

---

# HIGIENE INDUSTRIAL

---

## LOS CRITERIOS RAPIDOS DE VALORACION HIGIENICA: SU APLICACION A LAS OPERACIONES DE SOLDADURA

*Trabajo resumen de la Beca de Investigación concedida por la Fundación MAPFRE en la convocatoria de 1979.*

D. VICENTE MARI BORRAS  
D. JOSE LUIS CASTELLA LOPEZ

### INCONVENIENTES DEL METODO CLASICO DE VALORACION HIGIENICA

La actuación higiénica en nuestro país se ha basado hasta hace poco tiempo en la creencia implícita de que era imprescindible estar totalmente seguro de la necesidad (innecesidad) de una medida preventiva para ponerla (o dejar de ponerla) en práctica. En consecuencia, **se ha dado una gran importancia a la valoración higiénica como medio exacto en el que basarse para tomar una decisión del tipo "todo o nada"**. De este contexto se derivan dos características **observables** en, hasta ahora, la actual metódica de valoración:

- Cualquier puesto de trabajo se estudia en particular y es concretamente analizado (realizando mediciones ambientales, etc.) **aunque** puestos de trabajo similares hayan ya sido estudiados anteriormente.
- Los resultados de las mediciones ambientales se comparan **mecánicamente** con los datos aportados por un criterio de valoración (los TLV's de la ACGIH); implícitamente se supone que dicho criterio es "capaz" de distinguir con precisión entre exposiciones seguras y peligrosas.

Dos cosas hacen que esta situación tienda a cambiar:

- La constatación de que si se desea que los resultados de



las mediciones ambientales tengan sentido (es decir, sean representativos) es necesario acudir a una "estrategia de muestreo" que hace que la toma de muestras sea un proceso largo, laborioso y, por tanto, caro.

En general, la toma de muestras será tanto más dificultosa y prolongada cuanto más heterogéneas y variables sean las condiciones ambientales y de trabajo del puesto examinado.

- La creciente desmitificación de los criterios de valoración (y, por tanto, de los TLV's) como herramientas que permiten separar claramente exposiciones seguras y peligrosas. Cada vez existe una mayor concienciación de que los datos aportados por los criterios tienen un carácter meramente **orientativo**.

A modo de resumen puede decirse que:

- Desgraciadamente el margen

de incertidumbre de los criterios de valoración es desconocido y, presumiblemente, muy amplio.

- Un análisis ambiental, por exhaustivo que sea, no permite disminuir el margen de incertidumbre de la conclusión higiénica por debajo del correspondiente al criterio de valoración empleado.

De lo dicho, parece evidente la poca utilidad o "rentabilidad higiénica" de muchos estudios ambientales de problemas, que por su frecuencia de aparición son muy conocidos, y en los que sin embargo se emplea **cada vez que se presentan** una gran cantidad de tiempo y medios con el único objeto de lograr una **aparente** sensación de exactitud en la valoración. Debe tenerse en cuenta que la valoración no constituye un fin en sí misma sino que es simplemente un medio para la prevención de riesgos profesionales.

### CRITERIOS RAPIDOS DE VALORACION COMO SOLUCION ALTERNATIVA

Una solución parcial para la problemática expuesta en el apartado anterior, consiste en la creación y utilización de "criterios rápidos de valoración".

La sistemática para el establecimiento de un criterio rápido de valoración sería la siguiente:

