

# Clasificación de materiales

## Reacción al fuego

Miguel Ángel Pérez Arias

MSc Structural & Fire Safety Engineering

[miguel.perez@idiem.cl](mailto:miguel.perez@idiem.cl)

Teléfono: (+56) 229780761



# RECORDATORIO

- Objetivos de la Ingeniería de Protección contra Incendios. (Vida, Propiedad, Medio Ambiente)
- Sistemas activos.
  - Rociadores automáticos
  - Control de humo
  - Alarmas, etc.
- Sistemas pasivos.
  - Compartimentación
  - Protección Estructural
  - Contenido de edificios (carga combustible)

“La elección y disposición de todo lo que pueda arder en el espacio donde pueda empezar el fuego.”

# INTRODUCCIÓN

- EUROPA muy reglamentado y normalizado
- Antigua clasificación española
  - **Materiales clasificados**
    - M<sub>0</sub> (Materiales incombustibles)
    - M<sub>1</sub> (No inflamables)
    - M<sub>2</sub> (Difícilmente inflamables)
    - M<sub>3</sub> (Medianamente inflamables)
    - M<sub>4</sub> (Fácilmente Inflamables)

# Ejemplos de materiales

MATERIAL	CLASIFICACIÓN
Asbesto-Cemento	Mo
Hormigón	Mo
Acero y sus aleaciones	Mo
Vidrio	Mo
Madera Ignifugada	M <sub>1</sub>
PVC rígido	M <sub>1</sub>
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	M <sub>2</sub>
Alfombras de lana	M <sub>2</sub>
Madera (espesor < 10 mm)	M <sub>3</sub>
Poliamidas	M <sub>3</sub>
Maderas aglomeradas (e<14 mm)	M <sub>4</sub>
Alfombras acrílicas	M <sub>4</sub>
Poliestireno expandido	M <sub>4</sub>

# DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS

- Ejemplo:
  - “Para un edificio del tipo ... todos los elementos textiles, tales como Telas, tapicerías, forros, alfombras, etc. Deberán ser M<sub>1</sub>.”
- Para mejorar la clasificación de un material se realizan tratamientos de ignifugación.
  - Cambio o reacción química
  - Impregnación con presión
  - Impregnación sin presión.

# PROPIEDADES PIRÓGENAS

- Características de combustión
  - Ensayo por radiación
  - Ensayo del quemador eléctrico
  - Ensayo de velocidad de propagación de la llama
  - Ensayo de goteo
  - Ensayo en panel radiante (suelos)
  - Ensayo de no combustibilidad.
  - Ensayo de methenamine tablet.
  - Etc.
  - Etc.
  - Etc.

# PROPIEDADES PIRÓGENAS

- EJEMPLO: En el ensayo del quemador eléctrico:
  - índice de combustibilidad
  - índice de inflamación
  - índice de desarrollo de llamas
  - índice de longitud máxima de llamas
- Clasificación se efectúa mediante variados ensayos.
- Confusión: no se toman en cuenta todos los factores necesarios.
- Científicos de países europeos que conforman la Comisión Europea (CE) abordan la problemática.

# HISTORIA EUROCLASES

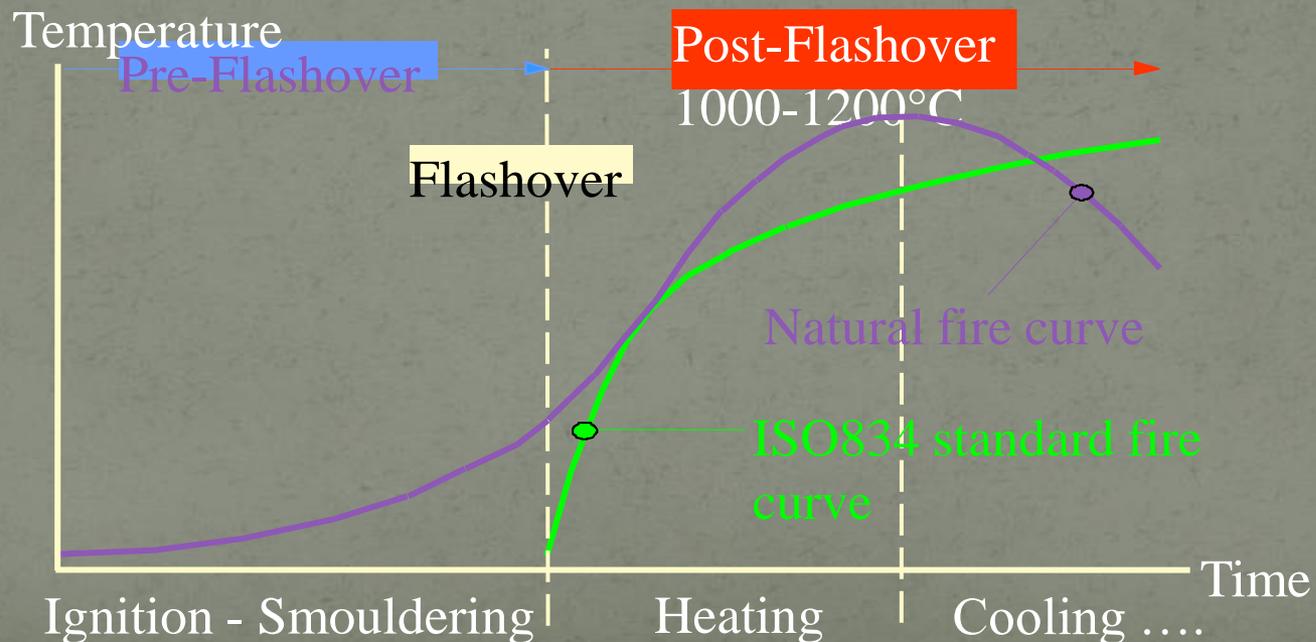
- 1988: La CE publica la directiva de Productos para la Construcción (DPC). Son en total 6 Documentos Interpretativos (D.I.)
- 1994: La CE clasifica los niveles de reacción al fuego. (euroclases)
- Se incluye a los tres ensayos existentes un cuarto ensayo para considerar todos los factores necesarios. El ensayo es denominado SBI (Single Burner Item)
- SBI: ensayo a escala intermedia. No hubo claridad para establecer los límites de clasificación. Se recurrió a un escenario de referencia mediante un ensayo a gran escala (ISO 9705).

# HISTORIA EUROCLASES

- 1997. Primer Round Robin del ensayo SBI y ISO 9705. 30 productos de distinta naturaleza.
- Se establecen 4 grupos de elementos según ocurrencia de flashover.
- Correlación en 26 productos entre ambos ensayos a través del FIGRA. Quedan establecidos finalmente los límites de las Euroclases.

# EUROCLASES

- Escenarios de incendio
  - Ataque limitado del fuego (Inicio Incendio)
  - Elemento único que arde en la habitación.
  - Fuego totalmente desarrollado



# Clasificación de materiales

- EUROPA. (EUROCLASES)

- A1

EUROCLASES	A1	A2	B	C	D	E	F
Parámetro de opacidad de HUMOS							
Parámetro de GOTAS inflamadas							

- B

- C

- D

- E

- F

	s1	s2	s3
Clases de opacidad de HUMOS*	Baja cantidad y velocidad de emisión	Cantidad y velocidad de emisión media	Elevada cantidad y velocidad de emisión

\*La medición de estos parámetros se realiza en el SBI.

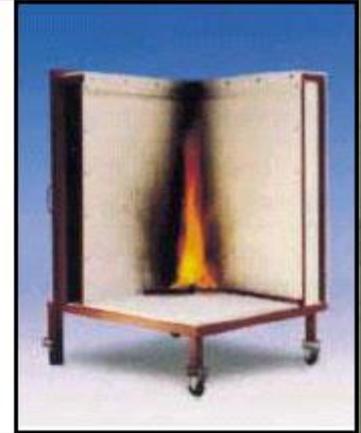
	d0	d1	d2
Clases de GOTAS inflamadas*	No se producen gotas inflamadas	No hay gotas inflamadas de duración superior a 10 segundos	Productos que no se clasifican ni d0, ni d1

\*La medición de estos parámetros puede realizarse indistintamente en el SBI o mediante el ensayo de la pequeña llama.

# Clasificación de materiales

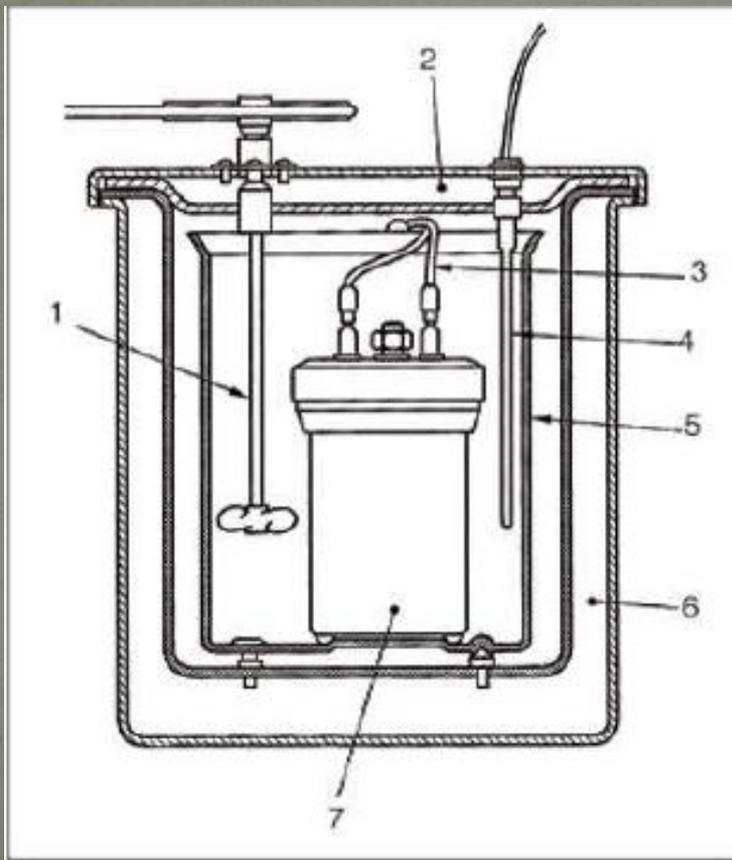
- EUROPA. (EUROCLASES)
  - Ensayos

EUROCLASES	MÉTODOS DE ENSAYO ARMONIZADOS			
	Medida del PCS	Horno de no combustibilidad	SBI	Llama pequeña
A1				
A2				
B				
C				
D				
E				
F				



# Ensayos

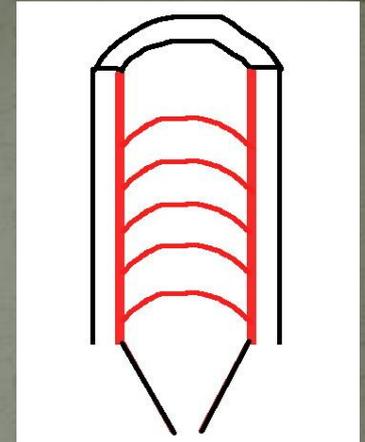
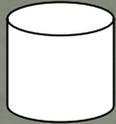
## EN ISO 1716 (“Bomba calorimétrica”).



- Producción máxima de calor de un producto (PCS). [kcal/kg ; kJ/kg]

- 1- Agitador.
- 2- Tapa (adiabática).
- 3- Cables de ignición.
- 4- Termómetro.
- 5- Vaso calorimétrico.
- 6- Aislación.
- 7- Bomba calorimétrica.

# Ensayos



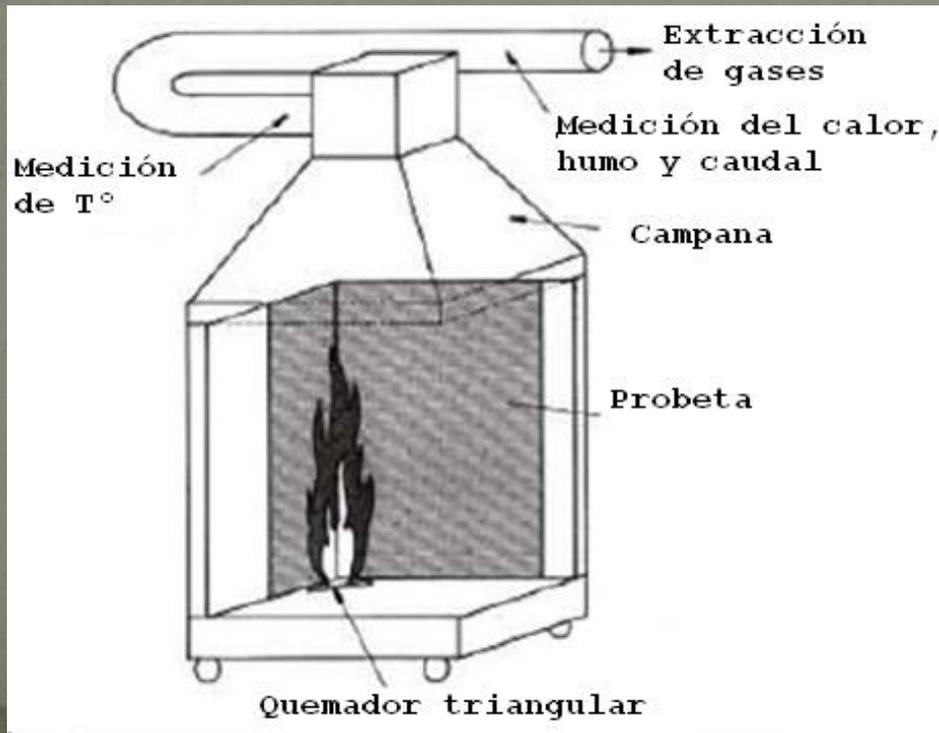
**EN ISO 1182 (“Horno de no combustibilidad”).**



- Pérdida de masa [%].
- Aparición de llamas sostenidas [s].
- Incrementos de temperatura [ $\Delta T$ ].

# Ensayos

EN 13823 (“SBI”).



-THR: desprendimiento total de calor [MJ].

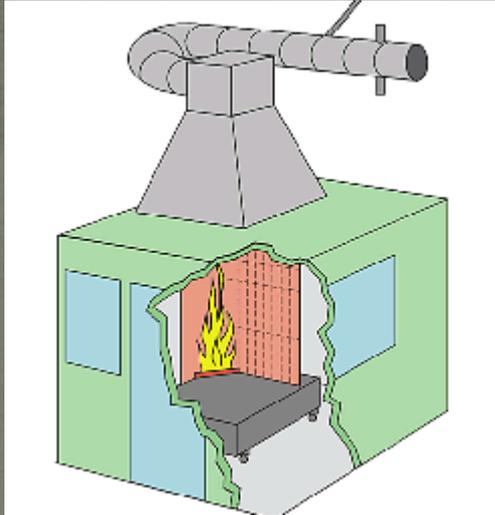
-FIGRA: índice de crecimiento del incendio [W/s].

-TSP: producción total de humo [ $m^2$ ].

-SMOGR: índice de crecimiento de la producción de humo [ $m^2/s^2$ ].

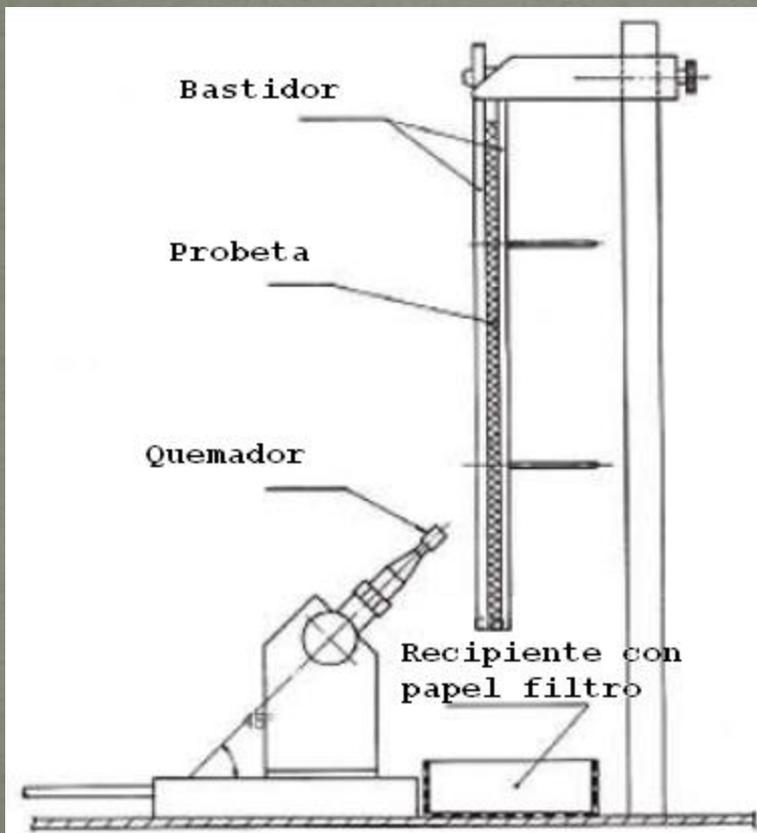
- Caída de gotas inflamadas.

