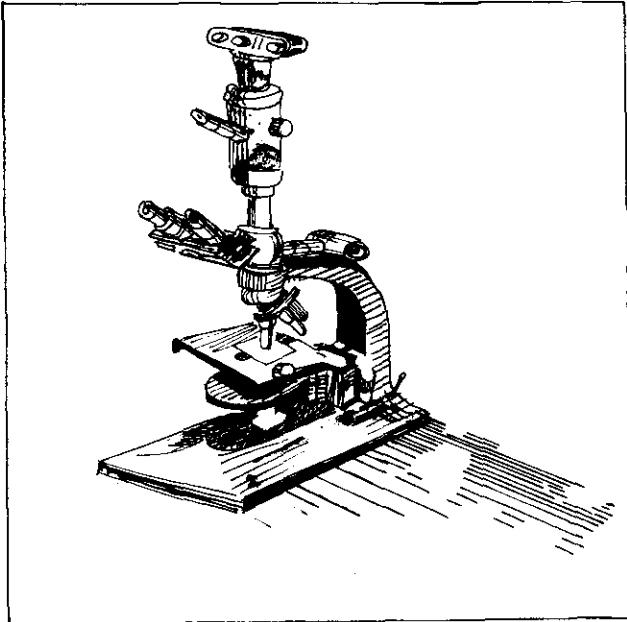


# Análisis Investigación.



Este trabajo fue presentado en las JORNADAS DE TRABAJO SOBRE PROTECCION RESPIRATORIA celebradas en West Virginia (USA) en Septiembre de 1980

## **ESTUDIO DE EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL PORTATIL, PARA HUMOS DE SOLDADURA.**

**FERNANDO DEL PINO LAZARO  
JOSE MANUEL LLAMAS LABELLA  
MANUEL RISQUET MILLAN  
G.T.P. DE SEVILLA**

### **INTRODUCCION**

Es un problema de difícil solución proteger a los soldadores que trabajan en recintos cerrados y de escaso volumen, de los gases y humos que se desprenden en su actividad laboral. Con frecuencia, los técnicos responsables de la Higiene y Seguridad de diversas empresas y, en especial, de construcción naval y desguaces de buques, se encuentran con el problema de proteger a los obreros que cortan o sueldan en recintos que, por su estrechez y escasa ventilación, son propicios para que humos y gases desprendidos en las operaciones mencionadas produzcan concentraciones muy elevadas, magnitudes que no son comparables a las que se suelen dar en puestos de trabajo de soldadura en espacios abiertos, donde es poco probable que superen las concentraciones límites permitidas.

En el manual Industrial Ventilación editado por A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) se prevé este problema y en la página 5-53 de la edición de 1974 se recoge el diseño de una campana móvil, para la extracción de gases y humos desprendidos en los procesos de soldaduras. De acuerdo con estos criterios, hay en el mercado algunos equipos comercializados que tienen como función extraer los humos en el foco de emisión y tras someterlos a un proceso de filtrado mecánico, expulsar

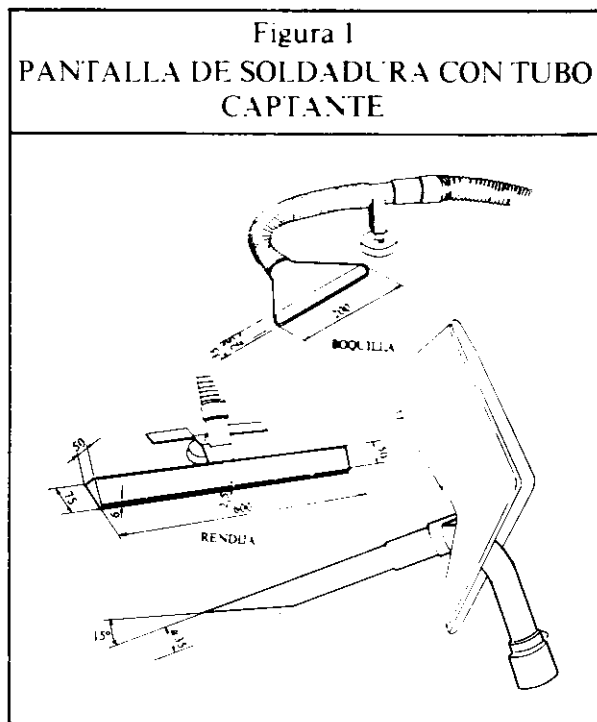
el aire ya limpio a las inmediaciones del usuario. Es, por tanto, un equipo portátil que puede definirse como de protección individual, al tener su campo de acción limitado a un solo usuario. Estos equipos han evolucionado y, en la actualidad, son bastante compactos, con el objeto de poder introducirlos por las bocas de hombre e instalarlos en recintos cerrados y angostos, donde su uso tiene mayor justificación.