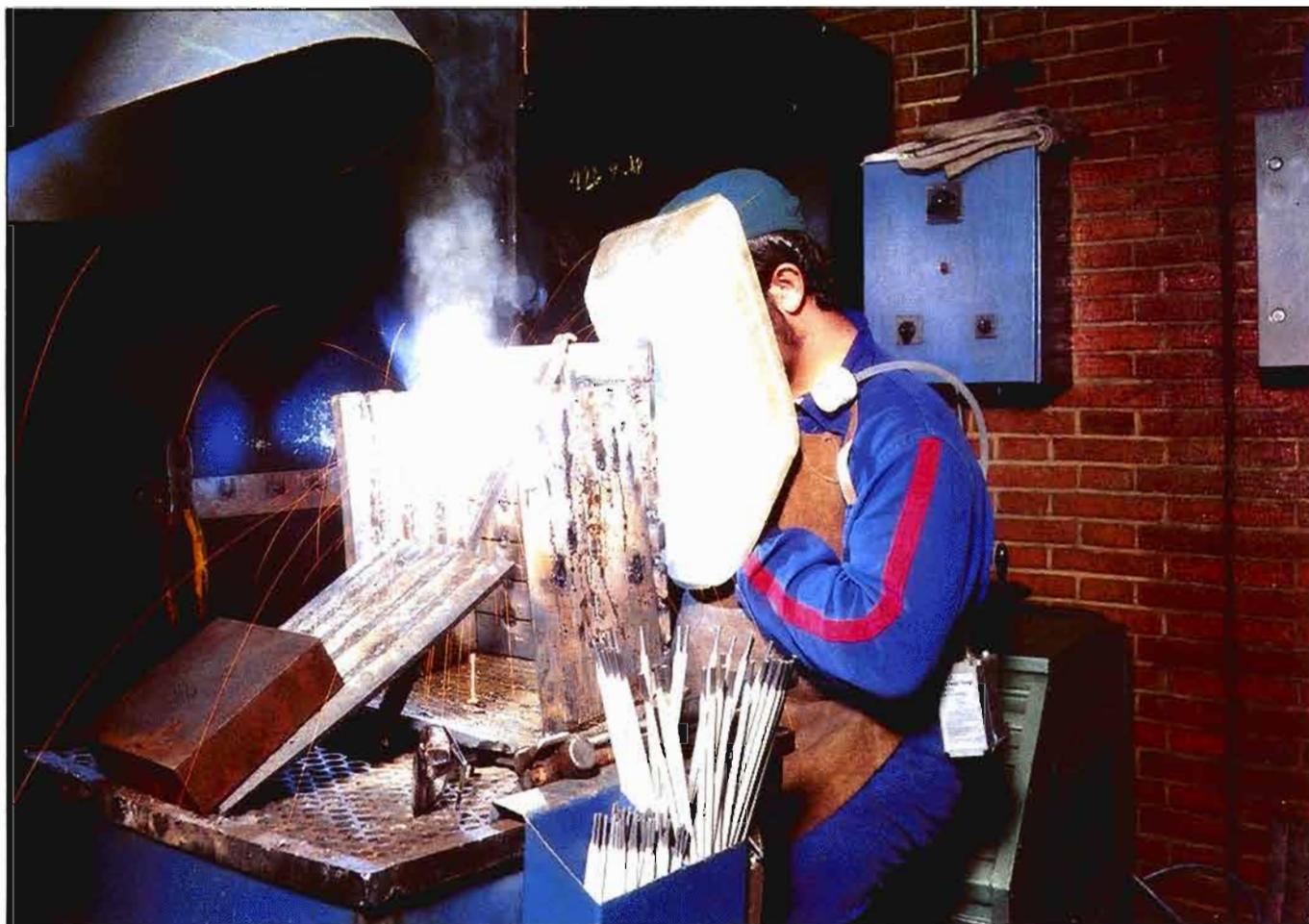
- Seleccionar un tipo de operación o proceso muy extendida en la industria: baños galvánicos, soldadura, pintado en cabina, etc.
- Estudiar la operación o proceso analizando las causas o variables fundamentales que influyen en el grado de contaminación del puesto de trabajo.
- Obtener la relación existente entre las citadas variables fundamentales y el correspondiente grado de contaminación, mediante la realización de re-

petidas encuestas higiénicas realizadas en las más diversas condiciones industriales en las que puede encontrarse la operación en cuestión. Evidentemente, dicha relación será estadística, debido a la influencia de las variables aleatorias que, influyendo en el grado de contaminación generado, nunca es posible llegar a cuantizar.