# Ensayos



# Ensayos

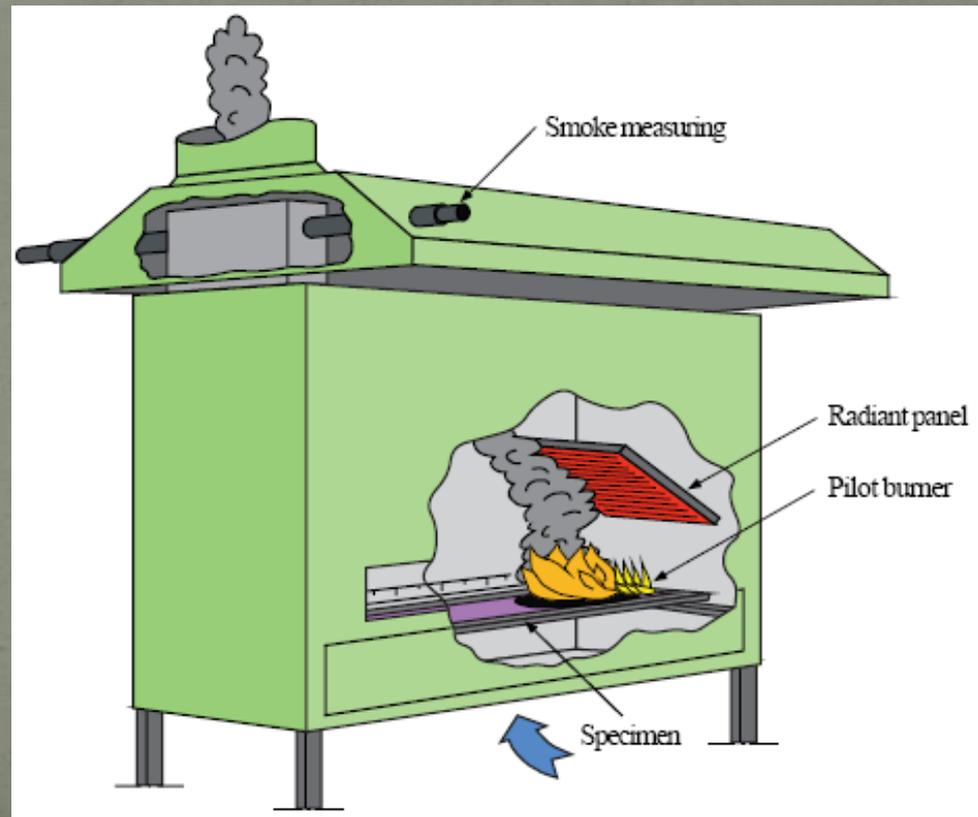
## EN ISO 11925-2 (“Ensayo del pequeño quemador”).



- Velocidad de propagación de llamas [mm/min].
- Caída de gotas.

# Clasificación de materiales

- EUROPA. (EUROCLASES)
  - Ensayos para revestimientos de pisos
    - $A_{1fl}$
    - $A_{2fl}$
    - $B_{fl}$
    - $C_{fl}$
    - $D_{fl}$
    - $E_{fl}$
    - $F_{fl}$



# Euroclases

- Escenarios incendios/Ensayos/Parámetros
  - Ataque de llama pequeña
    - Velocidad de propagación de llama
    - Goteo incandescente
  - Objeto en llamas
    - Velocidad de liberación de energía (desprendimiento calor)
    - Velocidad de propagación de llama (extensión fuego)
    - Velocidad de producción de humo (cantidad y calidad humos)
      - Opacidad de humos
    - Goteo incandescente
  - Incendio generalizado o desarrollado
    - Aporte al incendio
    - Producción de energía

CLASE	DESCRIPCIÓN
A1, A2, B	Productos no combustibles y poco combustibles. Más de 20 minutos hasta la inflamación generalizada.
C	Productos moderadamente combustibles. Entre 10 y 20 minutos hasta la inflamación generalizada.
D	Productos moderadamente combustibles. Entre 2 y 10 minutos hasta la inflamación generalizada.
E	Productos moderadamente combustibles. Hasta 2 minutos hasta la inflamación generalizada.
F	Productos muy combustibles (o que no ha sido evaluado su comportamiento al fuego).

SUBCLASE HUMOS	DESCRIPCIÓN
s1	Poca contribución de humo.
s2	Contribución de humo media.
s3	Mucha contribución de humo.

SUBCLASE GOTAS	DESCRIPCIÓN
d0	No hay caída de gotas inflamadas.
d1	Caída de gotas que permanecen inflamadas menos de 10 s.
d2	Productos no clasificados en los dos niveles anteriores.

# Estados Unidos

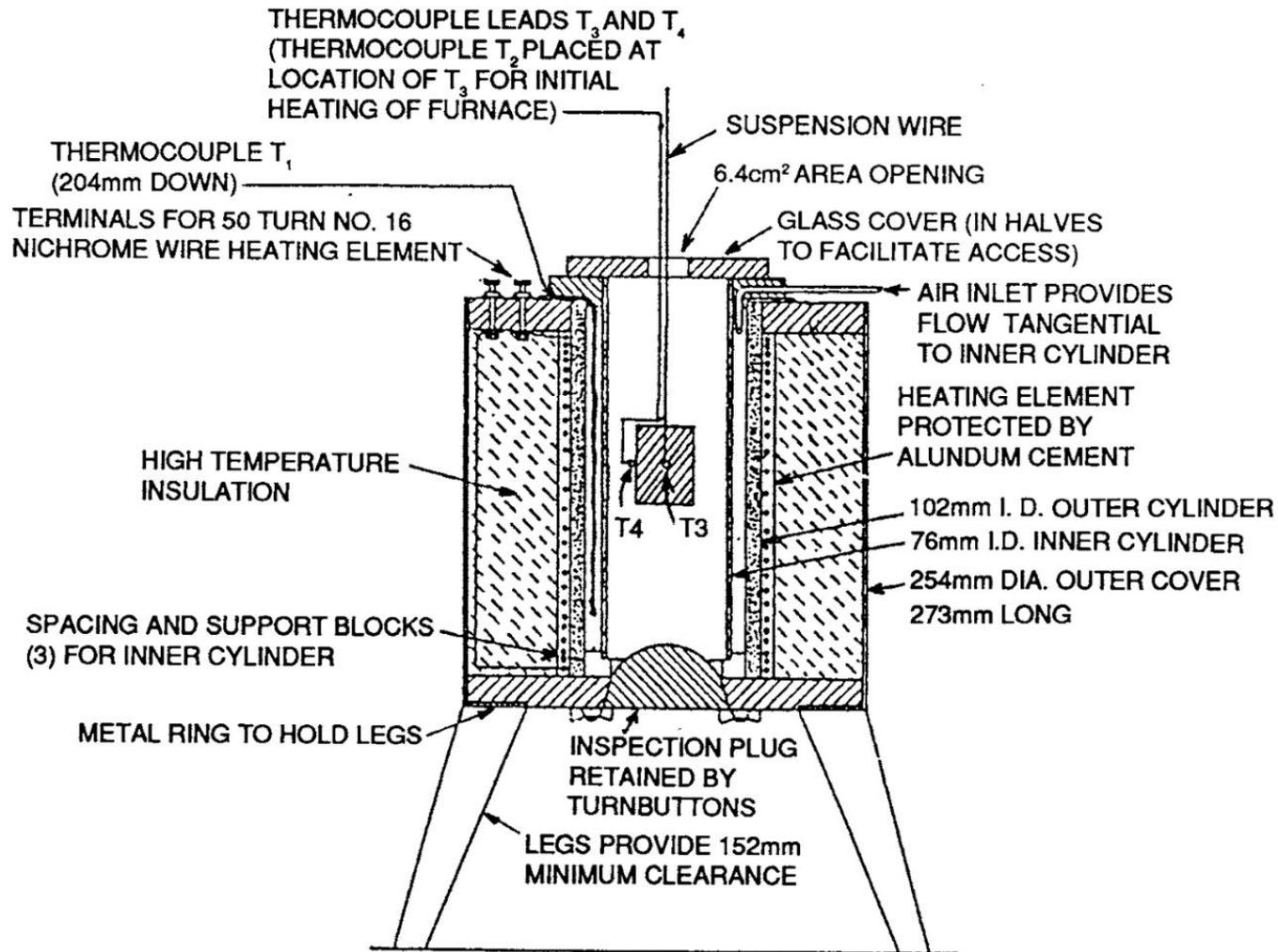
- Material no-combustible

(Si cumple alguna de las siguientes condiciones)

- No prende, no arde, no soporta combustión, ni libera gases inflamables cuando es sometido a calor o fuego
- Pasa ensayo ASTM E136
- Pasa Ensayo ASTM E2652

# Estados Unidos

## • ASTM E136



NOTE 1—Inch-Pound Equivalents

# Estados Unidos

• ASTM E2652

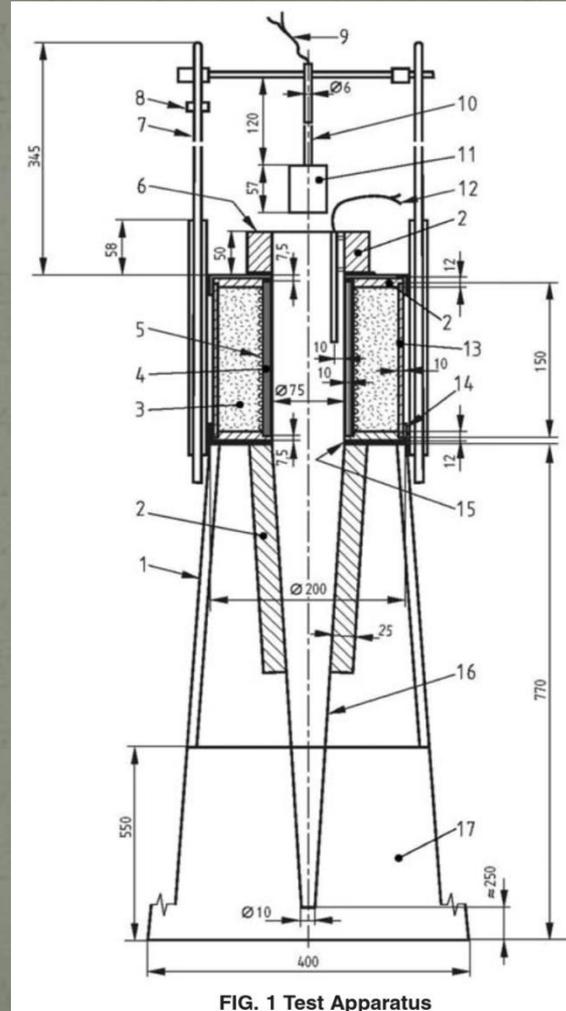
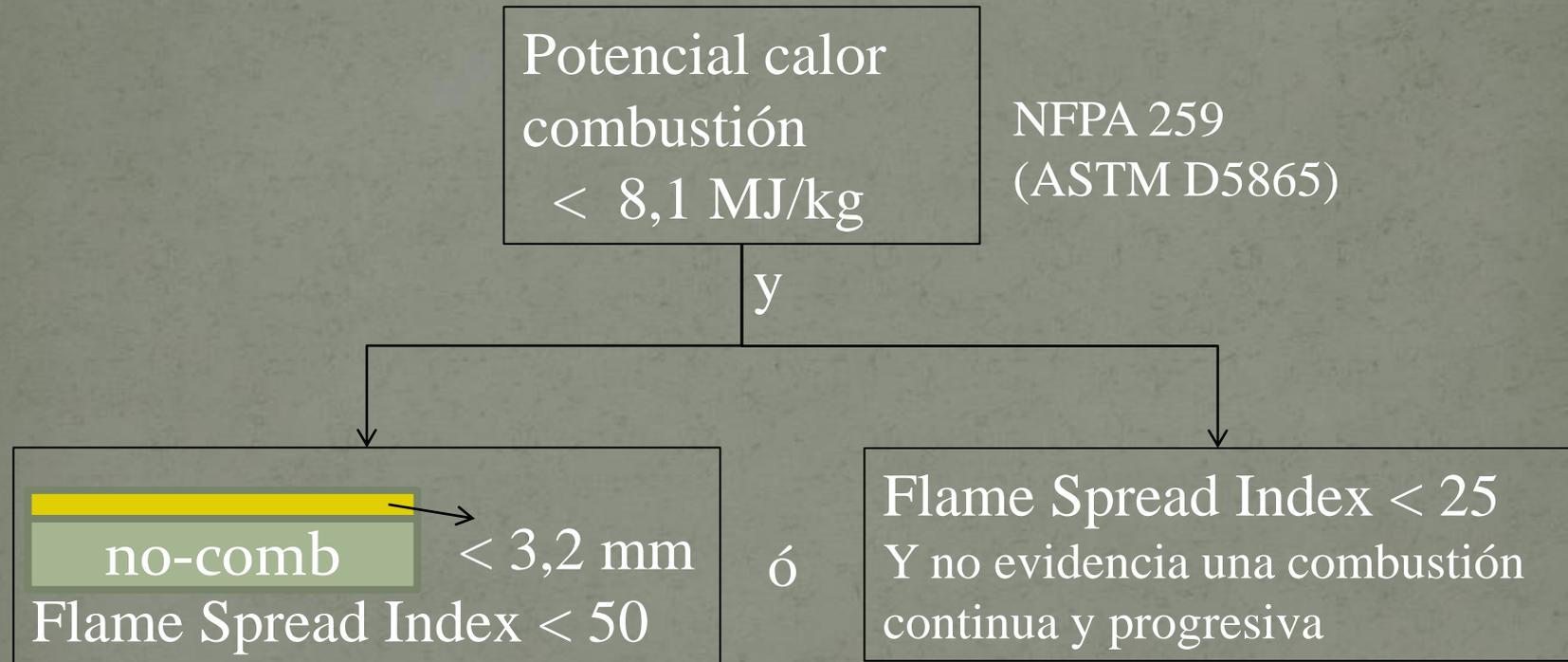


FIG. 1 Test Apparatus

# Estados Unidos

- Limited-combustible material



ASTM E84 ó  
UL723

# Estados Unidos

NFPA 259  
(ASTM D5865)



# Estados Unidos

ASTM E84  
Horno túnel



# Estados Unidos

- Clases A, B y C

## NFPA 101 Classifications for ASTM E84

	Flame Spread Index	Smoke Developed Index
<b>Class A / I</b>	0 - 25	450
<b>Class B / II</b>	26 - 75	450
<b>Class C / III</b>	76 - 200	450
<b>Unclassifiable</b>	>200	

# Estados Unidos

- Otros materiales, muchos ensayos específicos
  - Textiles: NFPA 701, Tableta de metenamina (ASTM D2859)
  - Plásticos espumosos: ...
  - Paneles sandwich: ...

NFPA 701



ASTM D2859



ASTM D 1929, *Standard Test Method for Determining Ignition Temperatures of Plastic*, 1996 (2001c1).

ASTM D 2859, *Standard Test Method for Ignition Characteristics of Finished Textile Floor Covering Materials*, 2006.

ASTM D 2898, *Standard Test Methods for Accelerated Weathering of Fire-Retardant-Treated Wood for Fire Testing*, 2010.

ASTM E 84, *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials*, 2010.

ASTM E 108, *Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings*, 2010a.

ASTM E 119, *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*, 2010b.

ASTM E 136, *Standard Test Method for Behavior of Materials in a Vertical Tube Furnace at 750 Degrees C*, 2009b.

ASTM E 648, *Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source*, 2010.

ASTM E 814, *Standard Test Method for Fire Tests of Through-Penetration Fire Stops*, 2010.

ASTM E 1352, *Standard Test Method for Cigarette Ignition Resistance of Mock-Up Upholstered Furniture Assemblies*, 2008a.

ASTM E 1353, *Standard Test Methods for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture*, 2008a(c1).

ASTM E 1354, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter*, 2009.

ASTM E 1537, *Standard Test Method for Fire Testing of Upholstered Furniture*, 2007.

ASTM E 1590, *Standard Test Method for Fire Testing of Mattresses*, 2007.

ASTM E 1591, *Standard Guide for Obtaining Data for Deterministic Fire Models*, 2007.

ASTM E 1966, *Standard Test Method for Fire-Resistive Joint Systems*, 2007.

ASTM E 2072, *Standard Specification for Photoluminescent (Phosphorescent) Safety Markings*, 2010.

ASTM E 2074, *Standard Test Method for Fire Tests of Door Assemblies, Including Positive Pressure Testing of Side-Hinged and Pivoted Swinging Door Assemblies*, 2000, Revised 2004.