## DESCRIPCION DEL EQUIPO UTILIZADO

Para realizar las pruebas experimentales, se utilizó un equipo comercializado, del que el fabricante daba las siguientes características:

- a. **Elemento extractor**  
Dimensiones: 820 x 320 x 415 mm.  
Peso: 15,5 Kg...  
Tensión del motor: 220 V c.a ó 48 V c.c.  
Velocidad del motor: 12.000 rpm  
Vacío máximo: 1.830 mm. c.d.a.  
Caudal de extracción: 210 m<sup>3</sup>/h a 500 mm. c.d.a.
- b. **Elemento filtrante**  
Peso: 4'5 Kg.  
Superficie filtrante activa: 14 m<sup>2</sup>  
Eficacia de depuración: 99%
- c. **Tubo de aspiración**  
Longitud normalizada: 5 m.  
Diámetro normalizado: 45 mm.
- d. **Elemento de captación**  
Al equipo se le podía acoplar varios elementos distintos de captación. Entre ellos, se estudiaron:
  - Rendija de 600 mm. de longitud por una anchura que variaba desde 2'5 mm. en el centro hasta 6 mm. en el exterior.
  - Campana de 200 mm. de longitud por 25 mm. de anchura.
  - Pantalla de soldadura captante, que consistía en una pantalla de soldadura normal que llevaba acoplado un tubo acodado de 35 mm. de diámetro interior, al que se le sometió a un corte en bisel, cuyo plano formaba un ángulo aproximado de 15° con el eje del tubo.

Todos estos elementos se muestran en la figura 1.



## DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

Los ensayos se realizaron en un recinto cerrado de 8,4 m<sup>3</sup>, que consistía en una cabina prismática de 1,85 x 1,85 m. de base por 2,45 m. de altura, construida en acero inoxidable, dentro de la cual se colocó el elemento de captación y parte del tubo de aspiración, situándose el resto del equipo en el exterior del recinto.

Con el objeto de someter al equipo a ensayos lo más adversos posible y que al mismo tiempo simularan situaciones reales, se desarrollaron dos tipos de ensayos:

- Ensayos con soldadura autógena.
- Ensayos con soldadura eléctrica.

Los ensayos con soldadura autógena consistieron en colocar un soplete oxiacetilénico, con boquilla del nº 0, equivalente a 0,5 - 1 mm. de diámetro, en un soporte de forma que la llama incidiera en una pastilla de plomo de 30 mm de diámetro que, se incrustó previamente en un ladrillo refractario.

# s Investigación.

La entrada de acetileno se fijó, con el manorreductor de la botella, a  $0,6 \text{ Kg/cm}^2$  y un caudal de 0,25 litros por minuto (medido con un rotámetro de precisión) y el oxígeno a  $3 \text{ Kg/cm}^3$  y  $0,75 \text{ l/minuto}$ .

Encendido el soplete, se puso en funcionamiento el equipo a probar, y cada 10 minutos se efectuó un muestreo de la concentración cerca del punto de captura, y tras una pantalla situada a 40 centímetros del punto de soldadura. Los muestreos se realizaron sobre filtros Millipore de 0,8 micrometros y 47 mm. de diámetro, a un caudal de 32 litros de aire por minuto. Los filtros, antes y después del ensayo, se estabilizaban en humedad dentro de un desecador con cloruro cálcico y gel de sílice con indicador de humedad.

Para su pesado antes y después del muestreo, se utilizó una balanza analítica con apreciación de 0,0001 gramo.

El ensayo para soldadura eléctrica se efectuó con un grupo portátil y se utilizó electrodo de 2,5 mm. de diámetro.

Se soldaba sobre acero galvanizado hasta consumir un electrodo, operación que duraba unos 2 minutos, y a continuación se descansaba 1 minuto para comenzar a continuación con un nuevo electrodo.

Los muestreos se realizaron en los mismos puntos utilizados en la soldadura autógena, siendo el sistema de muestreo y el material empleado de las mismas características.

Para definir la situación más conveniente de las pantallas captantes, se puso en marcha el equipo sometido a prueba y se midió la velocidad de aspiración en diversos puntos mediante un anemómetro de hilo caliente Alnor.

Los resultados obtenidos fueron:

## Rendija de 600 mm. de longitud.

En el plano ecuatorial se midió:

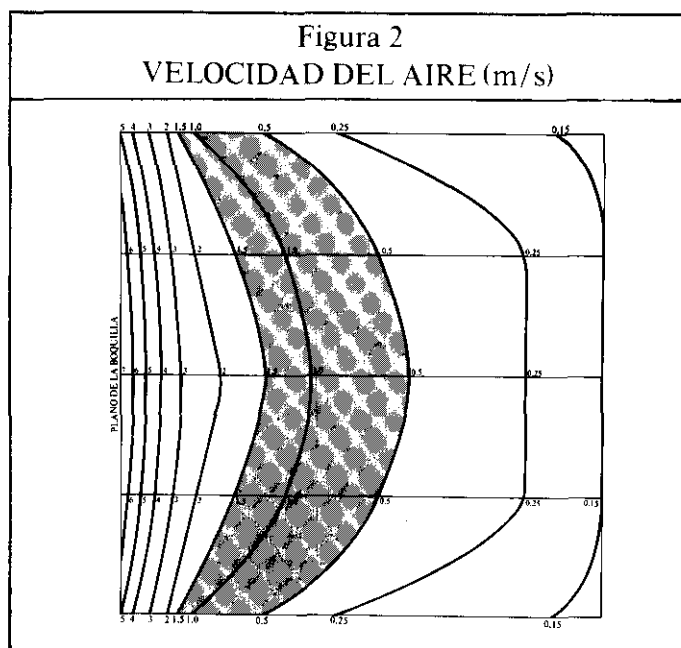
A 8 mm. de la entrada,  $1,5 \text{ m/s}$ . a todo lo largo de la rendija. A 12 mm. de la entrada,  $1,0 \text{ m/s}$ . a todo lo largo de la rendija.

A 50 mm. de la entrada,  $0,5 \text{ m/s}$ . a todo lo largo de la rendija. A 100 mm. de la entrada,  $0,2 \text{ m/s}$ . a todo lo largo de la rendija. Por lo que se decidió hacer los ensayos colocando la pantalla en el plano del ladrillo refractario, a 12 mm., 50 mm. y a 80 mm. del foco.

