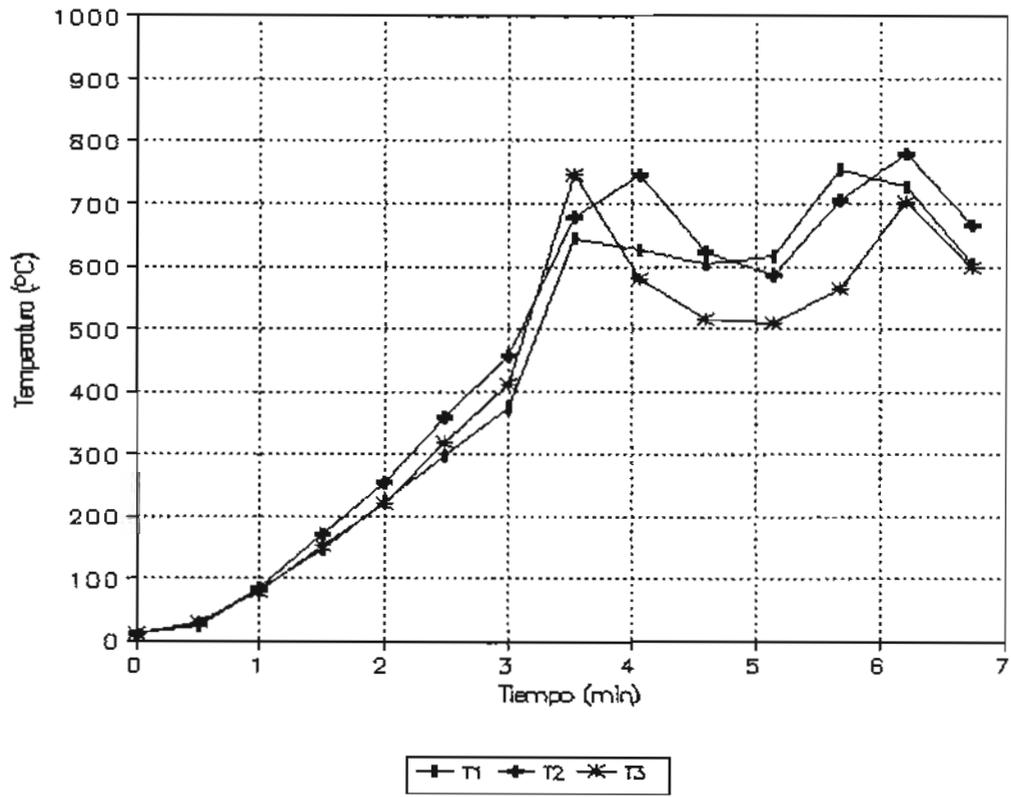


Figura 3. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T1, T2, y T3

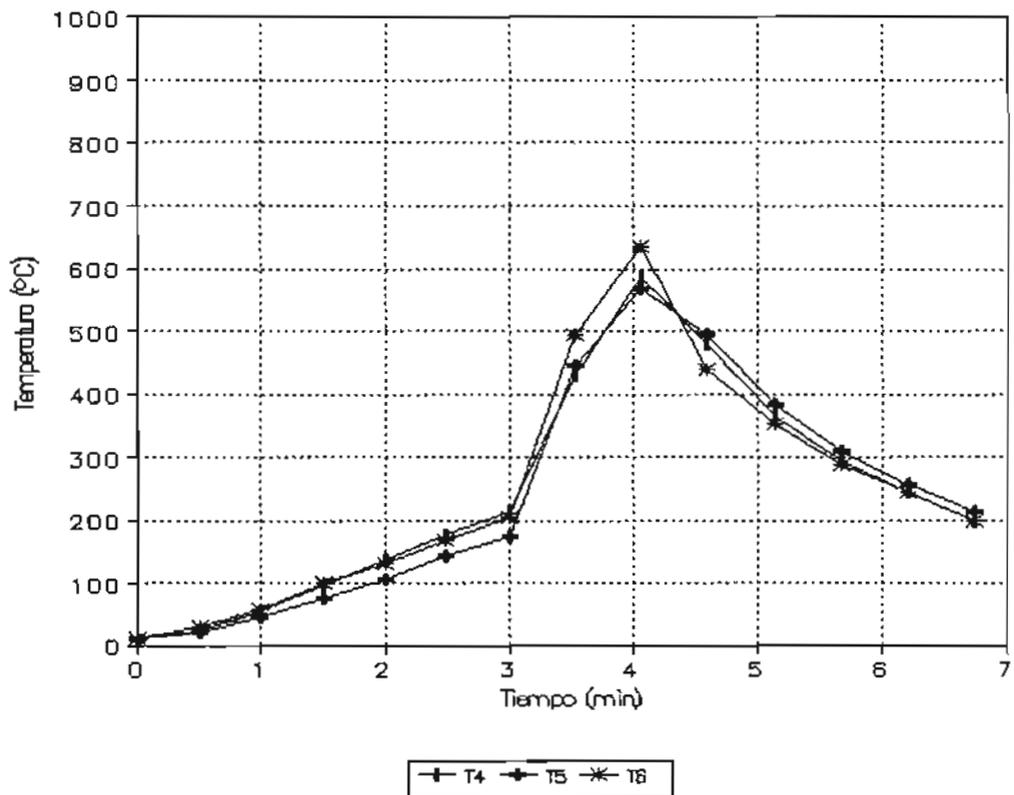


Figura 4. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T4, T5, y T6

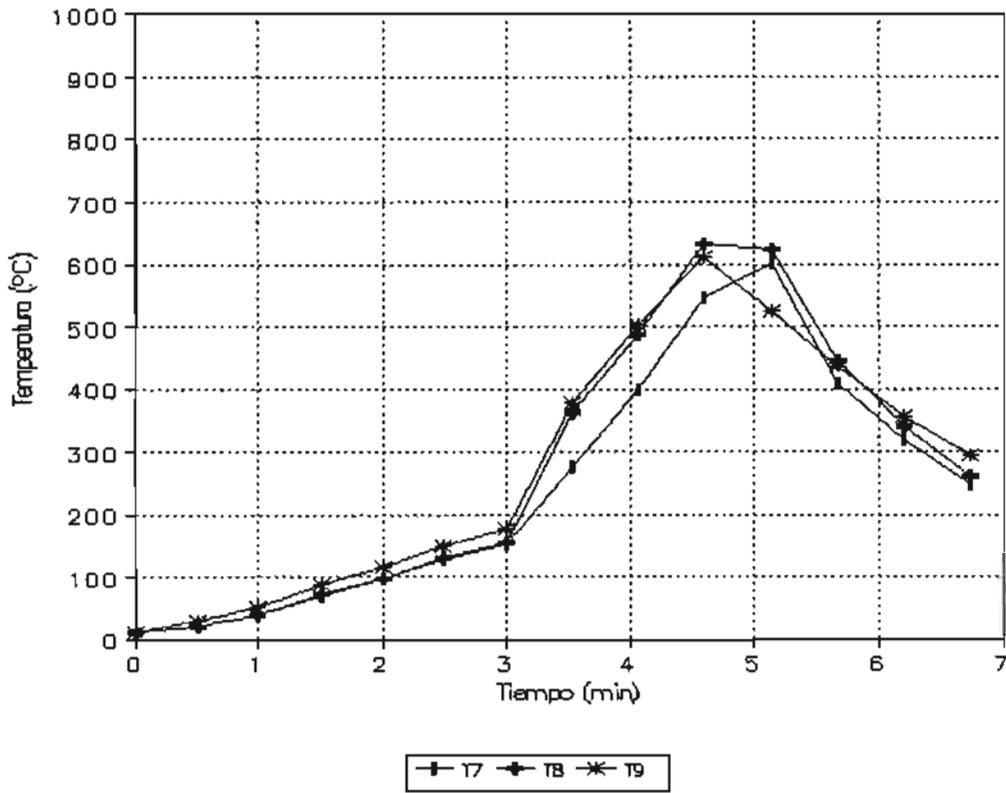


Figura 5. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T7, T8, y T9

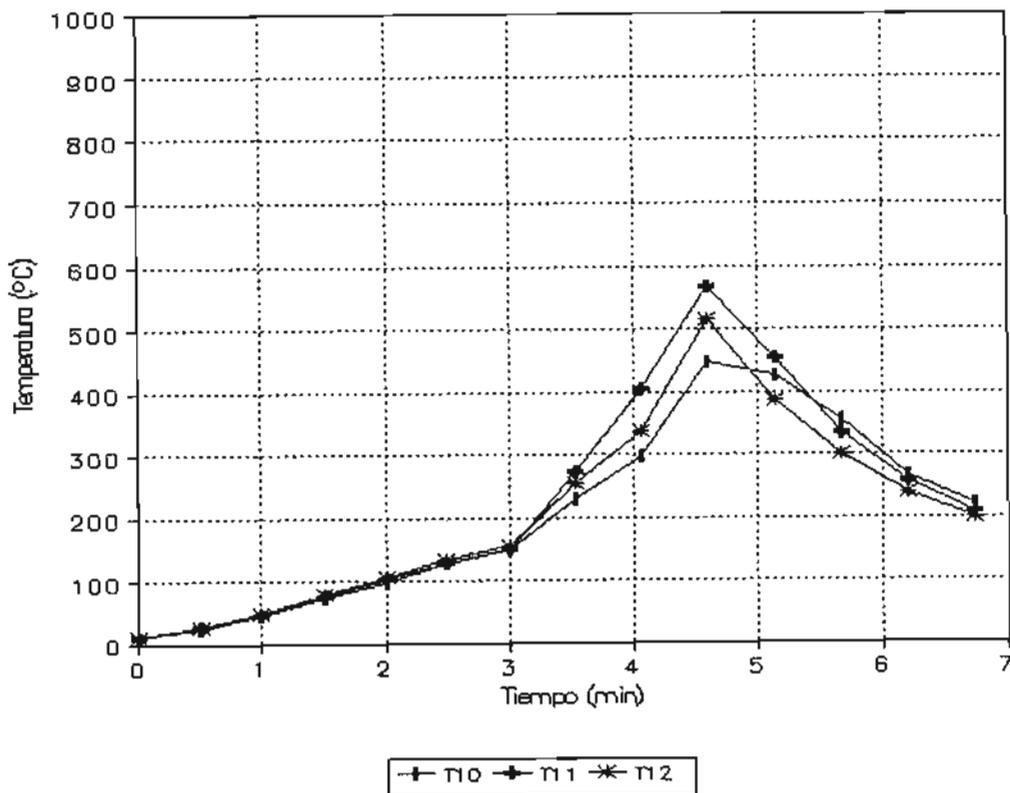


Figura 6. Curva Temperatura-tiempo.  
Termopares T10, T11, y T12

## 6. OBSERVACIONES

El material se inflama a los 3 minutos, en las condiciones de ensayo. Se produce la inflamación y combustión generalizada de las placas onduladas, que se extiende rápidamente a toda la longitud del canal.

Durante la combustión se producen grandes cantidades de humo de color negro y muy denso.

Se produce la salida de grandes llamas por encima de la superficie del techo. Asimismo las placas caen inflamadas al suelo, continuando la combustión en éste y propagando de esta forma el fuego.

Aproximadamente dentro de los 2 minutos siguientes a la inflamación de la muestra se produce la caída de todas las placas (7,3 m de longitud). Prácticamente un minuto después se han apagado los fragmentos del suelo, que han resultado totalmente quemados.

## 7. FOTOGRAFIAS

Se incluyen algunas fotografías tomadas durante el desarrollo del ensayo, que también fue filmado en video.