ASTM E 2307, *Standard Test Method for Determining Fire Resistance of Perimeter Fire Barrier Systems Using Intermediate-Scale, Multi-Story Test Apparatus*, 2010.

ASTM E 2404, *Standard Practice for Specimen Preparation and Mounting of Textile, Paper or Vinyl Wall or Ceiling Coverings to Assess Surface Burning Characteristics*, 2008.

ASTM E 2573, *Standard Practice for Specimen Preparation and Mounting of Site-Fabricated Stretch Systems to Assess Surface Burning Characteristics*, 2007a.

ASTM E 2599, *Standard Practice for Specimen Preparation and Mounting of Reflective Insulation Materials and Radiant Barrier Materials for Building Applications to Assess Surface Burning Characteristics*, 2009.

ASTM E 2652, *Standard Test Method for Behavior of Materials in a Tube Furnace with a Cone-shaped Airflow Stabilizer, at 750 Degrees C*, 2009a.

# SITUACIÓN CHILENA

- Laboratorio de Comportamiento al Fuego de IDIEM (CF).
- Pertenece a la Unidad de Ensayos de la Sección Ingeniería Contra Incendios.

Sección Ingeniería  
Contra Incendios

Ensayos

Inspección

Certificación

Estudios de  
Ingeniería

-C. Fuego

- R.Fuego

# OBJETIVOS

- Medir, describir y comparar las propiedades de diversos materiales utilizados en la construcción y el interior de edificios, en respuesta a la acción de una llama.
- Evaluación del riesgo de incendio real como parte de un estudio, considerando el uso del material.

# MATERIALES ENSAYADOS

- Revestimientos textiles
- Telas
- Plásticos autosoportantes
- Plásticos flexibles
- Espumas plásticas
- Pinturas y barnices sobre maderas

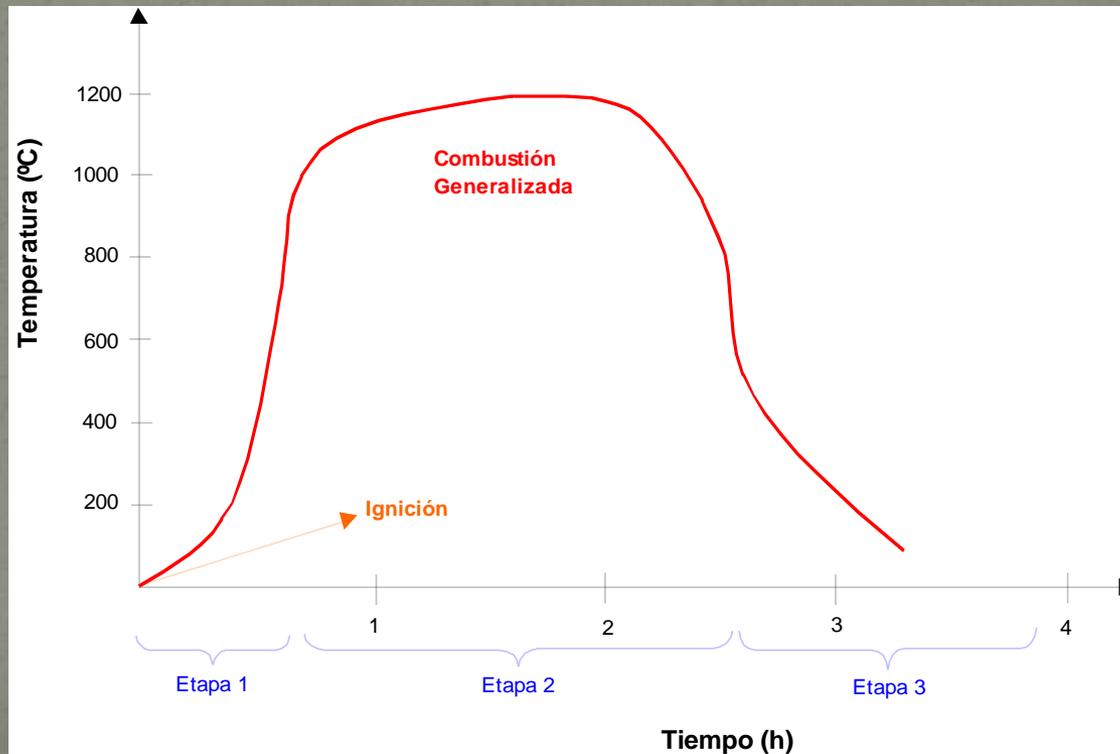
# MATERIALES

## ...en general

- Líquidos Inflamables (Temperaturas...)
- No autoextinguibles o fácilmente combustibles.
- Autoextinguibles
- NO Combustibles      NCh 1914/1

# Autoextinción

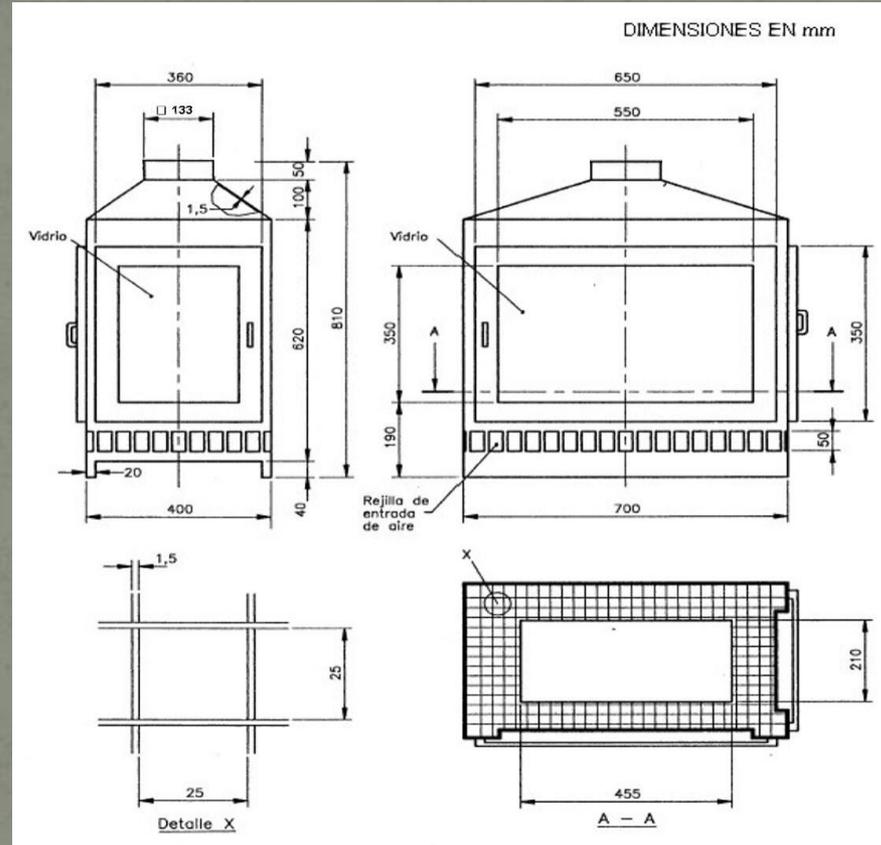
- Autoextinción.
  - Propiedad de no seguir combustionando, una vez retirada la llama.



# NORMATIVA

- NCh 1977 Of. 85
  - Revestimientos textiles
- NCh 1979 Of. 87
  - Telas
- NCh 2121/1 Of. 91 - ASTM D635-98
  - Plásticos Autosoportantes
- NCh 2121/2 Of. 91
  - Plásticos flexibles
- ASTM D4986 - 98 - UNE 53127
  - Espumas plásticas
- NCh 1974 Of. 86
  - Pinturas y Barnices

# ENSAYOS: General



Velocidad  
aire entre  
0,05 m/s  
0,2 m/s

# Textiles

- Origen
  - **Vegetal**
    - Algodón, yute, lino, cáñamo, etc.
  - **Animal**
    - Lana, alpaca, vicuña, crin, etc.
  - **Artificial**
    - Acetatos (seda artificial)
    - Poliésteres (dracón)
    - Acrílicos (orlón)
    - Viscosa
    - Fluorocarbonatos (teflón)
    - Caucho (latex)
    - Poliamidas (nylon)
- Poder calorífico según origen



# ENSAYOS:

## Revestimientos textiles

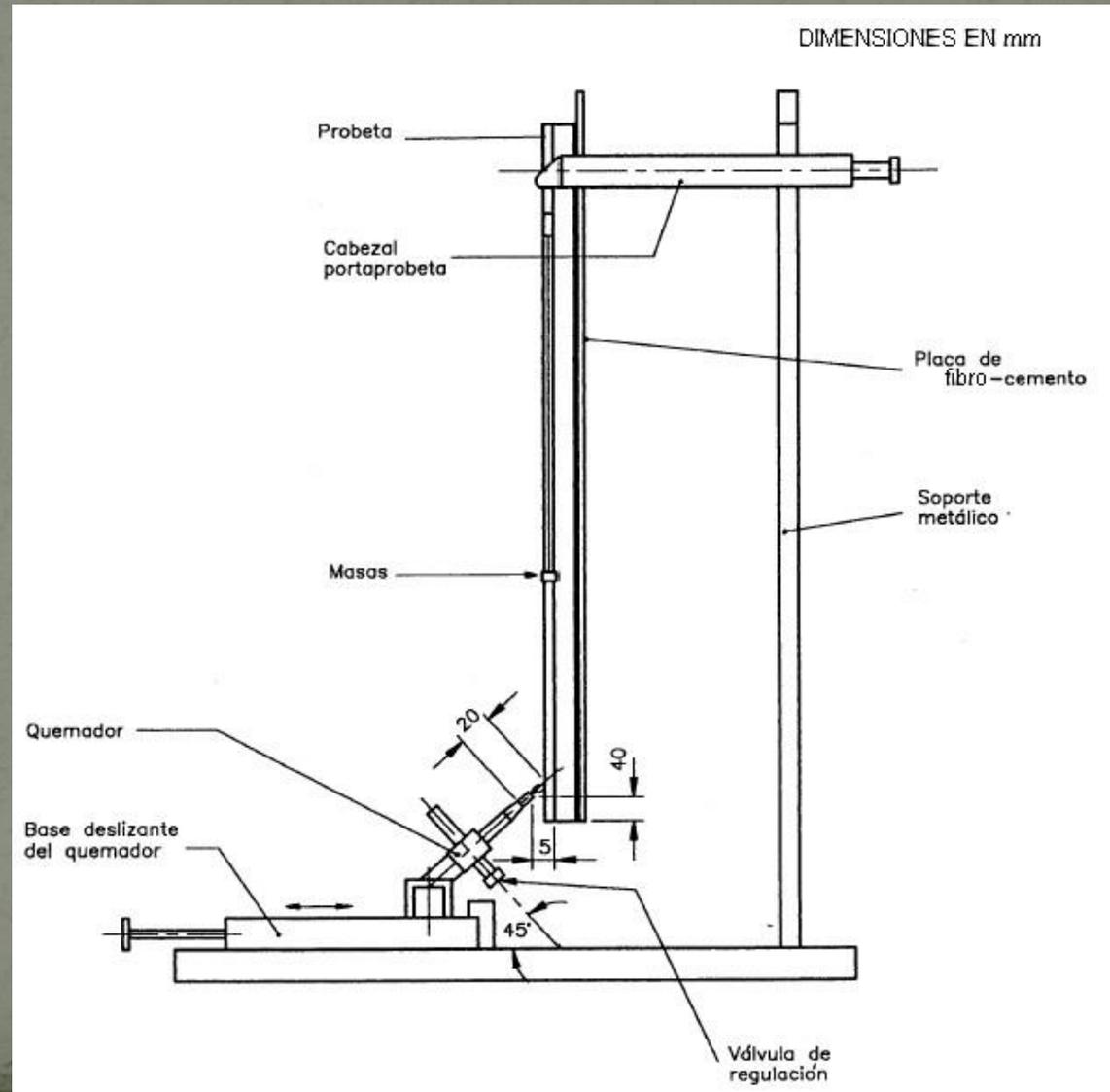
- Muestra superior a 1,5 m<sup>2</sup>
- 10 Probetas de 340 mm x 104 mm
- Marca a 40 mm de un extremo
- Acondicionamiento (72 horas)
  - Temperatura  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$
  - Humedad Relativa  $65\pm 2\%$
- Trasladar probetas en depósito acondicionado, y masar cada una.

# ENSAYOS:

## Revestimientos textiles

- Montar la probeta
  - Placa de fibrocemento (Secada a 110°C)
  - Marco metálico
  - Clips
  - Hilo de algodón
- Aplicar llama con quemador normalizado
  - Combustible: Propano
  - Altura de llama: 20 mm
  - Presión del gas 5 kPa
  - Inclinación del quemador: 45°
  - Distancia de la probeta: 5 mm

# ENSAYOS: Revestimientos textiles



# ENSAYOS:

## Revestimientos textiles

- La llama se aplica durante 15 s a las primeras 5 probetas.
- Si arden más de 2 segundos 3 o más probetas se ensayan 5 probetas más, pero se aplica la llama durante 5 s.
- Se mide :
  - Tiempo de ardido o tiempo de combustión con llama
  - Tiempo de combustión sin llama
  - Extensión de quemado (Largo y Ancho)
  - Pérdida de masa porcentual

# ENSAYOS:

## Revestimientos textiles

- Tabla de resultados.

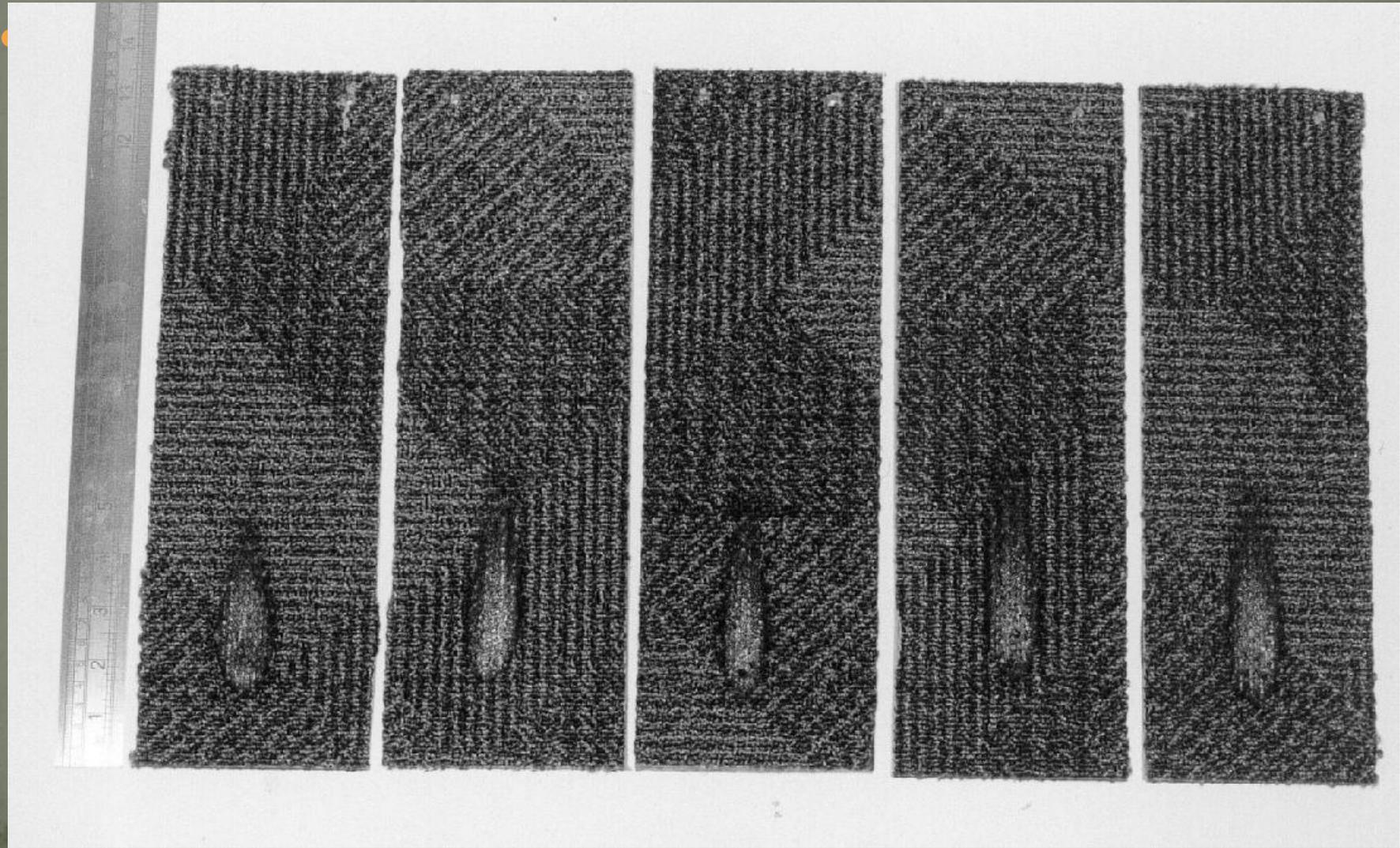
Nº	Masa	Masa	Tiempo	Lapso combustión	Lapso combustión	Largo	Ancho
Probeta	Inicial [g]	final [g]	exposición [s]	con llama [s]	sin llama [s]	quemado [mm]	quemado [mm]
1	195,60	195,50	15	0	0	48	18
2	186,42	186,37	15	0	0	47	22
3	189,23	189,43	15	0	0	56	19
4	189,56	189,56	15	0	0	52	19
5	188,83	188,82	15	0	0	55	22
Masa por unidad de área del revestimiento						0,0184	[g/cm <sup>2</sup> ]
Masa por unidad de área del producto(*)						0,5371	[g/cm <sup>2</sup> ]
Pérdida de masa media porcentual del producto (*)						0,00	[%]
Lapso de combustión con llama promedio						0	[s]
Lapso de combustión sin llama promedio						0	[s]
Longitud media quemada a lo largo del producto (*)						52	[mm]
Longitud media quemada a lo ancho del producto (*)						20	[mm]