En definitiva, el criterio así obtenido no sería más que una "función de riesgo"; relacionaría la probabilidad de que en un puesto de trabajo se sobrepasara o no el criterio ambiental elegido con el valor adoptado por una magnitud de **sencilla** estimación (como puede ser, por ejemplo, el consumo medio de un determinado material).

Los criterios rápidos así entendidos y establecidos, presentan dos ventajas fundamentales:

- Dan una visión amplia de la peligrosidad real del tipo de operación estudiada.





— Hacen innecesaria la realización de las valoraciones ambientales "clásicas" en los casos en que de los valores adoptados por la "variable de control" se deduzca con un nivel de certeza elevado que la correspondiente situación higiénica es (o no) admisible.

## APLICACION DE LOS CRITERIOS RAPIDOS A LAS OPERACIONES DE SOLDADURA

### Planteamiento general

Las operaciones de soldadura constituyen un campo ideal para el intento de establecimiento de un Criterio Rápido de Valoración ya que no sólo la metódica clásica de valoración es poco eficaz sino que existe además una variable de control, el **consumo de material de aporte (M)** que probablemente está relacionada de forma directa con el índice de

valoración (I) definido de la siguiente forma:

$$I = \frac{c \text{ (mg/m}^3\text{)} \times t \text{ (hr/semana)}}{5 \text{ (mg/m}^3\text{)} \times 40 \text{ (hr/semana)}}$$
, donde

c: concentración media.

t: tiempo de exposición.

I: Índice cuyo "valor máximo permisible" es la unidad.

En definitiva se supone -y se ha de demostrar- que frente a una operación de soldadura el correspondiente valor del índice I viene fundamentalmente fijado por el consumo de material de aporte M. Las otras variables (posición de soldador, tipo de pantalla, etc.) intervendrían como un factor aleatorio; en consecuencia la relación entre el índice de valoración y el consumo de material de aporte será de carácter estadístico y el establecimiento del Criterio Rápido consistirá simplemente en encontrar la función:

$$\text{Prob (I} > 1) = f (M)$$

que para cada consumo de elec-

trodo da la probabilidad de que se "incumpla" la norma TLV.

Si llamamos M al consumo semanal de material de aporte (Kg/semana) y G al gasto horario del mismo (Kg/h) tendremos:

$$I = \frac{1}{200} \frac{C}{G} M$$

Por lo que, si M\* es el consumo semanal necesario para que el índice de valoración sea igual a la unidad, se obtiene:

$$M^* = 200 \frac{G}{C}$$

La hipótesis de trabajo será que M\* es una variable aleatoria que sigue una distribución logarítmico normal respecto al conjunto de posibles "situaciones de soldadura". El criterio rápido de valoración adoptará, por lo tanto, la forma:

$$\text{Prob (M}^* < M) = \text{Prob (I} > 1) = f (M)$$

### Metódica de establecimiento

Supóngase que se examinan No

situaciones de soldadura determinándose en cada caso el valor de  $M^*$ :  $M^*_1, M^*_2, \dots, M^*_n$ . Obsérvese que si  $N_0$  es lo suficientemente grande, el cociente  $\frac{N(M)}{N_0}$  en

donde  $N(M)$  es n.º de situaciones de soldadura en las que  $M^* < M$  es aproximadamente igual a la Prob ( $M^* < M$ ); ello quiere decir que con los citados datos puede estimarse para cada valor de  $M$  la Probabilidad de que se incumpla el TLV (Prob ( $M^* < M$ ) = Prob ( $I > 1$ )). Si  $M^*$  es una variable aleatoria logarítmico normal la representación en "papel probilog" de la Prob ( $M^* < M$ ) en función de  $M$  tiene que ser una recta. **Esta recta es la representación gráfica del Criterio Rápido de Valoración.**

El "papel probilog" tiene la escala de abscisas graduada logarítmicamente y la de ordenadas en probabilidades según la ley normal.