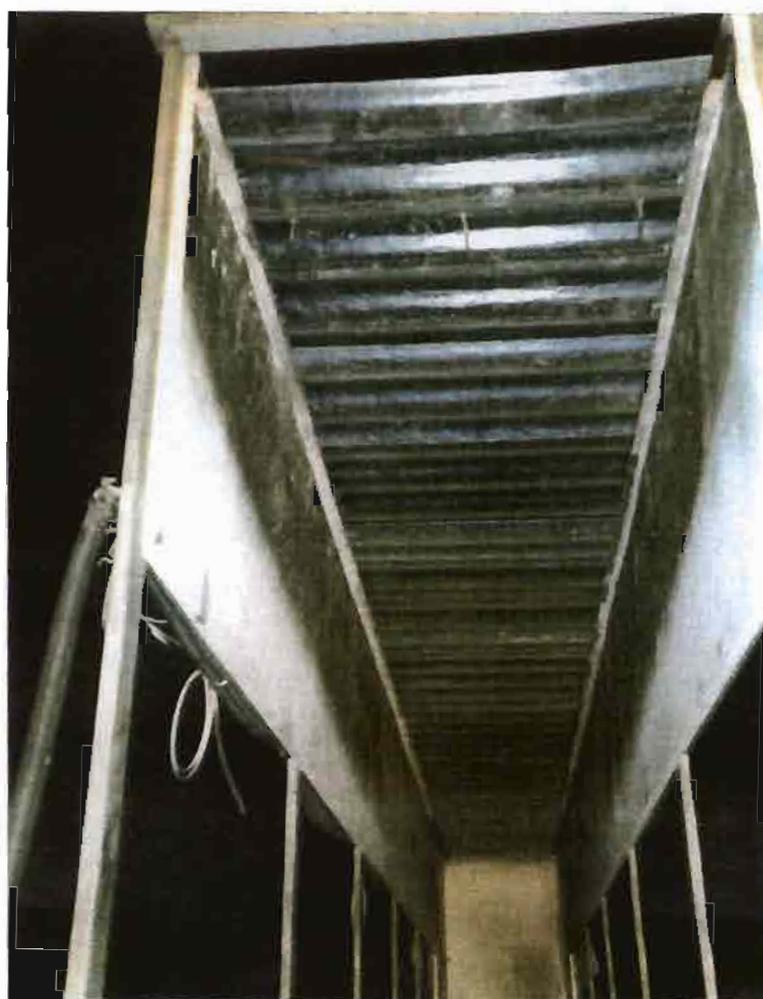
Fotografía 1 y 2. Vistas de la placa ondulada transparente antes del ensayo.

Fotografía 3 a 11. Desarrollo del ensayo.

Fotografía 12 y 13. Vista de la muestra tras el ensayo.



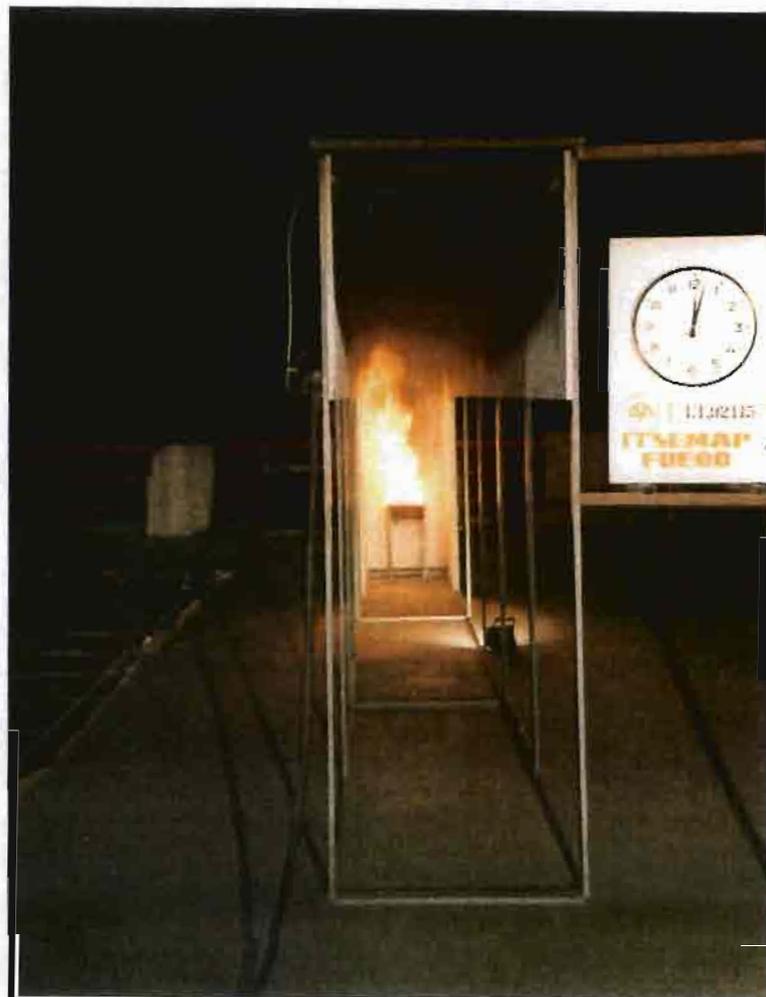
Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5



Fotografía 6



Fotografía 7



Fotografía 8

# ITSEMAP FUEGO



Fotografía 9

Fotografía 10





Fotografía 11



Fotografía 12



Fotografía 13