# ENSAYOS:

## Revestimientos textiles



# ENSAYOS: Revestimientos textiles



# ENSAYOS:

## Telas

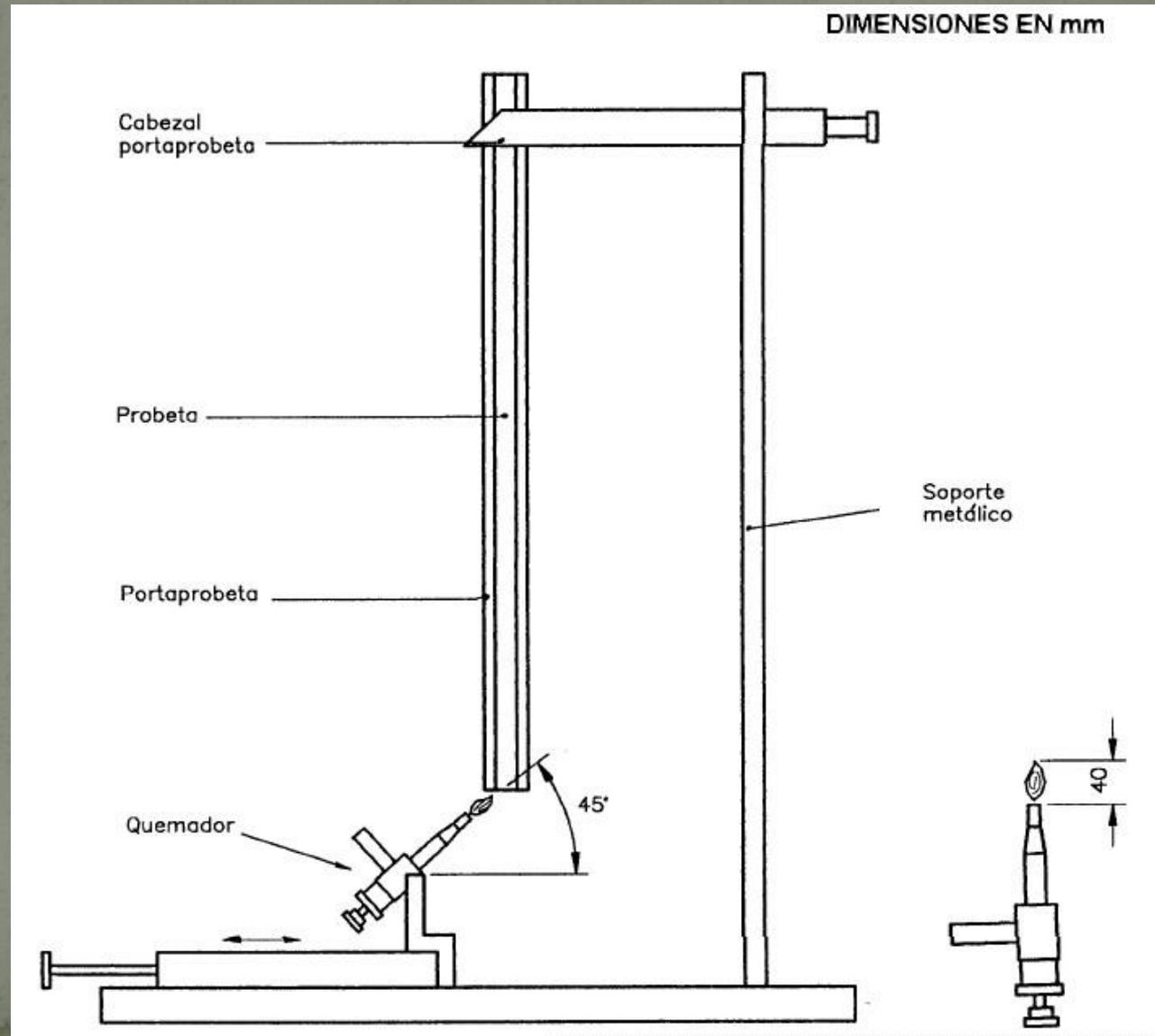
- Muestra superior a  $1,5 \text{ m}^2$
- 20 Probetas de  $340 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$
- No son marcadas.
- Acondicionamiento (72 horas)
  - Temperatura  $20 \pm 2^\circ\text{C}$
  - Humedad Relativa  $65 \pm 2\%$
- Trasladar probetas en depósito acondicionado, y masar cada una.

# ENSAYOS:

## Telas

- Montar la probeta
  - Entre dos marcos metálicos
  - Clips
- Aplicar llama con quemador normalizado
  - Combustible: Propano
  - Altura de llama: 40 mm
  - Presión del gas 5 kPa
  - Inclinación del quemador: 45°
  - Punta de llama en contacto con borde de tela

# ENSAYOS: Telas

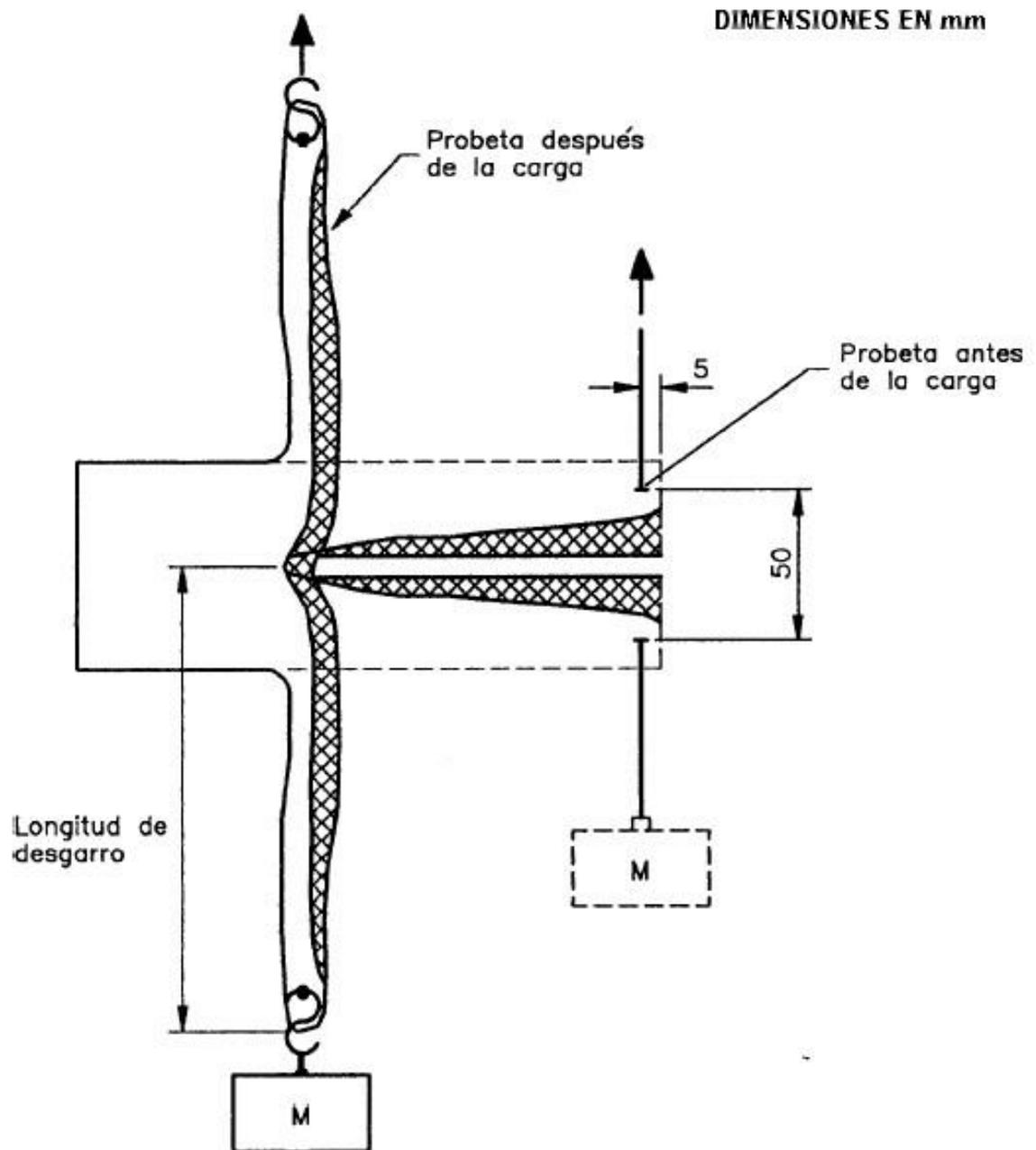


# ENSAYOS:

## Telas

- La llama se aplica :
  - 10 probetas, durante 3 s
  - 10 probetas, durante 15 s
- Se mide :
  - Tiempo de ardido o tiempo de combustión con llama
  - Tiempo de combustión sin llama
  - Pérdida de masa porcentual
  - Se hace ensayo de desgarro

# ENSAYOS: Telas



# ENSAYOS:

## Telas

- Ensayo de desgarro

MuA [g/m <sup>2</sup> ]	de 0 a 200	de 201 a 500	de 501 a 750	mayor a 750
Carga [g]	100	250	350	450

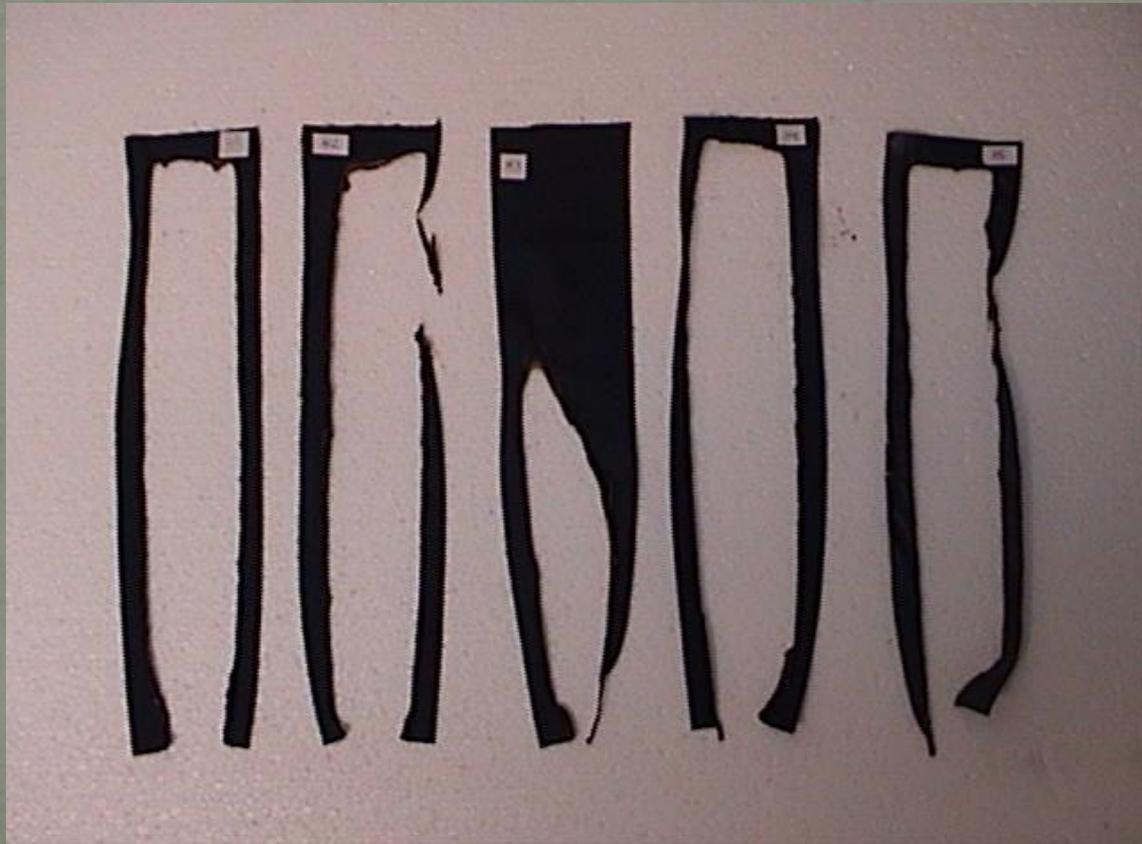
# ENSAYOS:

## Telas

Nº probeta	Sentido corte [trama, urdimbre]	Tiempo exposición [s]	Masa inicial [g]	Masa final [g]	Tiempo exposición [s]	Lapso combustión con llama [s]	Lapso combustión sin llama [s]	Longitud de desgarro [mm]
1	trama	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
2	trama	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
3	trama	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
4	trama	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
5	trama	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
6	urdimbre	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
7	urdimbre	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
8	urdimbre	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
9	urdimbre	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
10	urdimbre	3	X,XX	X,XX	X	X	X	X
11	trama	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
12	trama	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
13	trama	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
14	trama	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
15	trama	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
16	urdimbre	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
17	urdimbre	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
18	urdimbre	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
19	urdimbre	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X
20	urdimbre	15	X,XX	X,XX	X	X	X	X

Masa por unidad de área de la muestra		X,XXX	[g/cm <sup>2</sup> ]
Masa utilizada en la determinación de la longitud de desgarro		X	[g]
Pérdida de masa media porcentual de la muestra (3 s de exposición)		X,X	[%]
Pérdida de masa media porcentual de la muestra (15 s de exposición)		X,X	[%]
Lapso de combustión con llama promedio (15 s de exposición)		X	[s]
Lapso de combustión con llama promedio (3 s de exposición)		X	[s]
Lapso de combustión sin llama promedio (15 s de exposición)		X	[s]
Lapso de combustión sin llama promedio (3 s de exposición)		X	[s]
Longitud media de desgarro (3 s de exposición)		X	[mm]
Longitud media de desgarro (15 s de exposición)		X	[mm]

# ENSAYOS: Telas



# ENSAYOS:

## Telas

- Telas.



# ENSAYOS: Telas

Gráfico N° 1.

Masa por unidad de superficie de las muestras

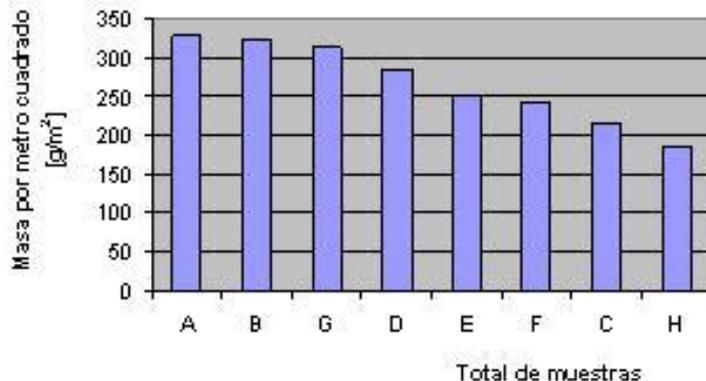


Gráfico N° 2.

Largo de Quemado de las muestras.

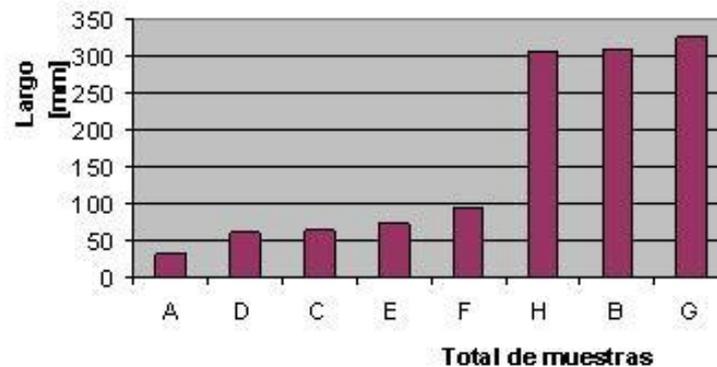


Gráfico N° 3.