**Resultados obtenidos**

Se examinaron un total de 270

situaciones de soldadura repartidas de la siguiente forma:

- 170 casos de soldadura eléctrica al arco (85 con electrodo revestido y otros tantos con electrodo continuo).
- 100 casos de soldadura oxiacetilénica con aporte de latón sobre piezas de acero.

En cada una de las mismas se determinaron los valores de la concentración total de humos ( $C$ , mg/m<sup>3</sup>) y el gasto de material de aporte ( $G$ , Kg/h), a partir de los cuales se calculó  $M^*$ .

En cada uno de los tres tipos de soldadura estudiados se listaron en orden creciente los valores de  $M^*$  así obtenidos, agrupándose en clases de 5 elementos y calculándose para cada valor de  $M^*_{sc}$  (máximo de cada clase) el % de situaciones de soldadura en que  $M^* < M^*_{sc}$ .

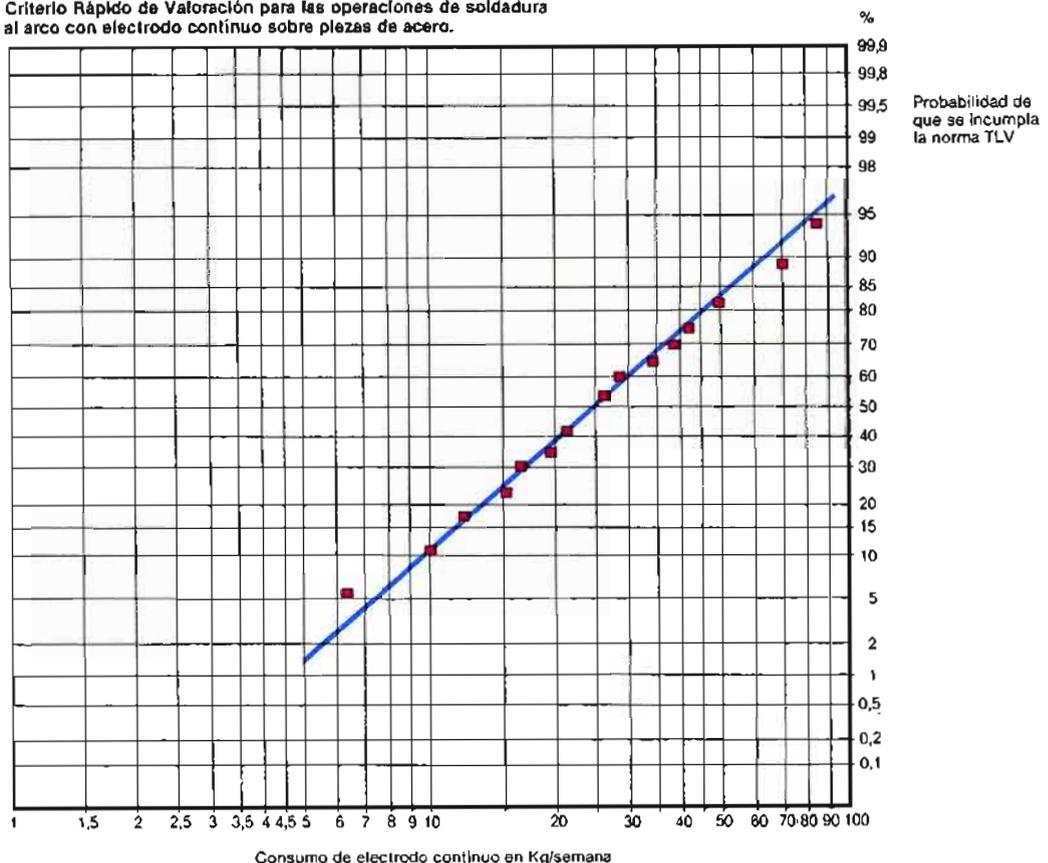
Finalmente se representaron estos datos en papel "probilog" (Fig. 1, 2 y 3), obteniéndose rectas que