## Campana de 200 mm. de longitud.

Se midió en el plano ecuatorial de la campana, y al ser las medidas más complejas, se hizo un gráfico dibujando las curvas de igual velocidad, gráfico representado en la figura 2.

De la figura, se desprendió que la posición de la pantalla, para realizar los ensayos, debía estar a 60, 80, 120 y 167 mm. del foco.



## RESULTADOS OBTENIDOS

Se efectuaron varias tomas de muestras, de acuerdo con el contenido del apartado anterior, sin efectuar extracción, tanto utilizando el grupo de soldadura eléctrica como el de soldadura autógena, para comprobar la capacidad de emisión de humo de ambos equipos. Los resultados fueron los siguientes:

### Soldadura eléctrica

Tiempo transcurrido	Concentración en el foco	Concentración tras la pant.
De 0 a 10 min.	29,9 mg/m <sup>3</sup>	27,7 mg/m <sup>3</sup>
De 10 a 20 min.	82,2 mg/m <sup>3</sup>	82,0 mg/m <sup>3</sup>

Al representar las concentraciones en ordenadas y los tiempos medios en abscisas, se obtuvo la recta representada en la figura 5, de pendiente 5,5 mg/m<sup>3</sup> minuto. Como el volumen de la cámara era de 8,4 m<sup>3</sup>, la emisión de humos en la soldadura eléctrica se valoró como 46 mg/minuto.

### Soldadura autógena

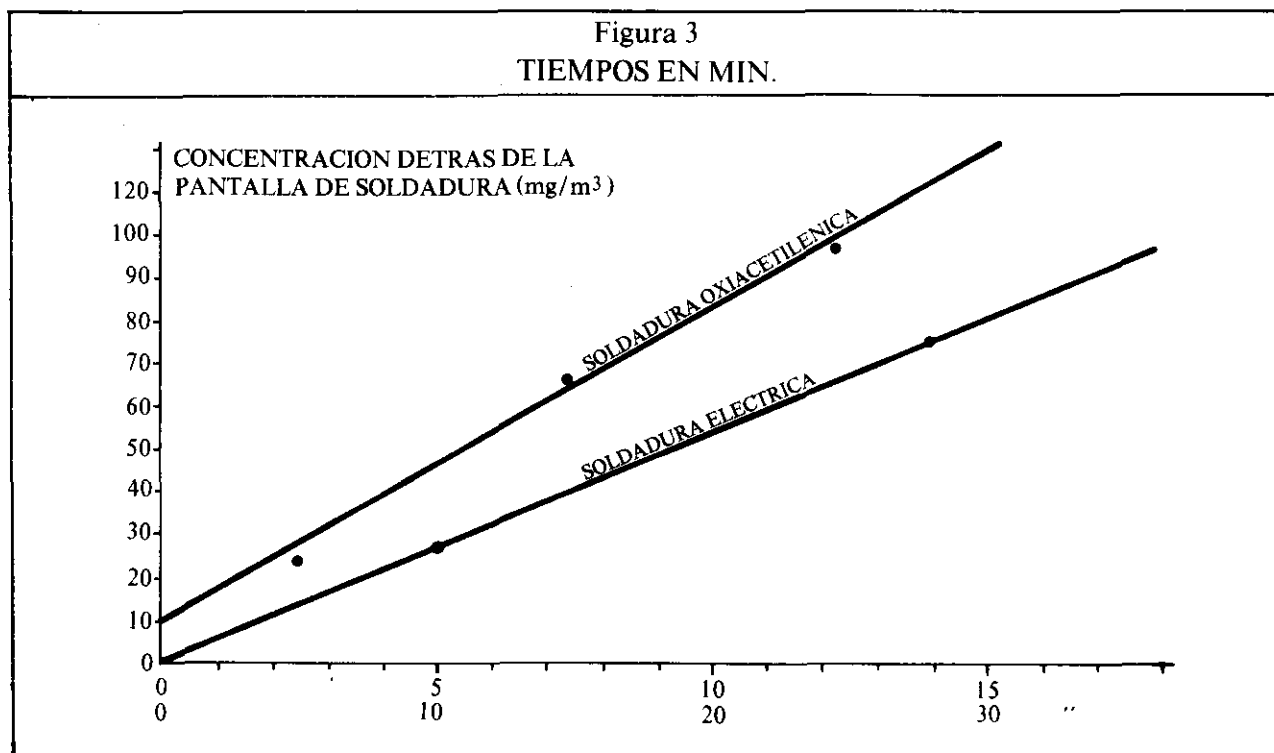
Tiempo transcurrido	Concentración en el foco	Concentración tras la pant.
De 0 a 10 min.	19,4 mg/m <sup>3</sup>	24,4 mg/m <sup>3</sup>
De 10 a 20 min.	58,4 mg/m <sup>3</sup>	59,7 mg/m <sup>3</sup>
De 20 a 30 min.	86,6 mg/m <sup>3</sup>	88,8 mg/m <sup>3</sup>

Representando los datos como en el caso anterior, se obtuvo la recta de la figura 5, de 3,2 mg/m<sup>3</sup> minuto. En este caso la cámara no partió de concentración cero, ésta era de 10 mg/m<sup>3</sup>, valor de la ordenada en el origen. La emisión de humos de plomo con el soplete autógeno, se valoró como: 27 mg/minuto.