Tiempo promedio de combustión con llama

Tiempo de exposición 15 s.

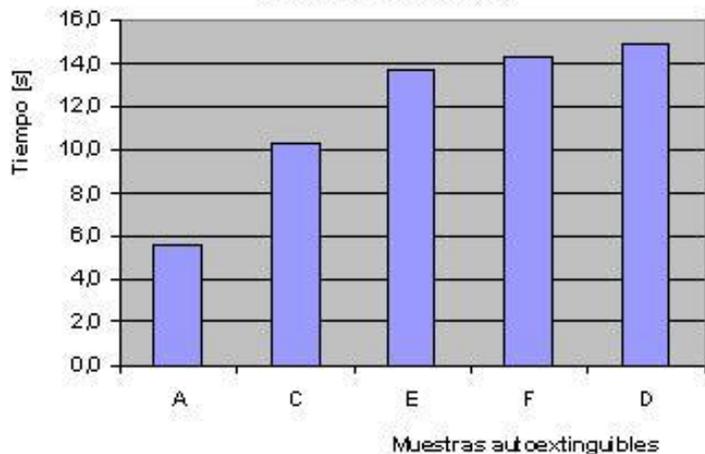
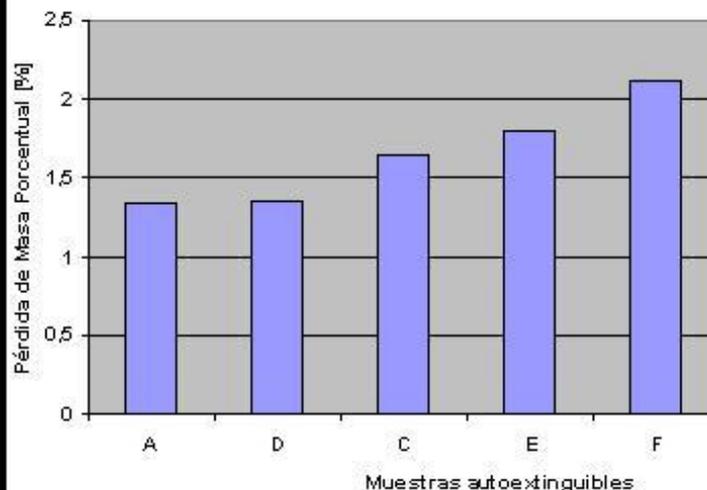


Gráfico N° 4.

Pérdida de Masa Media Porcentual



# Plásticos

- Ventajas
  - Reducido peso.
  - Adecuada resistencia mecánica
  - Fácil procesar y conformar
  - Excelente aislación térmica y eléctrica.
- Desventajas
  - Degradación
  - Fuego



# Plásticos

- Comportamiento al fuego
  - Poder calorífico elevado (20 a 50 MJ/kg).
  - Humo denso y tóxico.

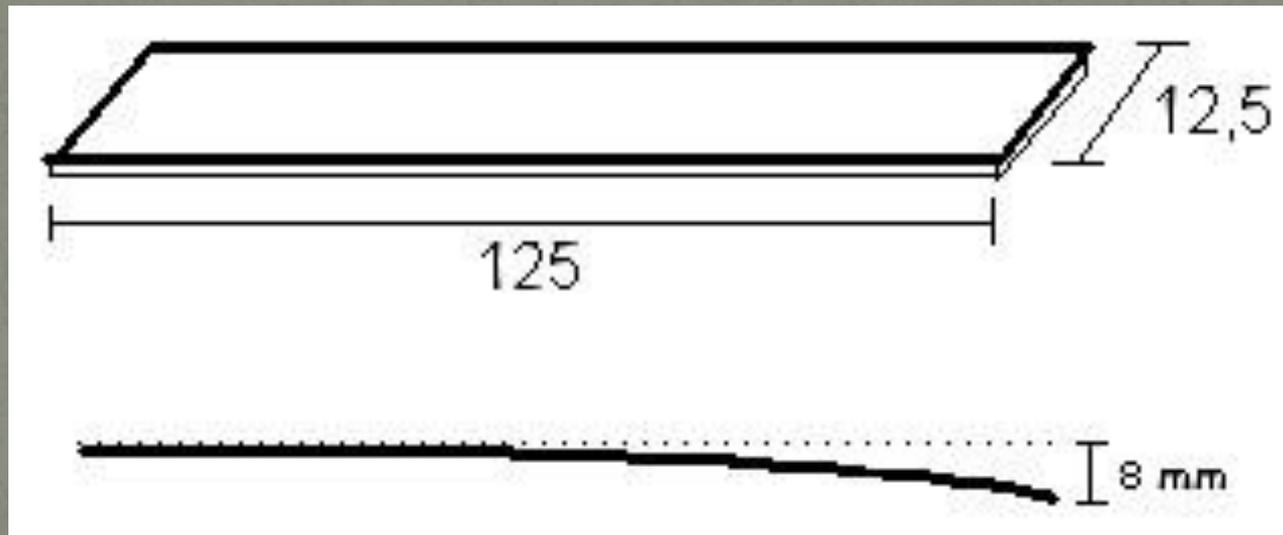
## PRODUCCIÓN DE HUMO Y OPACIDAD DE DISTINTOS MATERIALES

	Densidad óptica	Tiempo(min) obscurecimiento
Maderas y vegetales	1	10
Aglomerados celulósicos	1-2	5-10
Corcho	3	3,3
Espuma de poliestireno	5	2
PVC	10	1
Espuma de poliuretano	15	0,7

# ENSAYOS:

## Plásticos

- Plásticos autosoportantes
- Plásticos flexibles



# ENSAYOS:

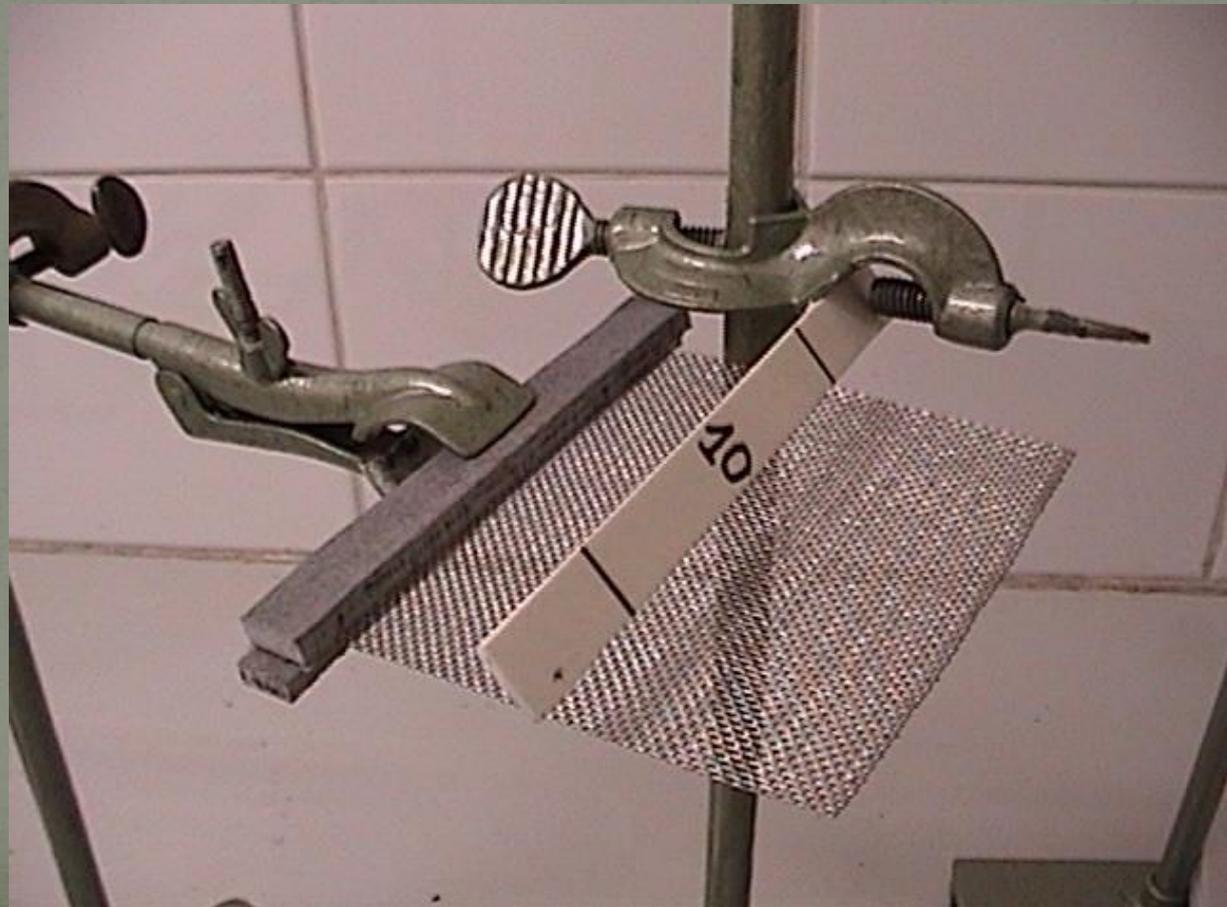
## Plásticos autosoportantes

- 10 Probetas de 125 mm x 12,5 mm
- Marcar probetas a 25 mm de sus extremos. (distancia entre marcas 75mm)
- Acondicionamiento (24 horas)
  - Temperatura  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$
  - Humedad Relativa  $50\pm 10\%$
- Trasladar probetas en depósito acondicionado, medir espesor y masar cada una.

# ENSAYOS:

## Plásticos autosoportantes

- Montar la probeta



# ENSAYOS:

## Plásticos autosoportantes

- Aplicar llama con quemador normalizado
  - Combustible: Propano
  - Altura de llama: 20 mm
  - Presión del gas no requerida en la Norma
  - Inclinação del quemador: 45°
  - Distancia de la probeta: Punta de llama en contacto con el extremo de la probeta

# ENSAYOS:

## Plásticos autosoportantes

- Aplicar llama durante 30 s. Desplazar quemador si fuese necesario.
- Se mide y registra:
  - El tiempo de combustión inicial (marca 25 mm)
  - El tiempo de combustión final (marca 100 mm)
  - Longitud quemada (si no alcanza marca 100 mm)
  - Tasa de combustión (si alcanza marca 100 mm)
  - El ensayo se termina si 3 probetas han alcanzado 2ª marca
  - Si sólo 1 o 2 probetas alcanzan la 2ª marca el ensayo se repite con 10 probetas más.

# ENSAYOS:

## Plásticos autosoportantes

Nº Probeta	Espesor [mm]	Masa inicial [g]	Masa final [g]	Tiempo combustión inicial(ti) [s]	Tiempo combustión final(tf) [s]	Tiempo combustión (tco) [s]	Extensión combustión [mm]	Tasa de combustión [cm/min]
1	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
2	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
3	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
4	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
5	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
6	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
7	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
8	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
9	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
10	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
...20	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
Número total de probetas ensayadas							X	Nº
Número de probetas quemadas hasta la <u>X<sup>a</sup></u> marca de referencia							X	Nº
Espesor medio de las probetas							X,XX	[mm]
Tiempo medio de combustión inicial							X,X	[s]
Tiempo medio de combustión final							X,X	[s]
Tiempo medio de combustión							X,X	[s]
Extensión media de combustión <i>(nota sobre probetas consideradas)</i>							X,X	[mm]
Tasa media de combustión <i>(nota sobre probetas consideradas)</i>							X,XX	[cm/min]
Masa por unidad de área							X,XXX	[g/cm <sup>2</sup> ]
Pérdida de masa media porcentual <i>(nota sobre probetas consideradas)</i>							X,X	[%]