demuestran que la distribución de  $M^*$  es lognormal y que constituyen a su vez los Criterios Rápidos de Valoración perseguidos: Para cada posible consumo semanal de electrodo se obtiene directamente la probabilidad de que no sea respetada la norma TLV.

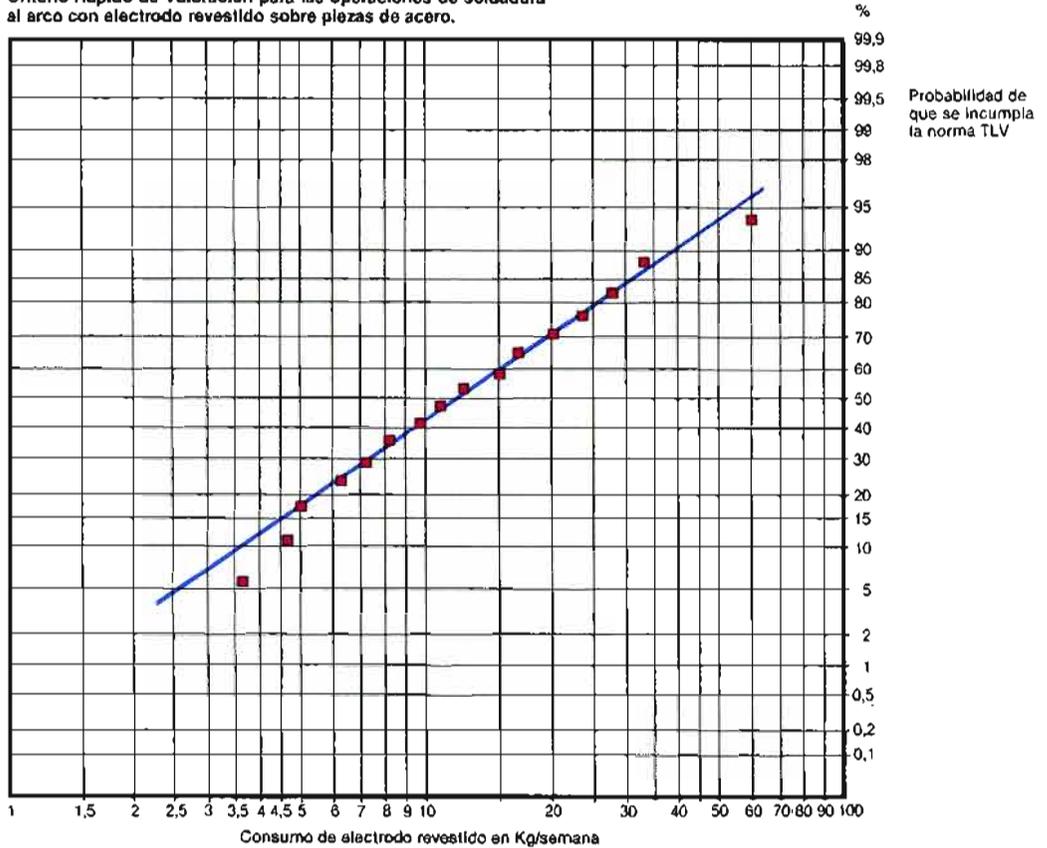
**Observaciones**

- 1) La utilización de estos Criterios no viene limitada por el hecho de haber elegido la norma TLV como referencia. Bastaría en este caso multiplicar los valores del eje de abscisas por el valor  $N/5$ , siendo  $N$  el valor de la nueva concentración de referencia.
- 2) No se recomienda la utilización de los mismos cuando visualmente se aprecie una notable acumulación de humos.