### Campana de extracción de 200 mm. (soldadura eléctrica)

Los resultados obtenidos con soldadura eléctrica y colocando la campana a diversas distancias, fueron los siguientes:

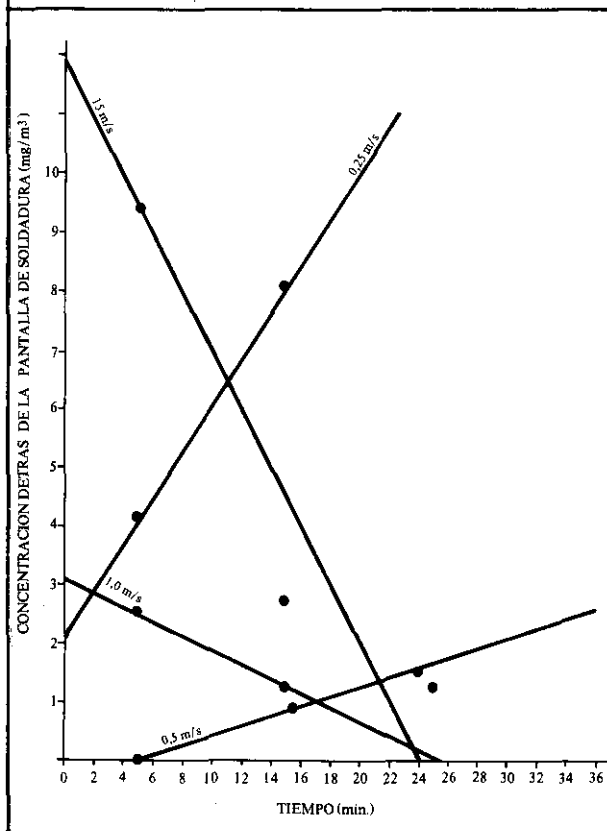
Figura 3  
TIEMPOS EN MIN.



# Investigación.

Distancia del plano de la campana al punto de captación	Tiempo Transcurrido	Concentración en el foco (mg/m <sup>3</sup> )	Concentración tras pantalla (mg/m <sup>3</sup> )	Velocidad del aire en el punto de captura (m/s)
60 mm.	de 0 a 10 min.	9,7	9,4	1,5
60 mm.	de 10 a 20 min.	3,1	2,8	1,5
60 mm.	de 20 a 30 min.	1,6	1,25	1,5
80 mm.	de 0 a 10 min.	2,3	2,5	1,0
80 mm.	de 10 a 20 min.	1,3	1,3	1,0
120 mm.	de 0 a 10 min.	0	0	0,5
120 mm.	de 10 a 21 min.	1,2	0,9	0,5
120 mm.	de 21 a 27 min.	1,6	1,6	0,5
167 mm.	de 0 a 10 min.	4,2	4,2	0,25
167 mm.	de 10 a 20 min.	8,4	8,1	0,25

**FIGURA 4**  
**SOLDADURA ELECTRICA**  
**BOQUILLA (200 mm)**



En base a representaciones gráficas similares a las anteriores, figura 6, se obtuvo una emisión relativa para cada velocidad de captura:

**Para 1,5 m/s de velocidad de captura:**

-0,6 mg/m<sup>3</sup> minuto, lo que supone una emisión relativa de -4,2 mg/minuto.

**Para 1,0 m/s de velocidad de captura:**

-0,12 mg/m<sup>3</sup> minuto, lo que supone una emisión relativa de -1 mg/minuto.

**Para 0,5 m/s de velocidad de captura:**

0,085 mg/m<sup>3</sup> minuto, lo que supone una emisión relativa de 0,7 mg/minuto.

**Para 0,25 m/s de velocidad de captura:**

0,4 mg/m<sup>3</sup> minuto, lo que supone una emisión relativa de 3,4 mg/minuto.

## Campana de extracción de 200 mm. (soldadura autógena oxiacetilénica)

Distancia del plano de la campana al punto de captación	Tiempo transcurrido	Concentración en el foco (mg/m <sup>3</sup> )	Concentración tras pantalla (mg/m <sup>3</sup> )	Velocidad del aire en el punto de captura (m/s)
60 mm.	de 0 a 5 min.	23,8	25,0	1,5
60 mm.	de 5 a 10 min.	6,25	8,1	1,5
60 mm.	de 10 a 20 min.	1,9	0,6	1,5
80 mm.	de 0 a 5 min.	19,4	19,4	1,0
80 mm.	de 5 a 10 min.	5,0	6,25	1,0
80 mm.	de 10 a 20 min.	0,3	0,3	1,0
80 mm.	de 20 a 30 min.	0,3	0,3	1,0
120 mm.	de 0 a 5 min.	26,3	23,3	0,5
120 mm.	de 5 a 10 min.	6,25	6,9	0,5
120 mm.	de 10 a 20 min.	0,9	1,25	0,5
120 mm.	de 20 a 30 min.	0,6	0,3	0,5
167 mm.	de 0 a 5 min.	22,5	20,6	0,25
167 mm.	de 5 a 10 min.	10,6	6,25	0,25
167 mm.	de 10 a 20 min.	5,3	4,4	0,25
167 mm.	de 20 a 30 min.	3,4	3,8	0,25
1000 mm.	de 0 a 10 min.	18,8	19,1	0
1000 mm.	de 10 a 15 min.	25,0	23,8	0
1000 mm.	de 15 a 20 min.	20,6	20,0	0
1000 mm.	de 20 a 25 min.	24,4	24,4	0