# ENSAYOS:

## Plásticos autosoportantes

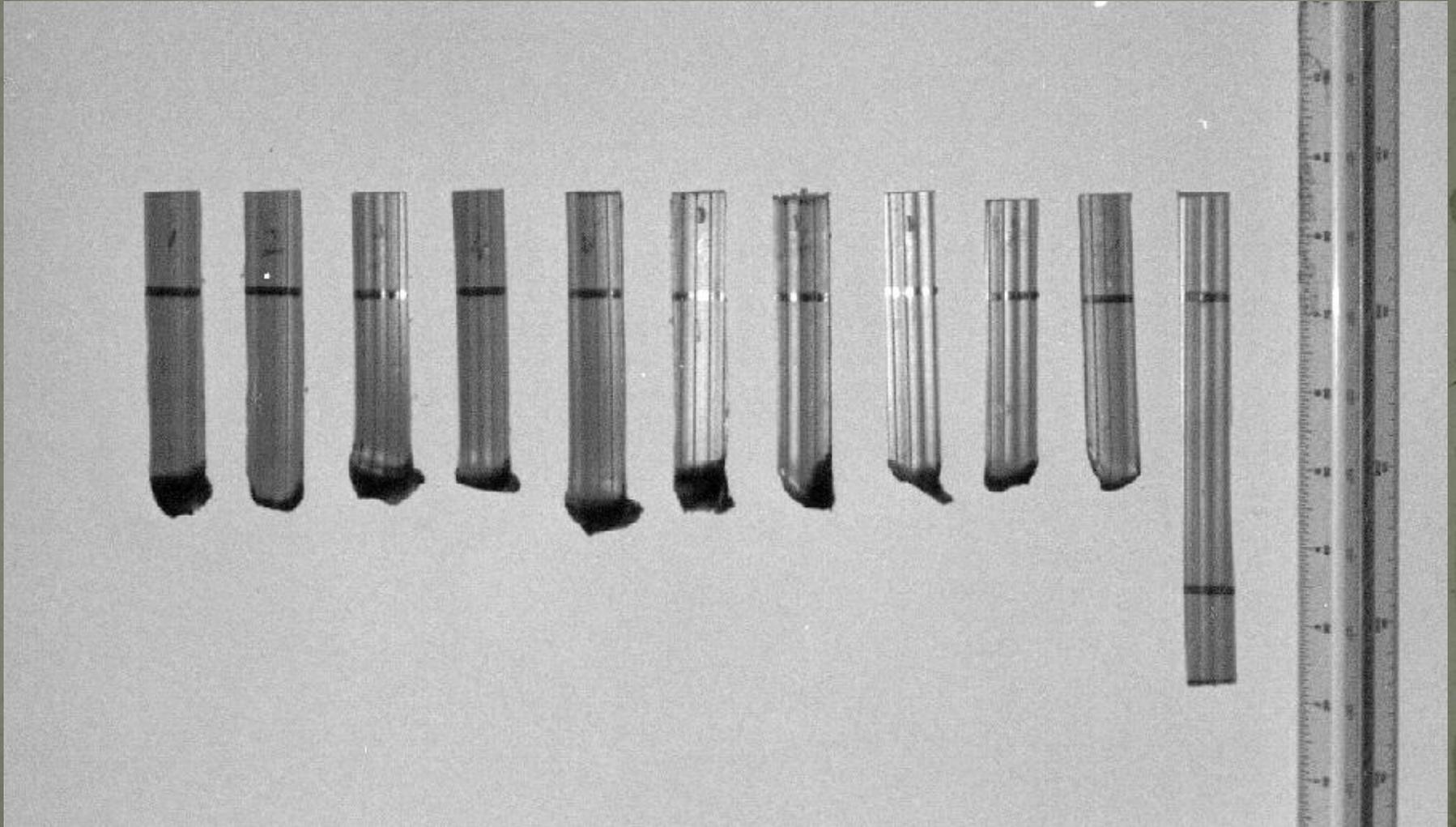


# ENSAYOS:

## Plásticos autosoportantes

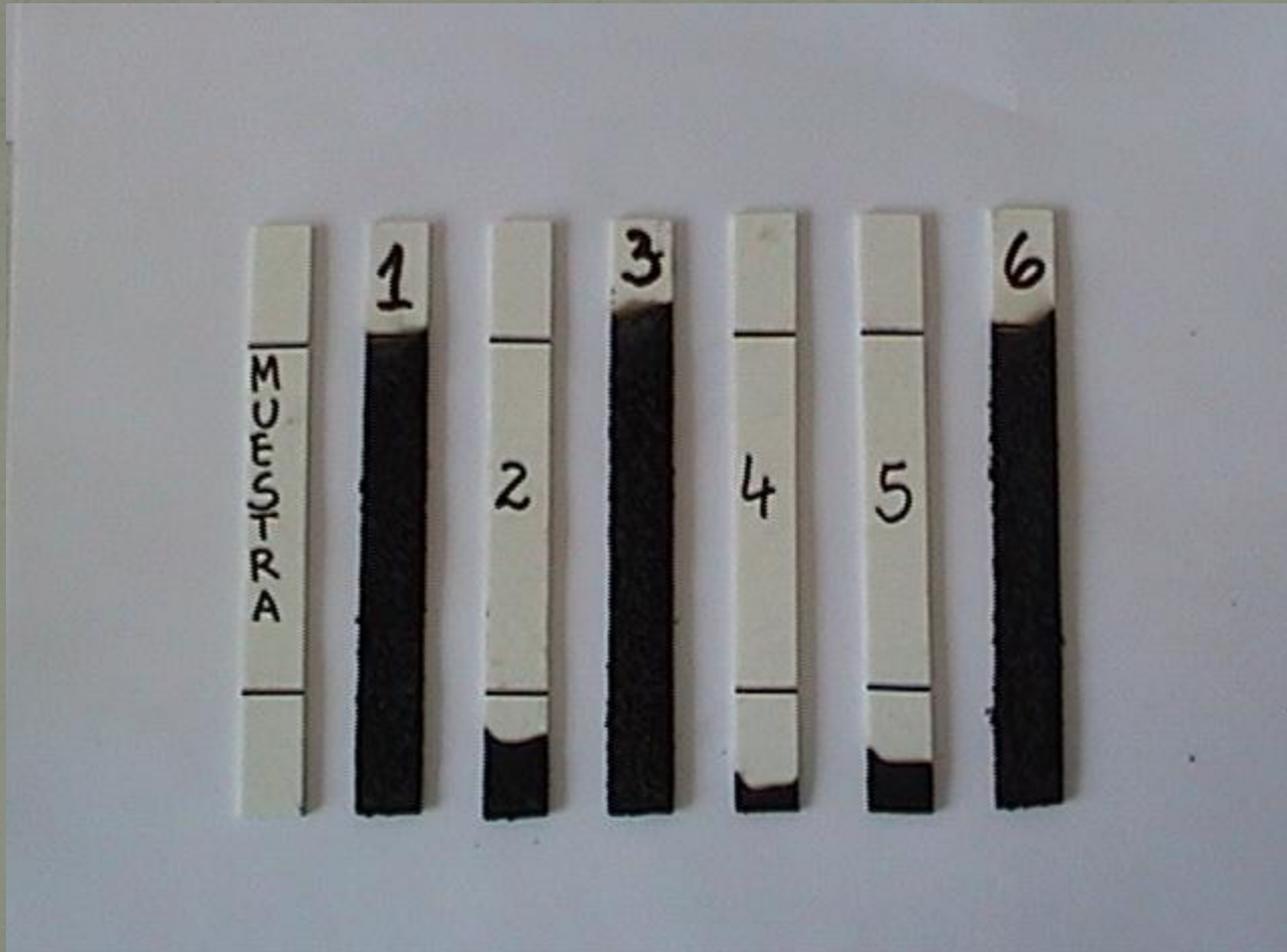


# ENSAYOS: Plásticos autosoportantes



# ENSAYOS:

## Plásticos autosoportantes



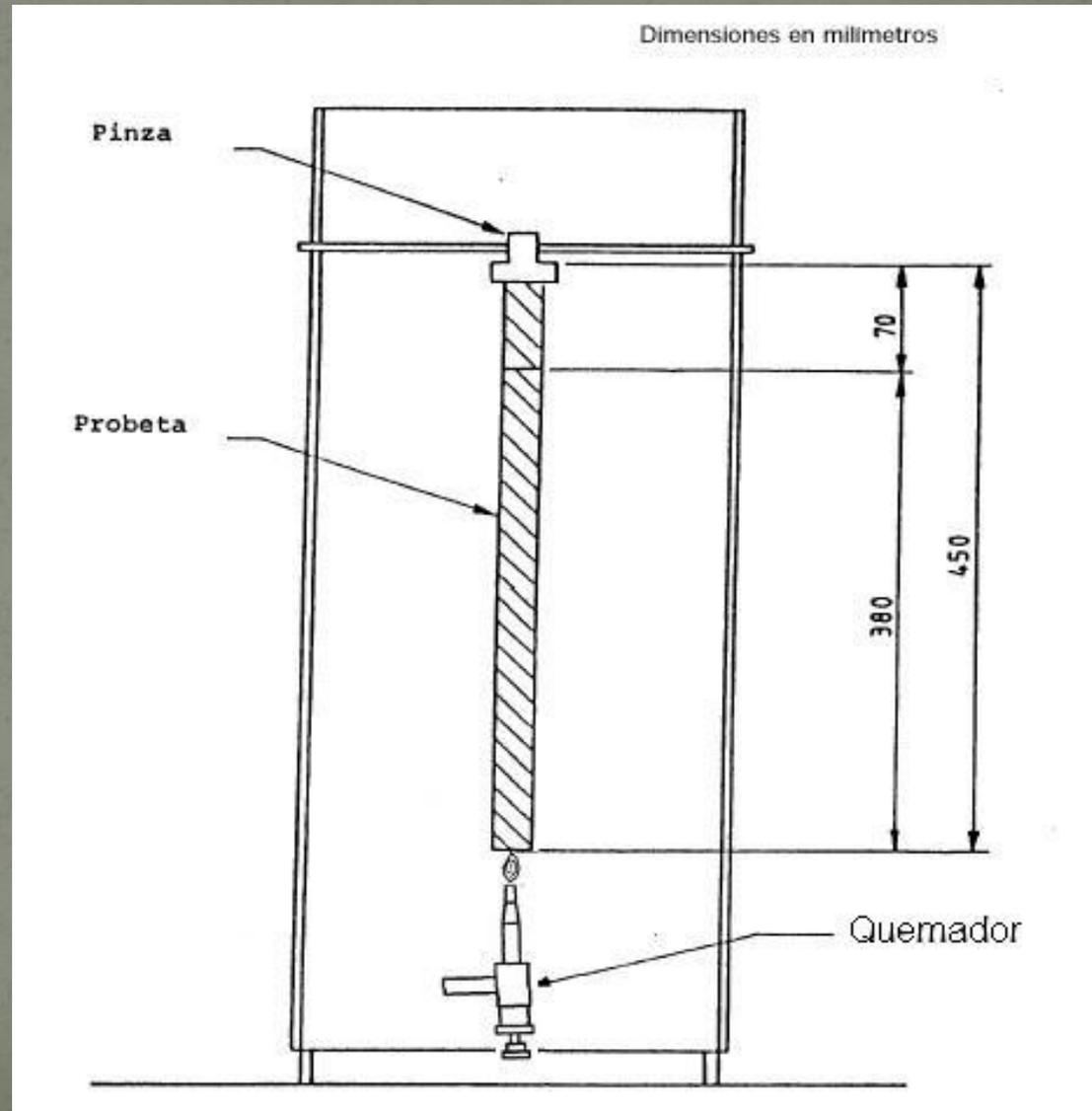
# ENSAYOS:

## Plásticos flexibles

- 10 Probetas de 450 mm x 25 mm
- Marcar probetas a 70 mm de uno de sus extremos.
- Acondicionamiento (24 horas)
  - Temperatura  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$
  - Humedad Relativa  $50\pm 10\%$
- Trasladar probetas en depósito acondicionado, medir espesor y masar cada una.

# ENSAYOS: Plásticos flexibles

- Montar



# ENSAYOS:

## Plásticos flexibles

- Aplicar llama con quemador normalizado
  - Combustible: Propano
  - Altura de llama: 20 mm
  - Presión del gas no requerida en la Norma
  - Distancia de la probeta: Punta de llama en contacto con el extremo de la probeta

# ENSAYOS:

## Plásticos flexibles

- Aplicar llama hasta que la probeta entre en ignición con un tiempo máximo de 15 s. (tiempo de combustión inicial)
- Se mide y registra:
  - El tiempo de combustión inicial
  - El tiempo de combustión final (marca 380mm)
  - Longitud quemada (si no alcanza marca 380 mm)
  - Tasa de combustión (si alcanza marca 380 mm)
  - El ensayo se termina si 3 probetas han alcanzado la marca
  - Si sólo 1 o 2 probetas alcanzan la 2ª marca el ensayo se repite con 10 probetas más.

# ENSAYOS:

## Plásticos flexibles

Nº Probeta	Espesor [mm]	Masa inicial [g]	Masa final [g]	Tiempo combustión inicial(t <sub>i</sub> ) [s]	Tiempo combustión final(t <sub>f</sub> ) [s]	Tiempo combustión (t <sub>co</sub> ) [s]	Extensión combustión [mm]	Tasa de combustión [cm/min]
1	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
2	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
3	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
4	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
5	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
6	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
7	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
8	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
9	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
10	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
...20	X,XX	X,XX	X,XX	X	X	X	X,X	X,XX
Número total de probetas ensayadas							X	Nº
Número de probetas quemadas hasta la marca de referencia							X	Nº
Espesor medio de las probetas							X,XX	[mm]
Tiempo medio de combustión inicial							X,X	[s]
Tiempo medio de combustión final							X,X	[s]
Tiempo medio de combustión							X,X	[s]
Extensión media de combustión <i>(nota sobre probetas consideradas)</i>							X,X	[mm]
Tasa media de combustión <i>(nota sobre probetas consideradas)</i>							X,XX	[cm/min]
Masa por unidad de área							X,XXX	[g/cm <sup>2</sup> ]
Pérdida de masa media porcentual <i>(nota sobre probetas consideradas)</i>							X,X	[%]

# ENSAYOS: Plásticos flexibles



# ENSAYOS: Plásticos flexibles



# ENSAYOS: Espumas plásticas



# ENSAYOS:

## Espumas plásticas

- 10 Probetas de 150 mm x 50 mm con un espesor máximo de 13 mm.
- Marcar probetas a 25 mm de sus extremos. (distancia entre marcas 100mm)
- Acondicionamiento
  - 5 Probetas durante 48 h
    - Temperatura  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$
    - Humedad Relativa  $50\pm 5\%$
  - 5 Probetas durante 168 h
    - Temperatura  $70\pm 2^{\circ}\text{C}$
    - Enfriar en desecador con cloruro de calcio anhidro

# ENSAYOS:

## Espumas plásticas

- Aplicar llama con mechero bunsen normalizado
  - Combustible: Metano - Gas Natural comercial
  - Altura de llama: 38 mm
  - Presión del gas no requerida en la Norma
  - Distancia de la probeta: Boquilla del quemador a 13 mm del borde inferior de la probeta

# ENSAYOS:

## Espumas plásticas

- Aplicar llama durante 60 s.
- Se mide y registra:
  - El tiempo de combustión inicial (marca 25 mm)
  - El tiempo de combustión final (marca 125 mm)
  - El tiempo de combustión sin llama.
  - Longitud quemada (si no alcanza marca 125 mm)
  - Tasa de combustión (si alcanza marca 125 mm)

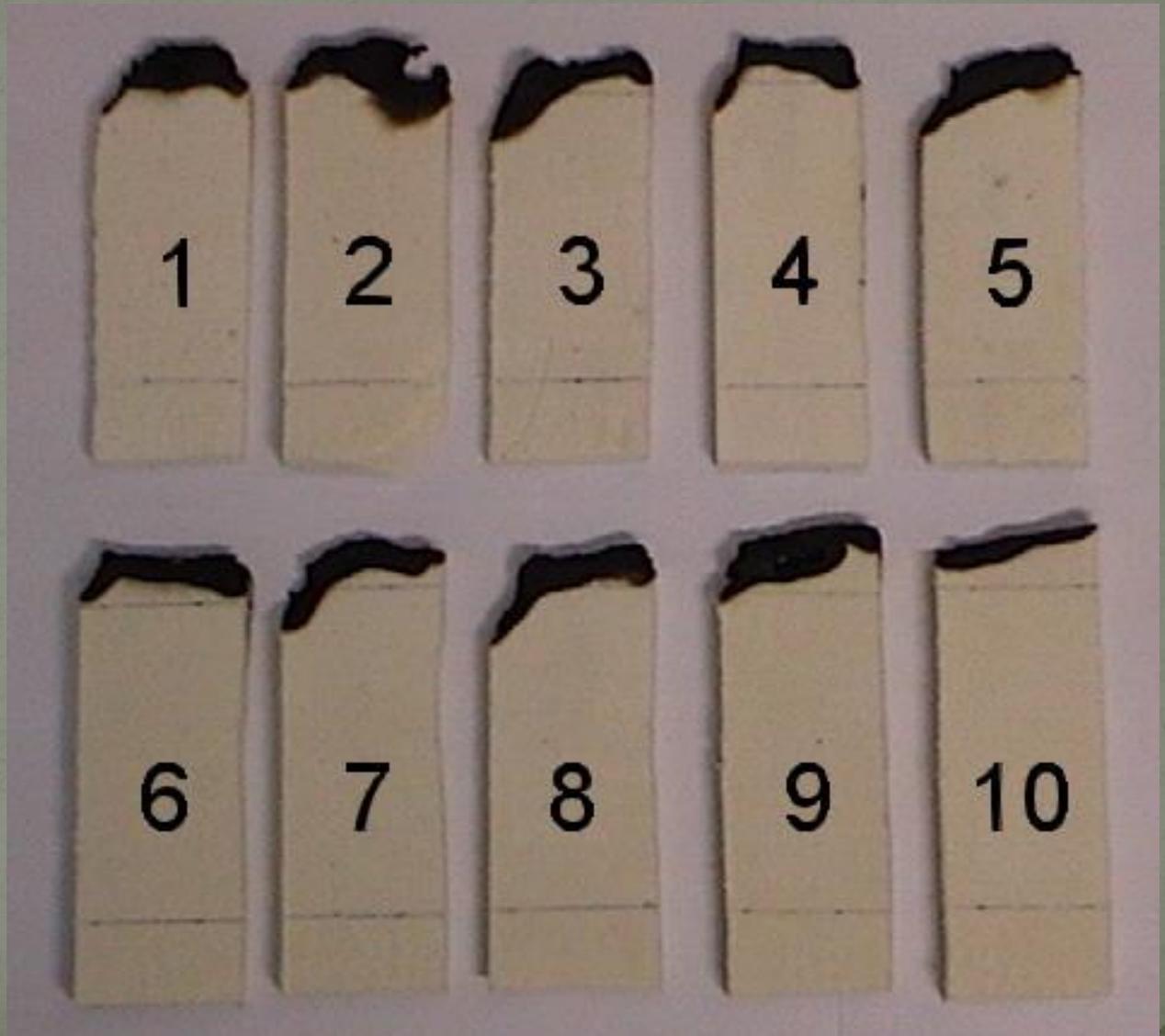
# ENSAYOS:

## Espumas plásticas

Nº Probeta	Acondicionamiento.	Espesor [mm]	Masa inicial [g]	Masa final [g]	Tiempo combustión inicial(ti) [s]	Tiempo combustión final(tf) [s]	Tiempo combustión sin llama(tsll) [s]	Tiempo combustión (tco) [s]	Extensión combustión [mm]	Tasa de combustión [cm/min]
1	23 ± 2 °C y 50 ± 5 %HR	X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
2		X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
3		X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
4		X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
5		X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
6	70 ± 2 °C y deseccado r	X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
7		X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
8		X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
9		X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
10		X,X	X,XX	X,XX	X	X	X	X	X	X,XX
Espesor medio de las probetas								X,XX	[mm]	
Densidad media aparente								X,X	[kg/m <sup>3</sup> ]	
Tiempo medio de combustión inicial								X,X	[s]	
Tiempo medio de combustión final								X,X	[s]	
Tiempo medio de combustión sin llama								X,X	[s]	
Tiempo medio de combustión								X,X	[s]	
Extensión media de combustión								X,X	[mm]	
Tasa media de combustión								X,XX	[cm/min]	
Masa por unidad de área								X,XXX	[g/cm <sup>2</sup> ]	
Pérdida de masa media porcentual								X,X	[%]	
<i>(Nota explicativa)</i>										