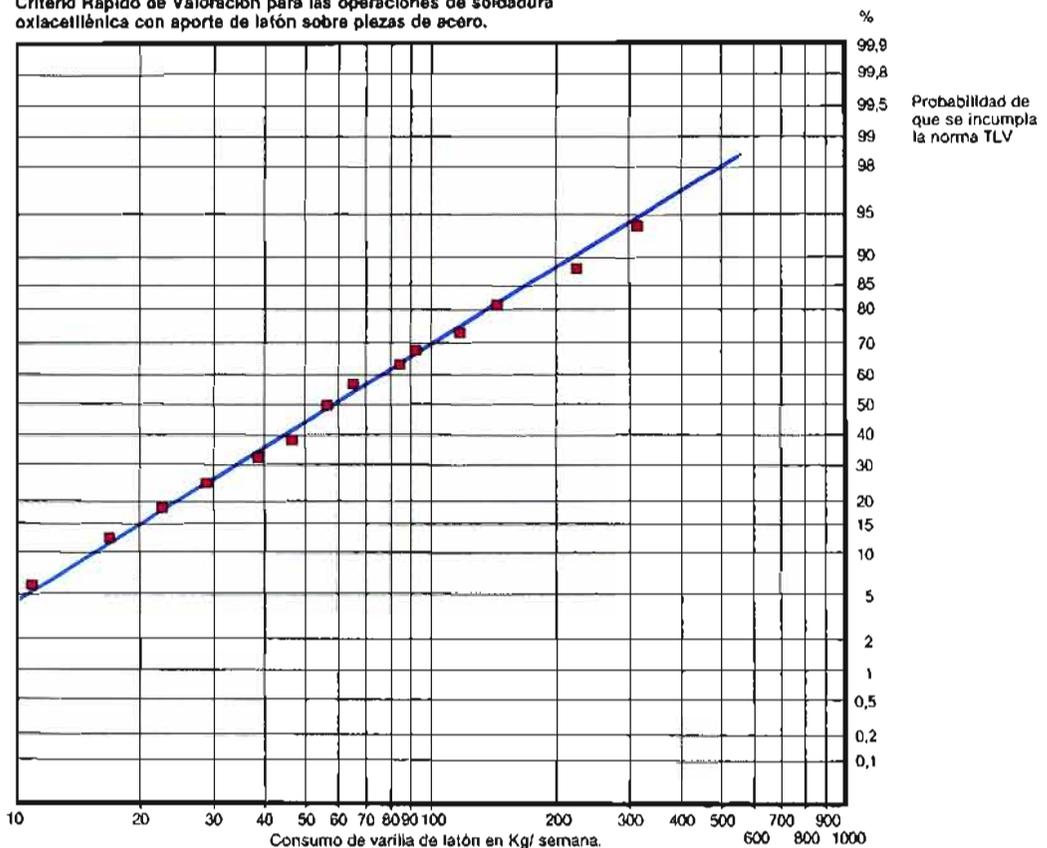
FIGURA · 1 Criterio Rápido de Valoración para las operaciones de soldadura al arco con electrodo continuo sobre piezas de acero.



**FIGURA - 2** Criterio Rápido de Valoración para las operaciones de soldadura al arco con electrodo revestido sobre piezas de acero.



**FIGURA - 3** Criterio Rápido de Valoración para las operaciones de soldadura oxiacetilénica con aporte de latón sobre piezas de acero.