## Rendija de 600 mm. (soldadura eléctrica)

Distancia del plano de la campana al punto de captación	Tiempo transcurrido	Concentración en el foco (mg/m <sup>3</sup> )	Concentración tras pantalla (mg/m <sup>3</sup> )	Velocidad del aire en el punto de captura (m/s)
12 mm.	de 0 a 10 min.	4,7	2,8	1,0
12 mm.	de 10 a 20 min.	0,6	0,6	1,0
12 mm.	de 20 a 25 min.	0	0	1,0
50 mm.	de 0 a 10 min.	1,6	1,6	0,5
50 mm.	de 10 a 20 min.	error	error	0,5
50 mm.	de 20 a 30 min.	2,5	3,1	0,5
80 mm.	de 0 a 10 min.	6,9	6,25	0,25
80 mm.	de 10 a 20 min.	10,3	9,1	0,25
80 mm.	de 20 a 30 min.	11,6	11,9	0,25

# Investigación.

Trasladados los datos como en el caso anterior, figura 7, se obtuvo una emisión relativa para cada velocidad de captura:

**Para 1,5 m/s de velocidad de captura:**

-3,4 mg/m<sup>3</sup> minuto, lo que supone una emisión relativa de -28,6 mg/minuto.

**Para 1,0 m/s de velocidad de captura:**

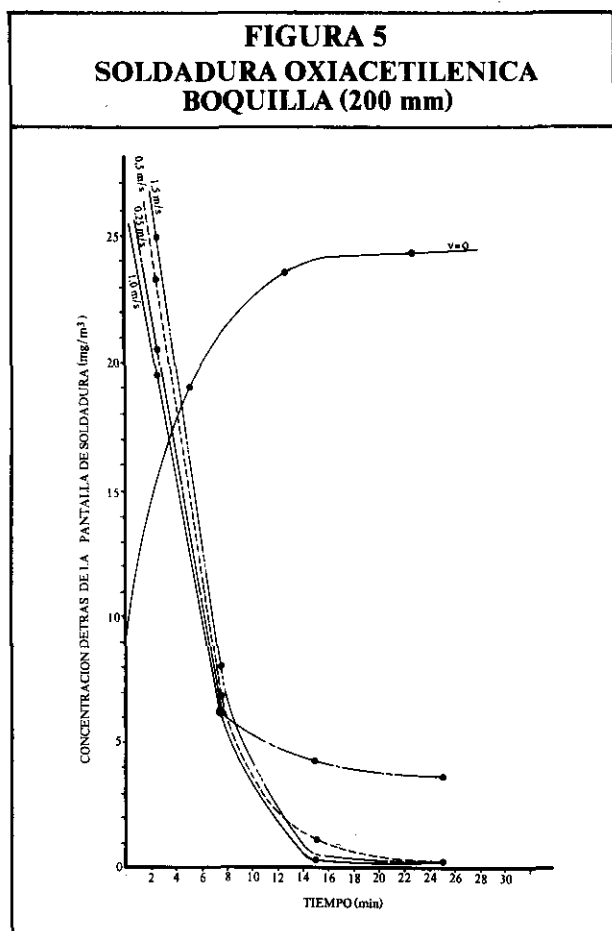
-2,6 mg/m<sup>3</sup> minuto, lo que supone una emisión relativa de -21,8 mg/minuto.

**Para 0,5 m/s de velocidad de captura:**

-3,27 mg/m<sup>3</sup> minuto, lo que supone una emisión relativa de -27,5 mg/minuto.

**Para 0,25 m/s de velocidad de captura:**

-2,87 mg/m<sup>3</sup> minuto, lo que supone una emisión relativa de -24,1 mg/minuto.



También se midió la velocidad en el conducto de extracción de 45 mm. de diámetro y fue de 35 m/s, equivalente a un caudal de extracción de 200 m<sup>3</sup>/h aproximadamente.

En la figura 8 se representaron las rectas de emisión relativa, correspondientes a cada velocidad en el punto de captura, con pendientes:

**Para 1,0 m/s de velocidad de captura:**

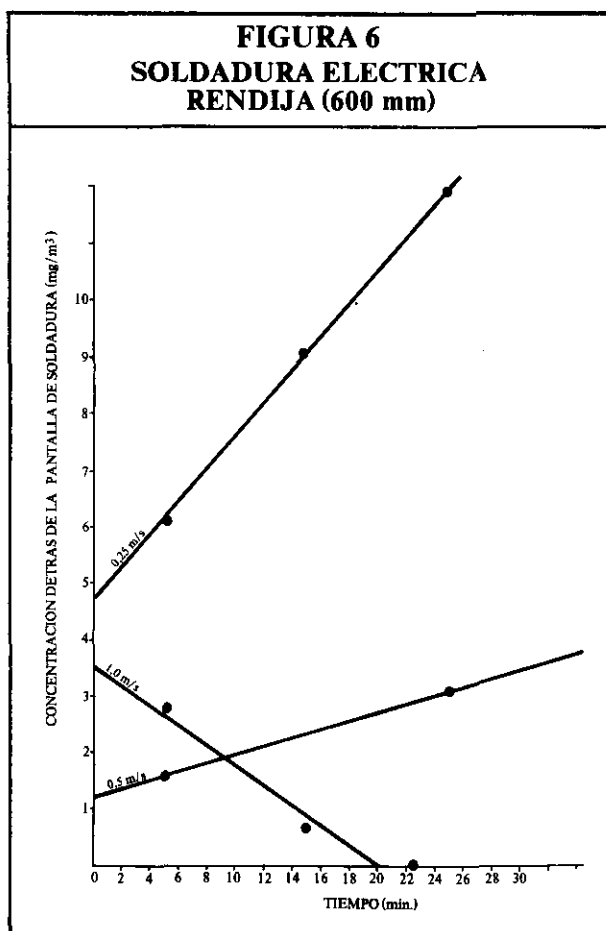
-0,175 mg/m<sup>3</sup> minuto, equivalente a una emisión relativa de -1,5 mg/minuto.