# ENSAYOS:

## Espumas plásticas

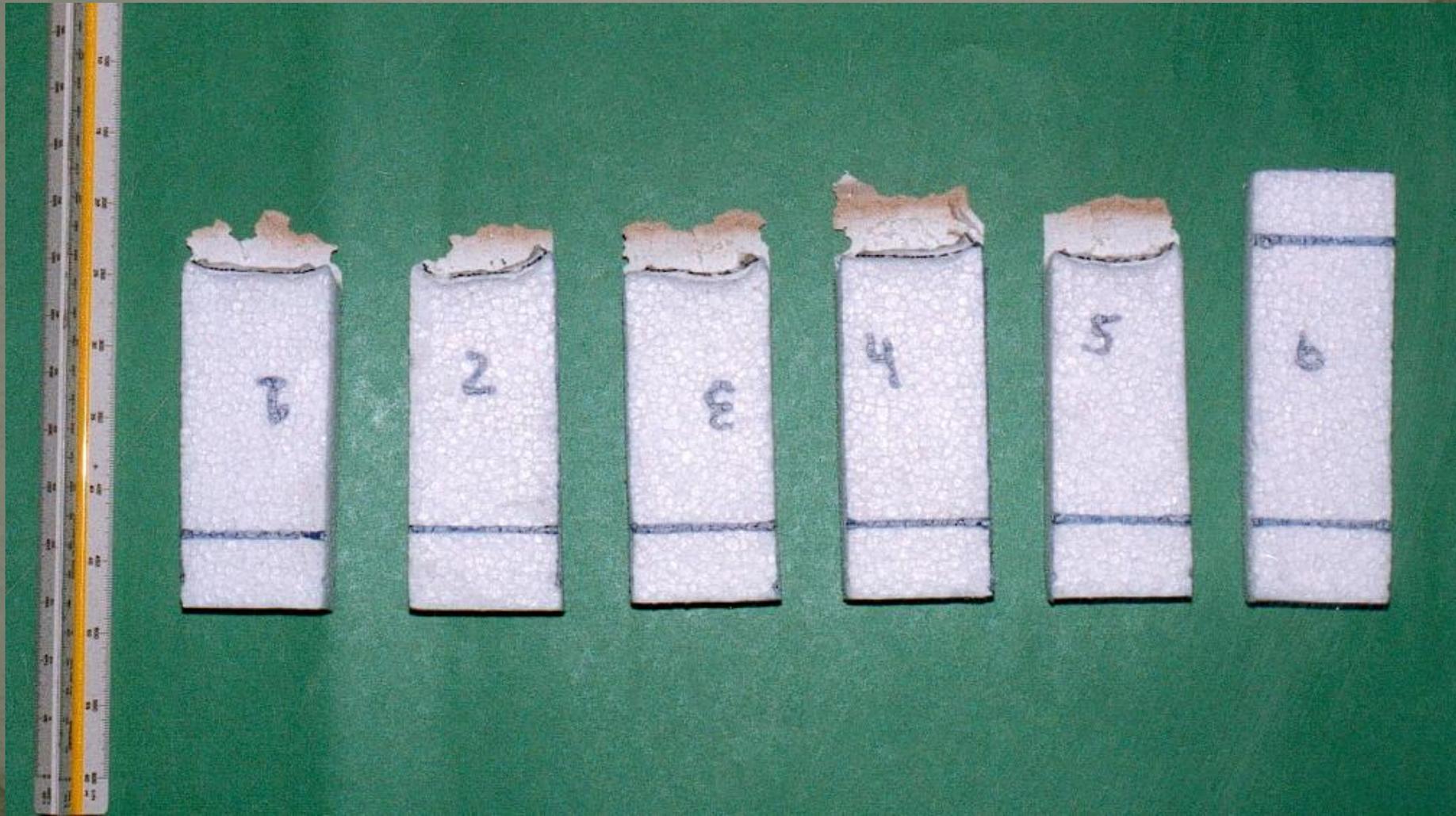


# ENSAYOS: Espumas plásticas



# ENSAYOS:

## Espumas plásticas

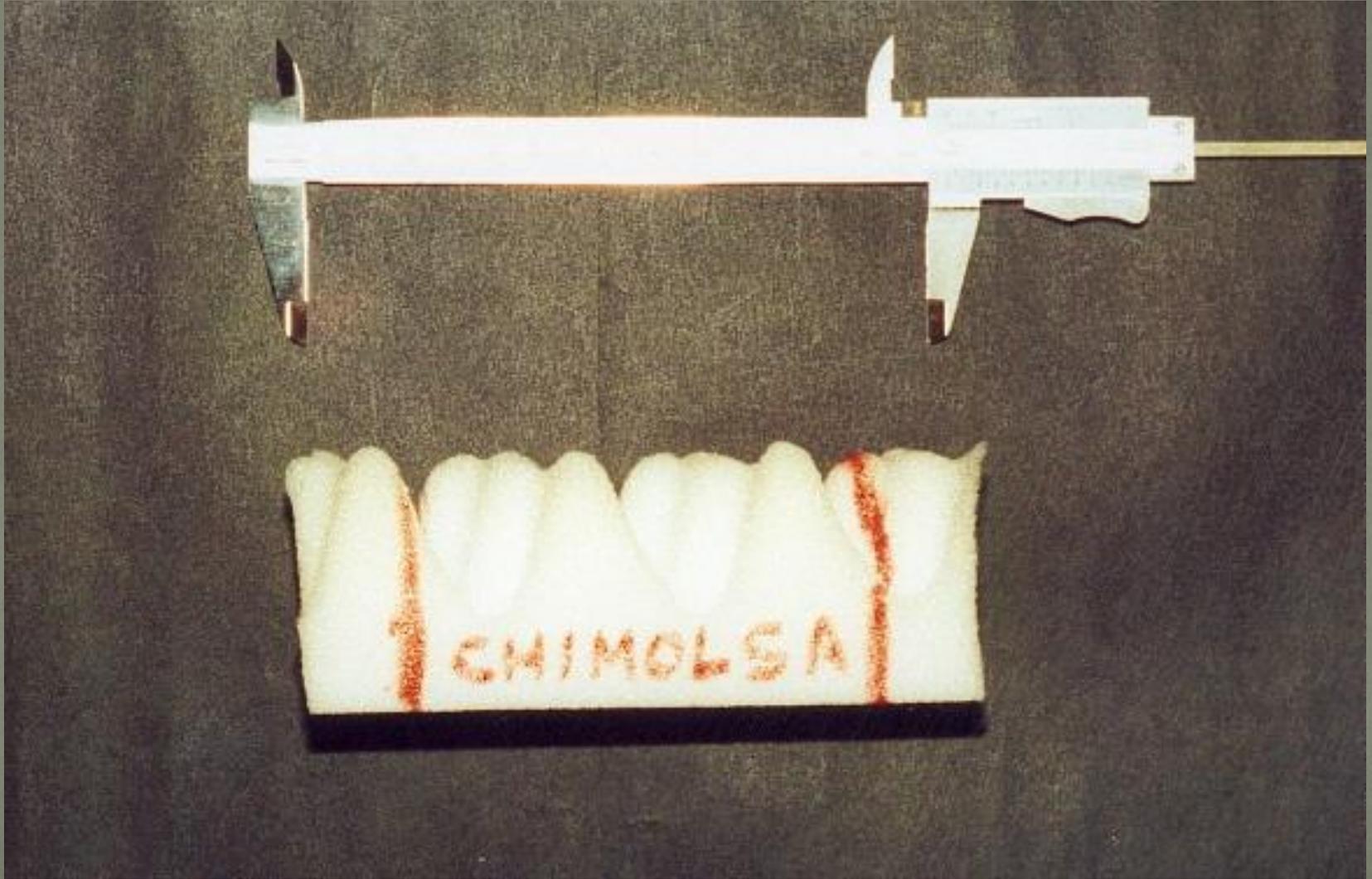


# ENSAYOS: Espumas plásticas



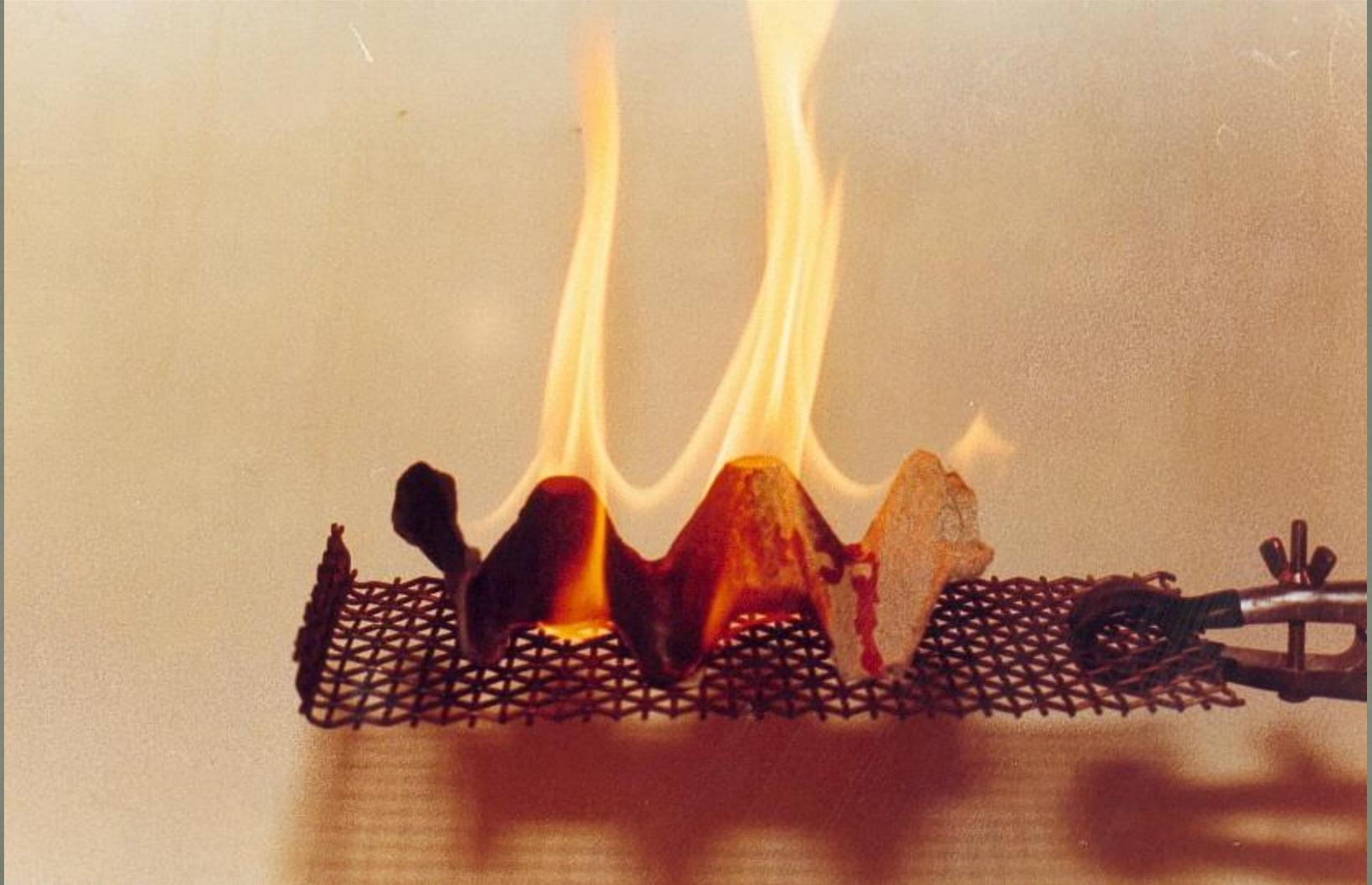
# ENSAYOS:

## Espumas plásticas



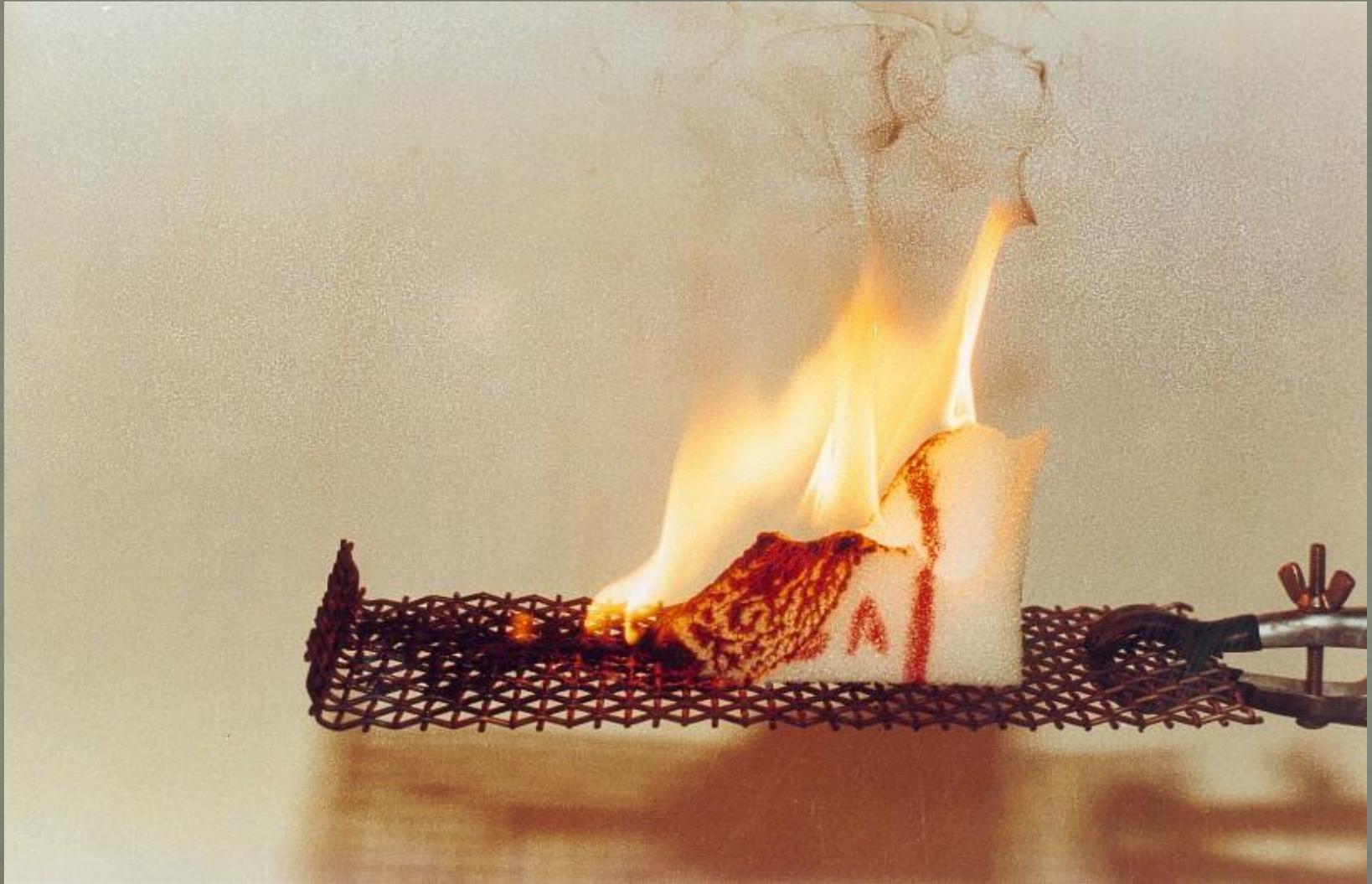
# ENSAYOS:

## Espumas plásticas



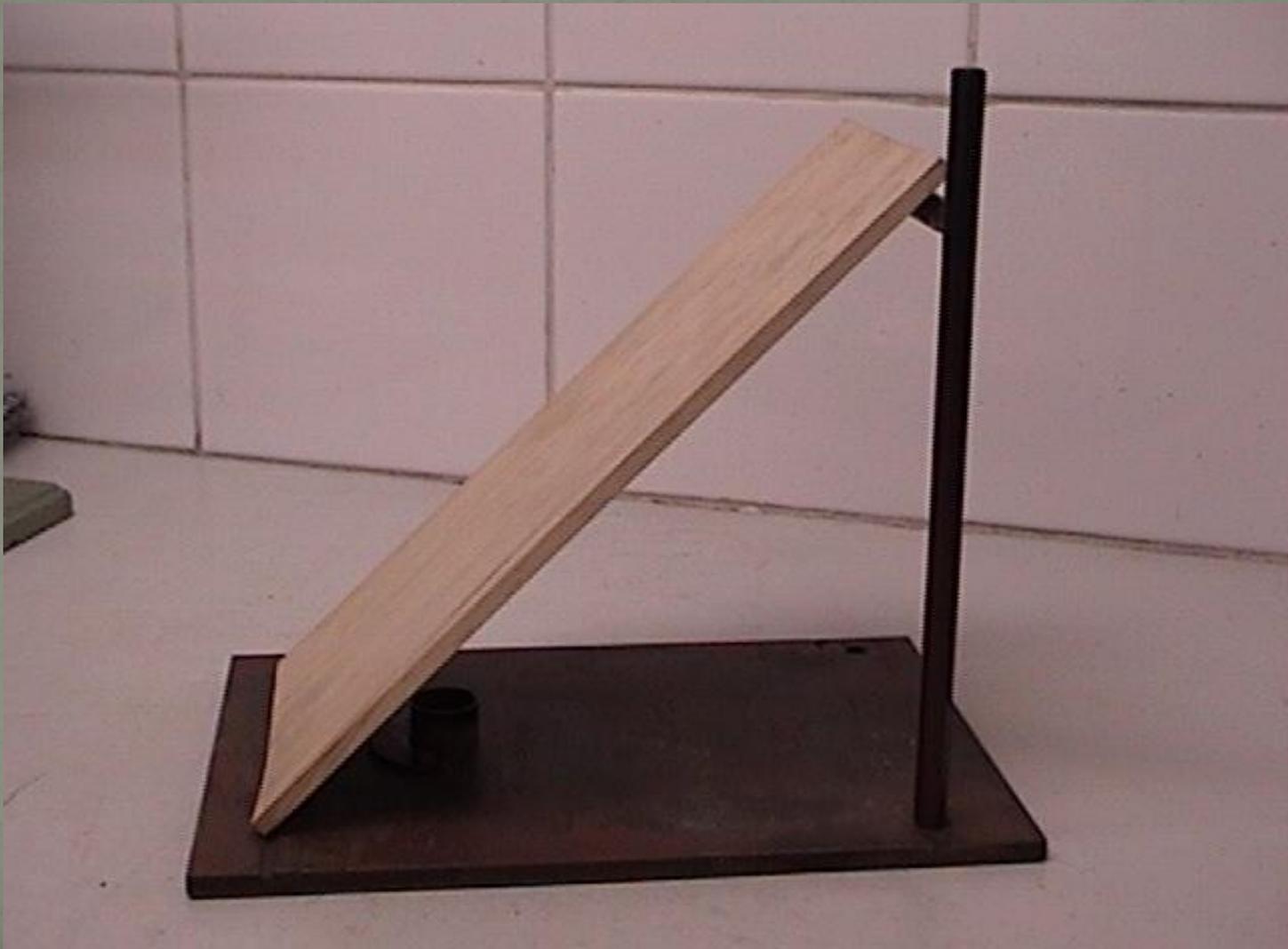
# ENSAYOS:

## Espumas plásticas

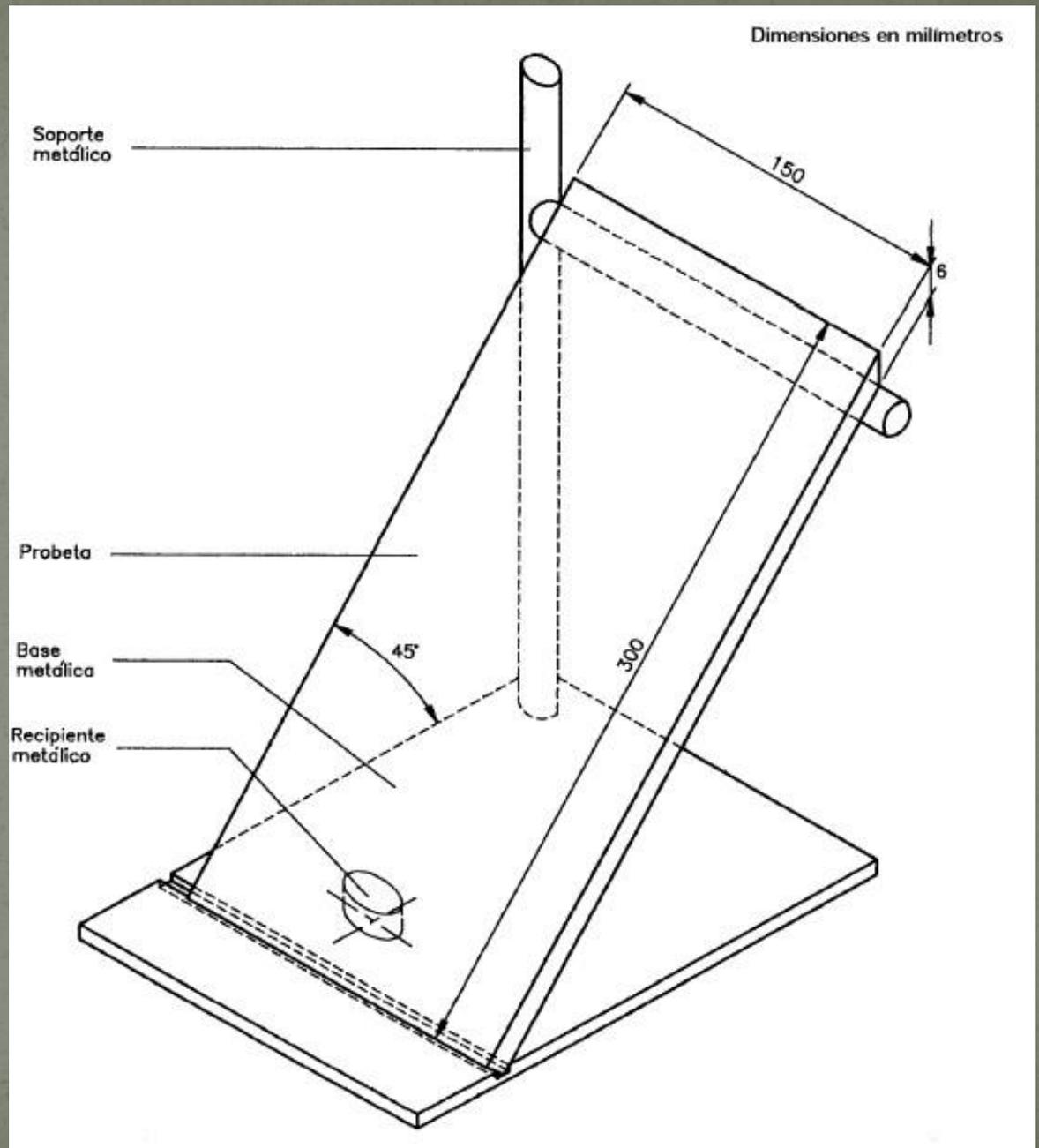


ENSAYOS:

Pinturas y barnices



# ENSAYOS: Pinturas



# ENSAYOS:

## Pinturas y barnices

- Madera Pino insigne, sin nudos ni imperfecciones, y de superficies cepilladas y lijadas. (otras como: Mañío, Álamo, Alerce, Raulí)
- Probetas de 300 mm x 150 mm x 6 mm
- Acondicionamiento de 14 días
  - Temperatura  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$
  - Humedad Relativa  $50\pm 5\%$
- Eliminar aquellas que no estén en el rango de masa (dependiendo de la madera)

# ENSAYOS:

## Pinturas y barnices

- Aplicar el producto a ensayar sobre las probetas, según las instrucciones del fabricante.
- Acondicionar las probetas 14 días.
  - Temperatura  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$
  - Humedad Relativa  $50\pm 5\%$
- Antes del ensayo colocarlas en un horno a  $50^{\circ}\text{C}$

# ENSAYOS:

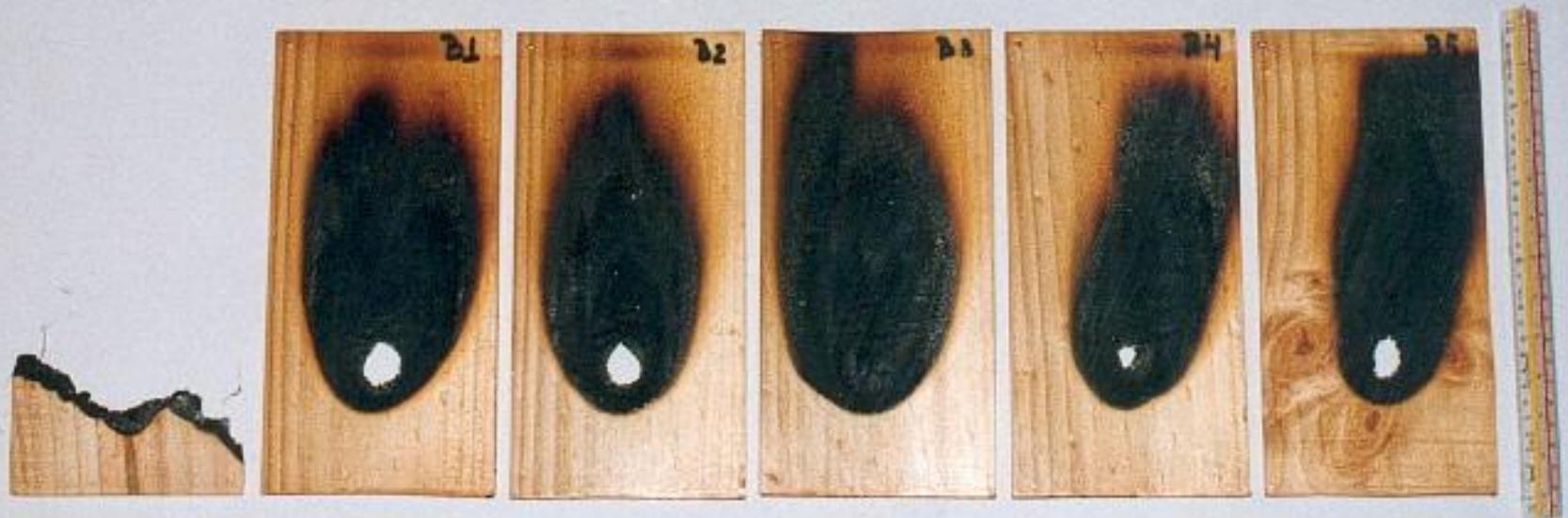
## Pinturas y barnices

- Colocar en recipiente cilíndrico 5 ml de etanol y encender con un fósforo.
- Medir
  - El tiempo de combustión final (cuando se apaga la llama)
  - Pérdida de masa
  - Índice de carbonización

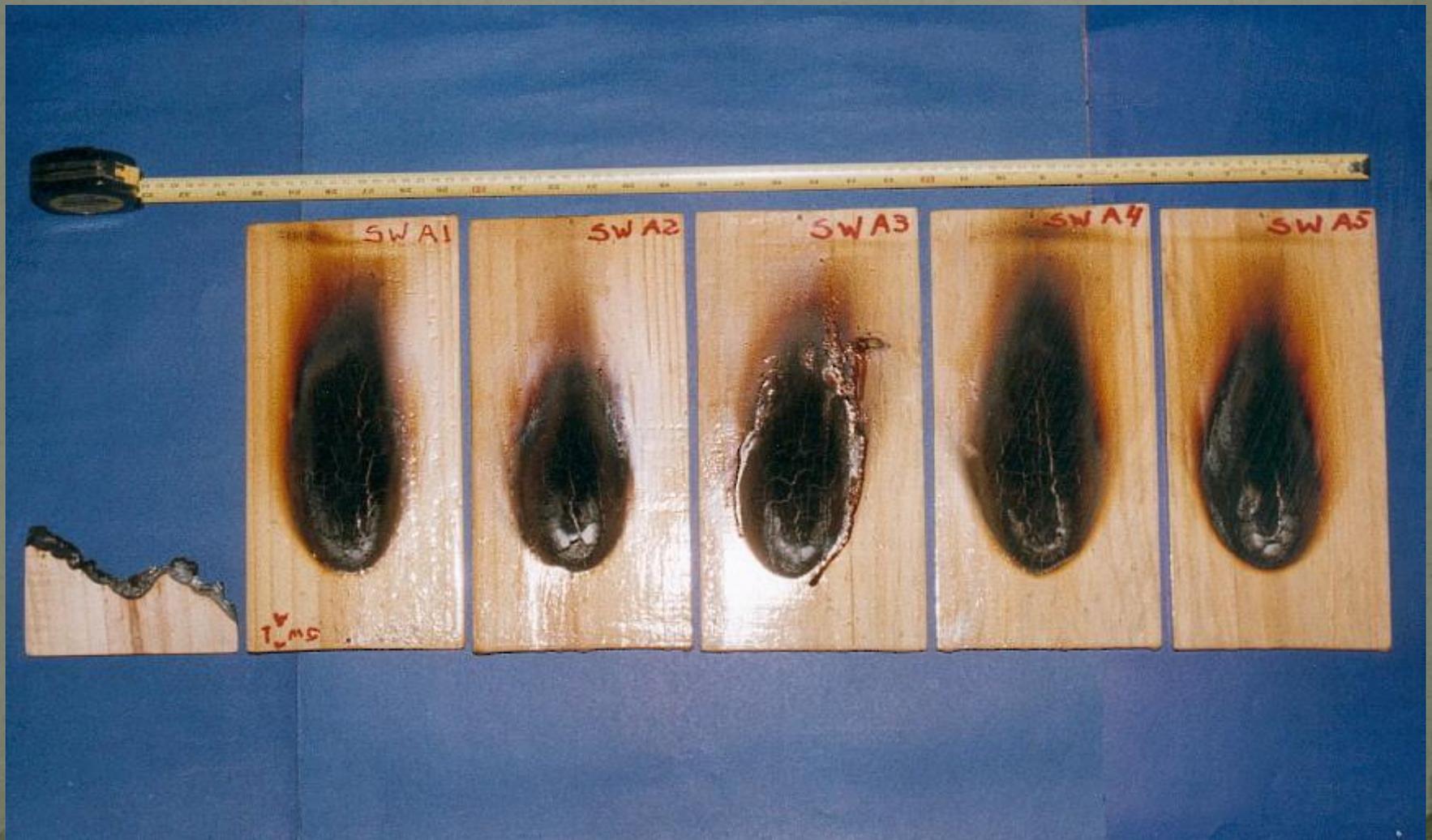
# ENSAYOS: Pinturas y barnices



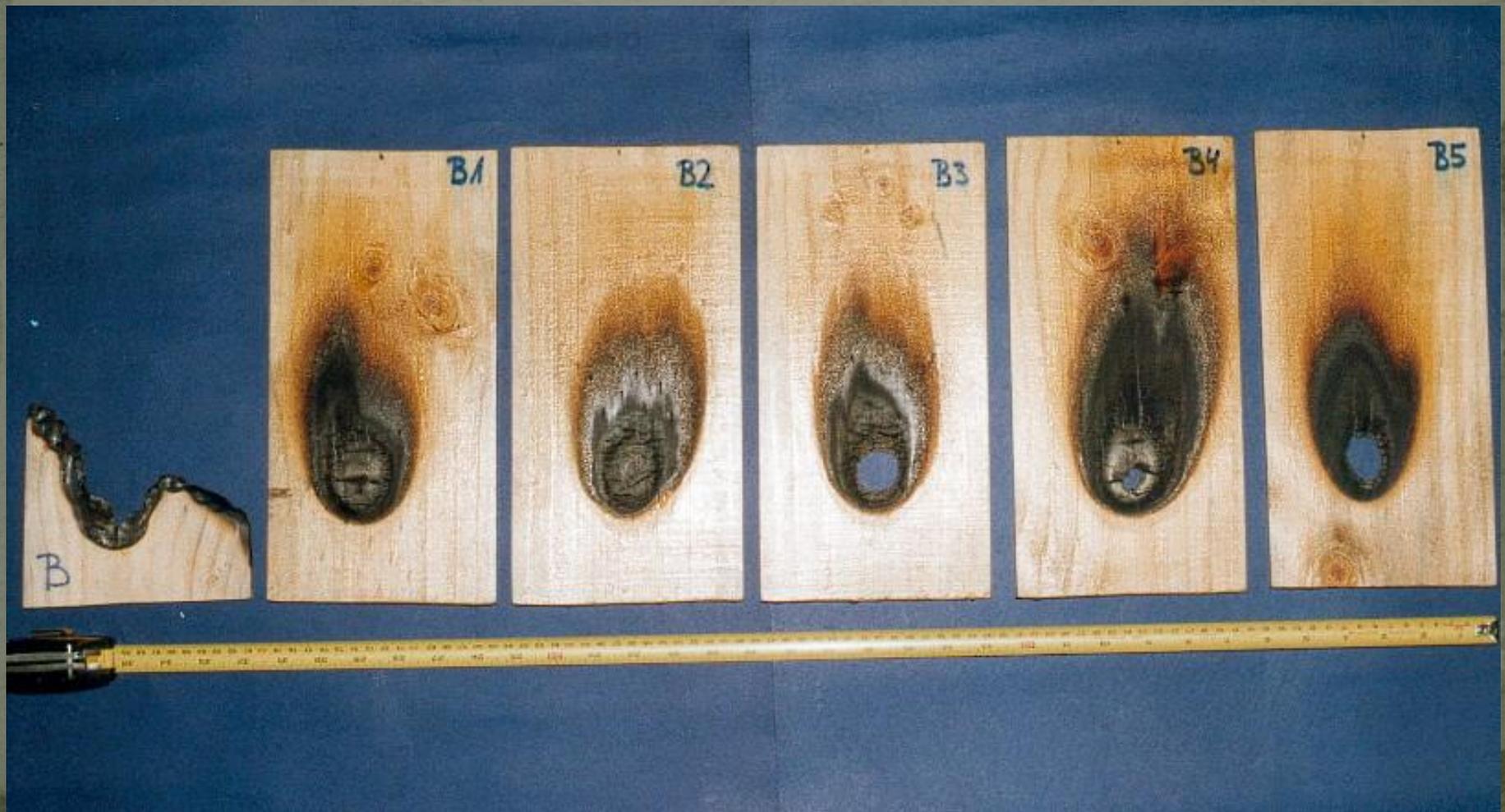
# ENSAYOS: Pinturas y barnices



# ENSAYOS: Pinturas y barnices



# ENSAYOS: Pinturas y barnices



# ENSAYOS: Pinturas y barnices