### CONCLUSIONES Y EXPLOTACION DE RESULTADOS

De la observación de los criterios rápidos de valoración, así establecidos, Figuras 1, 2 y 3, se concluye que en cada caso, puede elegirse un valor cualquiera del consumo semanal del material de aporte como frontera de decisión (límite a partir del cual, declaramos la situación de soldadura como inaceptable) en función del "riesgo" que estemos dispuestos a asumir. Así, por ejemplo podemos afirmar con un 90% de probabilidades, que la norma T.L.V. es respetada cuando los respectivos consumos son inferiores a:

- 3,75 kg. de alma por semana para soldadura eléctrica con electrodo revestido.
- 10 kg. de alma por semana, para soldadura eléctrica continua.
- 16 kg. de alma por semana, para soldadura oxiacetilénica.

En la práctica, el nivel de certeza del tal afirmación es incluso mayor, ya que durante el desarrollo de las investigaciones, se ha observado que ese 10% de situaciones en las que puede existir riesgo, a pesar de tener consumos inferiores a los indicados, son detectables visualmente (casos de incidencia directa de humos sobre la zona respiratoria, piezas excesivamente engrasadas, etc.), y por ello fácilmente corregibles.

Por otra parte, los consumos indicados suelen corresponder a soldadores dedicados exclusivamente a este tipo de actividades durante toda su jornada laboral, mientras que son muy numerosos los puestos de trabajo (más del 50% de los estudiados), donde la soldadura es únicamente una operación parcial entre otras, con los respectivos consumos muy inferiores a los de referencia y por ello, susceptibles de ser directamente valorados con los presentes criterios rápidos de valoración.

En resumen, los presentes criterios rápidos de valoración, son especialmente aconsejables cuando:

- 1.- Las situaciones de soldadura son muy variables, con lo que resulta impracticable una estrategia de muestreo, según la metódica clásica de valoración.
- 2.- En sustitución de dicha metódica clásica, cuando los consumos semanales de material de aporte, sean relativamente bajos o muy altos.
- 3.- Cuando no se disponga de tiempo o medios técnicos para proceder a la tradicional toma de muestras y a su subsiguiente valoración higiénica.
- 4.- El único objetivo perseguido

sea disponer de una "herramienta" fácilmente aplicable, que permita una toma rápida de decisión, a cerca de la conveniencia o no de llevar a término una determinada acción preventiva.

Finalmente, hay que destacar que, por su sencillez de aplicación, los presentes criterios rápidos de valoración, ponen al alcance de toda persona, Empresa o Entidad, la posibilidad de realizar el análisis higiénico de cualquier situación de soldadura correspondiente a los tipos anteriormente indicados. ■

### BIBLIOGRAFIA

- The Welding Environment, AMERICAN WELDING SOCIETY, Miami (Florida). 1973.
- Información técnica sobre electrodos, materiales de aporte y productos auxiliares de soldadura. AUTOGENA MARTINEZ.
- Welding and respiratory hazards. National Safety News. 1978. Vol. 188 n.º 1, 83-85.
- Respiratory diseases in arc welders. AUTTI-POCKE et al. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 1977. Vol. 40, N.º 3. 225-230.
- Toxicity of electric arc welding fumes, 2, Distributions of Fe, Mn and Mg. in rats exposed to arc welding fume. ISHIMI, A.M. OHMOTO, Jap. J. Ind. Health 1974. 113-123.
- Toxicity of electric arc welding fumes, 3, Experimental studies on welder's fever. Jap. J. Ind. Health, 1975, 17 215-222.
- Health hazards in welding. SCHWEISHEIMER, W. Canadian Welder, Vol. 50, n.º 10, 1959. 14-15.
- Threshold Limits Values for Chemical Substances and Physical Agents in the workroom environment for 1979. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (A.C.G.I.H.) 1979, Cincinnati, Ohio.
- Documentation of the T.L.V.'s. Supplements for Those Substances Added or Changed, Years 1974-1975, A.C.G.I.H. 1975. Cincinnati, Ohio.
- Hygienic Evaluation of Electric Welding Processes. VORONCOVA. et al. Institute of Labour Hygiene and Professional Diseases. U.R.S.S. Academy of Sciences, 1963.
- Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. LEIDEL et al. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio. 1977.