**Para 0,5 m/s de velocidad de captura:**

0,076 mg/m<sup>3</sup> minuto, equivalente a una emisión relativa de 0,6 mg/minuto.

**Para 0,25 m/s de velocidad de captura:**

0,3 mg/m<sup>3</sup> minuto, equivalente a una emisión relativa de 2,5 mg/minuto.



## Rendija de 600 mm. (soldadura autógena)

Distancia del plano de la campana al punto de captación	Tiempo transcurrido	Concentración en el foco (mg/m <sup>3</sup> )	Concentración tras pantalla (mg/m <sup>3</sup> )	Velocidad del aire en el punto de captura (m/s)
50 mm.	de 0 a 5 min.	28,1	28,1	0,5
50 mm.	de 5 a 10 min.	12,5	12,5	0,5
50 mm.	de 10 a 20 min.	6,25	6,6	0,5
50 mm.	de 20 a 30 min.	6,6	6,25	0,5
80 mm.	de 0 a 5 min.	25,0	23,1	0,25
80 mm.	de 5 a 10 min.	5,6	6,25	0,25
80 mm.	de 10 a 20 min.	5,6	5,3	0,25
80 mm.	de 20 a 30 min.	5,9	6,25	0,25

En la figura 9 se representaron las curvas de emisión relativas, correspondientes a cada velocidad en el punto de captura, con pendientes:

**Para 0,5 m/s de velocidad de captura:**

-3,12 mg/m<sup>3</sup> minuto, equivalente a una emisión relativa de -26,2 mg/minuto.

**Para 0,25 m/s de velocidad de captura:**

-3,37 mg/m<sup>3</sup> minuto, equivalente a una emisión relativa de -28,3 mg/minuto.

No se pudo medir para 1,0 m/s pues había que colocar la campana muy cerca del foco (a 12 mm.) y se podía deteriorar con el soplete.

La velocidad en el conducto de extracción de 45 mm. de diámetro fue, durante los ensayos anteriores, de 32 m/s, equivalente a un caudal de extracción de 183 m<sup>3</sup>/h.

Para poder llegar a conclusiones sobre la capacidad de eliminación de contaminantes a distintas velocidades de captura, se partió de cierta concentración en el interior de la cámara y se comprobó que bajaba hasta estabilizarse.

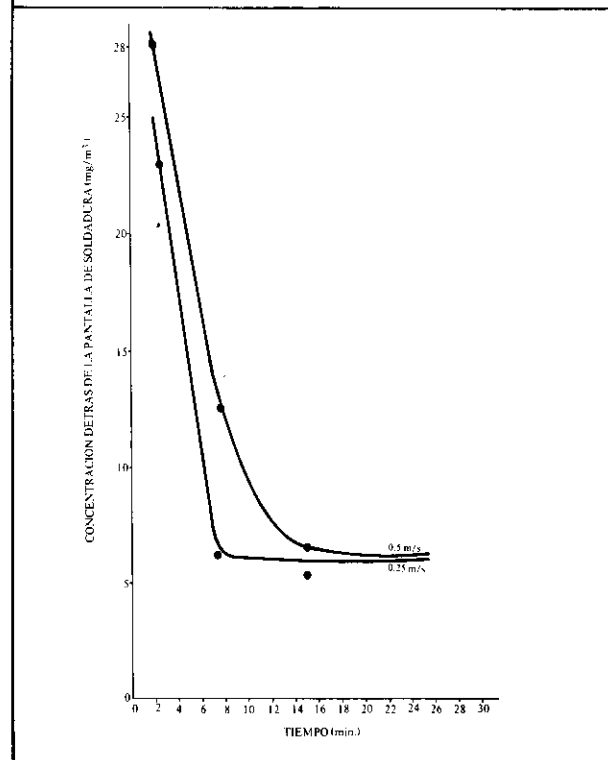
En la pantalla de soldadura succionante se midió únicamente las velocidades a lo largo de dos ejes perpendiculares entre sí, uno de ellos el del tubo, según se muestra en la figura 10.

El sistema de filtración era una caja de cartón de forma prismática de 310 x 360 x 510 mm., en cuyo interior había papel filtrante plegado longitudinalmente.

Se ensayó con humos de plomo de diámetro medio de 0,3 micrómetros, mediante cálculo de concentración antes y después del filtro en ensayos de extracción con soldadura autógena (oxicorte). Los resultados fueron:

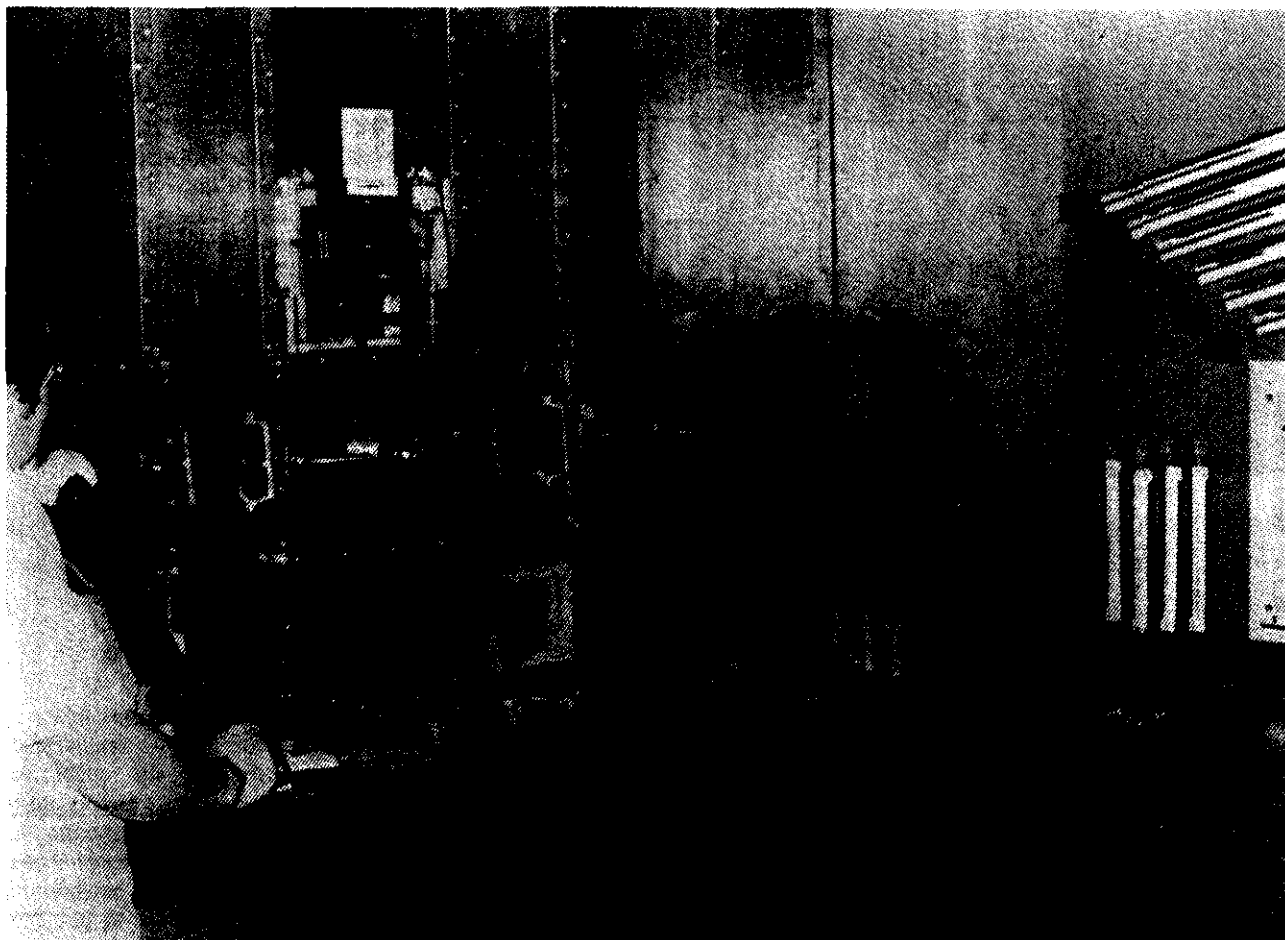
- Concentración antes del filtro: 30,2 mg/m<sup>3</sup>
- Concentración después del filtro: 8,2 mg/m<sup>3</sup>
- Poder de retención del filtro: 73%

**FIGURA 7  
SOLDADURA OXIACETILENICA  
RENDIJA**





# Investigación.



## DISCUSION DE RESULTADOS

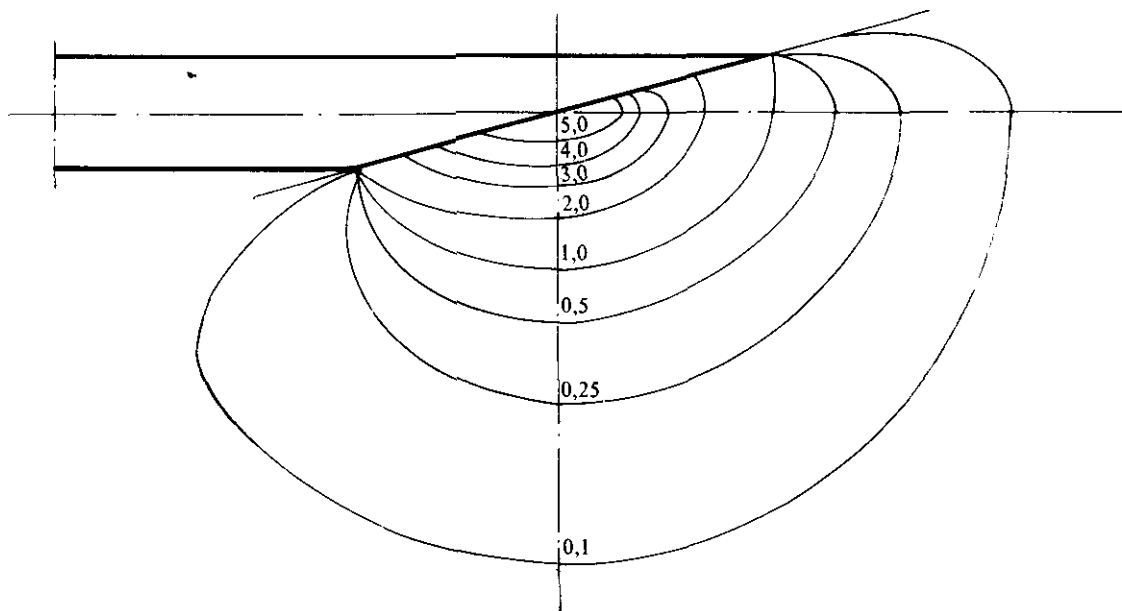
### Soldadura eléctrica

En base a los resultados cuantitativos de emisiones relativas en las que, en el caso concreto de soldadura eléctrica, fue sin extracción localizada de 46 mg/minuto de humos, se puede obtener la capacidad de eliminación del equipo aspirante probado, para cada velocidad de captura. Así, en el caso concreto de la pantalla de 200 mm. y para una velocidad de captura de 1,0 m/s, se cuantificó una emisión relativa de -1 mg/minuto. Dado que la emisión del equipo de soldadura era de 46 mg/minuto, para lograr reducir en 1 mg/minuto la emisión, la capacidad de eliminación del equipo debería ser de 47 mg/minuto, es decir 1 mg/minuto superior a la emisión del foco.

Generalizado el mismo razonamiento para el resto de los resultados y representando los valores en una gráfica, velocidades de captura en abcisas y capacidades de eliminación correspondientes en ordenadas, se obtuvo la gráfica de la figura 11, donde se puede observar:

- Que todos los resultados obtenidos en cuanto a capacidad de eliminación son del mismo orden, con independencia del tipo de campana aspirante utilizado.
- Que la capacidad de eliminación tiene un comportamiento aproximadamente lineal, siguiendo la ecuación:  $e = 42 + 5,5 v$ , donde  
 $e$  = capacidad de eliminación.  
 $v$  = velocidad en el punto de captura, siempre que las velocidades de captura sean superiores a 0,25 m/s

**FIGURA 8**  
**VELOCIDAD DEL AIRE EN LAS INMEDIACIONES**  
**DEL TUBO CAPTANTE DE LA PANTALLA DE SOLDADURA**



## Soldadura autógena

Empleando un razonamiento similar para la soldadura autógena, que el utilizado en la eléctrica, las capacidades de eliminación son del mismo orden para ambas campanas extractoras, siempre que la velocidad de captura sea superior a 0,25 m/s; la capacidad de eliminación en autógena va desde 48,8 mg/minuto hasta 55,6 mg/minuto con un valor medio de 53 mg/minuto, por lo que la concentración creada en un principio en la cámara, desciende rápidamente hasta valores muy bajos (del orden de 0,3 mg/minuto) para velocidades de 1,5, 1,0 y 0,5 m/s con la campana de 200 mm., en cambio, para 0,25 m/s, aunque el descenso es similar, se estabiliza a concentración superior (4 mg/minuto). Lo dicho se representó gráficamente en la figura 7.

En el caso de la rendija, la velocidad de descenso de la concentración de la cámara, fue similar a la anterior (fig. 9) pero la concentración se estabilizó en valores relativamente altos (valor próximo al TLV de humos de soldadura).

## CONCLUSIONES

### Soldadura eléctrica

La discusión de resultados conduce a las siguientes conclusiones:

- El foco emisor jamás debe estar situado a distancias superiores de la pantalla, que la correspondiente a 0,5 m/s.
- El punto de trabajo deberá encontrarse en zonas correspondientes entre 0,5 y 1,5 m/s de velocidad de captura, de acuerdo a lo indicado en la figura 2, por zona sombreada para la campana de 200 mm.
- El punto de trabajo de la rendija de 600 mm., se debe encontrar siempre a una distancia inferior a 50 mm. de la superficie de entrada.

# Investigación.

## CONCLUSIONES GENERALES

- 1º La distancia del foco emisor a la cara de la campana nunca debe ser superior a la que corresponde una velocidad de 0,5 m/s. Es decir, la velocidad en el punto de captura no debe ser inferior a 0,5 m/s para conseguir una correcta eliminación del contaminante.
- 2º La conclusión anterior obliga a que la campana de 200 mm. sólo se deba utilizar para soldaduras de corta longitud, zona sombreada en el esquema de la figura 2.
- 3º La rendija de 600 mm. sólo se debería utilizar para soldadura eléctrica y siempre a distancias inferiores a 50 mm. del foco emisor, por lo que se podrá hacer un cordón de soldadura de hasta 500 mm. en dirección paralela a la cara de la rendija.
- 4º La cara en bisel del sistema de succión adaptado a la pantalla de soldadura, siempre se deberá utilizar a distancias inferiores a 70 mm. del punto de emisión, según se desprende del esquema de la figura 10.

Por todo lo expuesto, se estima que estos equipos pueden ser de gran utilidad para emplearlos en recintos cerrados, sin embargo, si no se utilizan en las condiciones adecuadas, pueden ser contraproducentes, al encontrarse el usuario en ambientes altamente contaminados y sin equipo de protección personal por considerar que está protegido.

Así pues, se considera indispensable que el fabricante estudie detalladamente los equipos, las velocidades en puntos de captura de sus equipos, y dé en los catálogos y manuales de funcionamiento instrucciones correctas para su buen uso, con el fin de evitar la incorrecta colocación de estos elementos.

Sevilla, Septiembre de 1980.

Este trabajo ha sido realizado en el Laboratorio de Protección Respiratoria del Centro Nacional de Homologación.

### Colaboradores:

Gregorio García García  
Ricardo Labandón Rueda  
Fernando Campos Barrera  
Rosa González bueno  
Manuel Silva Díaz  
Pilar Domínguez Adame  
Elena Molero García

