

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A HUMOS DE SOLDADURA POR ARCO: CRITERIOS Y ESTRATEGIAS A CONSIDERAR PARA LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A HUMOS DE SOLDADURA POR ARCO:
CRITERIOS Y ESTRATEGIAS A CONSIDERAR PARA LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA

AUTORES:

Rolando Vilasau D.
Christian Albornoz V.
Felipe Beriestain H.
Juan Alcaíno L.

Sección Riesgos Químicos
Departamento de Salud Ocupacional
Instituto de Salud Pública de Chile

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A HUMOS DE SOLDADURA POR ARCO: CRITERIOS Y ESTRATEGIAS A CONSIDERAR PARA LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA

I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad la soldadura por arco es el proceso de fijación o unión permanente de piezas metálicas más ampliamente utilizado en el ámbito industrial. Durante el proceso de transformación y unión de piezas metálicas se generan gases y humos de soldadura, los cuales pueden producir efectos adversos para la salud de los(as) trabajadores(as). Los humos de soldadura por arco se generan cuando los metales son calentados a altas temperaturas por sobre su punto de fusión, luego, estos se vaporizan y se condensan, formando una gran cantidad de partículas predominantemente finas (en su mayoría $<1 \mu\text{m}$ de tamaño) (1), inclusive, algunos estudios señalan la presencia de nanopartículas en los procesos y tareas de soldadura de este tipo (20).

El origen de estos contaminantes es diverso y principalmente se encuentra asociado **al material base o superficie a soldar**, la cual, dependiendo de su origen podría estar protegida de los efectos de la corrosión a través de recubrimientos o barreras de protección (por ejemplo: recubrimientos anticorrosivos, barrera de protección mediante pinturas, recubrimiento por medio de galvanizado o acero con zinc, etc.); **al material aportado** (metal de aporte, fundentes, desoxidantes, gas de protección), **y al aire que constituye el entorno de la zona de soldadura** (origen en parte de los gases nitrosos, ozono y monóxido de carbono). (2) (4) (21)

La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) estima que en el mundo existen aproximadamente 11 millones de trabajadores(as) con un título de soldador, y alrededor de 110 millones de trabajadores(as) adicionales que probablemente incurren en exposiciones relacionadas con la soldadura (1)

La carcinogenicidad de los humos de soldadura por arco fue evaluada por primera vez por la IARC en el año 1989, clasificándolos como “posiblemente cancerígeno para humanos” (Grupo 2B), basando su clasificación en que hasta esa fecha contaban con una “evidencia limitada en seres humanos” y una “evidencia inadecuada” en animales experimentales. Sin embargo, en el año 2017 cambió la clasificación al Grupo 1, clasificándolos como “carcinógenos para los humanos”.

Los humos de soldadura por arco se han evaluado de forma global durante mucho tiempo, sin diferenciar las sustancias que los componen, comparando las concentraciones encontradas con el límite permisible específico para humos soldadura. Con los conocimientos y evidencias científicas actuales, la exposición a humos de soldadura por arco debe ser considerada más peligrosa de lo que se había supuesto en el pasado, sin embargo, no existe un consenso mundial para fijar un criterio único sobre el cuál debe estar basado el límite de exposición ambiental estándar en un proceso de soldadura por arco, “Luego, es pertinente plantearse si se debe muestrear y comparar la concentración encontrada con el límite permisible específico para humos de soldadura por arco, o discriminar por tipo de metal que está(n) presente(s), o más bien se debe muestrear solo los metales de interés, en cuyo caso existirían diferentes tipos de toxicidad y, por lo tanto, se debería decidir cuál o cuáles son las sustancias a muestrear.

II.- TIPOS DE SOLDADURA

El concepto de soldadura por arco es un término amplio utilizado para referirse al proceso de unir metales a través de la coalescencia (7). Estos procesos de soldadura generan humos que contienen partículas formadas por la condensación del metal licuado.

Muchos tipos de soldadura se utilizan en entornos ocupacionales, incluidos el oxiacetileno (gas) y la soldadura por arco. Este último tipo de soldadura incluye el arco de metal manual (MMA), el arco de gas metal (GMA), el arco de núcleo de fundente (FCA) y la soldadura por arco de tungsteno de gas (GTA). En la tabla N°1 se muestra un resumen de los tipos de soldadura más comúnmente utilizados en procesos industriales.

Tabla N°1.

Procesos de Soldadura más Comunes.

Tipo de soldadura	Usos industriales comunes	Referencia
Gas Oxiacetileno	Reparación / mantención. Generalmente se utiliza para la preparación de los bordes de las piezas a soldar cuando son de espesor considerable.	Weman (2003), Moniz & Miller (2010)
MMA	Fabricación de acero, construcción, talleres de mantenimiento y reparación, montaje y reparaciones estructurales varias.	Burgess (1995), Weman (2003)
GMA	Fabricación de varios metales. ideal para materiales de pequeño espesor (o medio, en el caso de las aleaciones de aluminio y las estructuras de acero).	Burgess (1995), Weman & Lindén (2006)
FCA	Reparación de equipos, construcción naval. Se emplea generalmente para soldar aceros al carbono y de baja aleación, aceros inoxidable y hierros colados, trabajos de fabricación en taller, mantenimiento y construcción, ensambles de calderas.	Spiegel-Ciobanu (2010)
GTA	El proceso puede usarse para soldar más materiales que cualquier otro, incluso metales exóticos o aleaciones pesadas, es muy usado en aceros inoxidable o aceros aleados y aleaciones no ferrosas, aluminio, cromo, molibdeno, níquel y titanio es de uso común para los aceros estructurales.	Burgess (1995), Weman (2003)
SA	Fabricación de acero, construcción naval. Su principal aplicación en los aceros suaves de baja aleación, también se ha usado para el cobre, aleaciones a base de aluminio y titanio, aceros de alta resistencia, aceros templados y en muchos tipos de aceros inoxidable.	Burgess (1995), Weman (2003)

Fuente: IARC. Volumen N°118.

A continuación, se presenta una descripción de los diferentes tipos de soldadura.

a) Soldadura con gas oxicombustible

La soldadura con gas oxicombustible incluye soldadura con oxiacetileno, soldadura con oxipropano y soldadura con oxihidrógeno. El proceso utiliza calor de la combustión de oxígeno mezclado con un gas combustible, como acetileno, metilacetileno-propadieno (MAPP), propano, hidrógeno o propileno.

b) Soldadura de arco de metal manual (MMA)

La soldadura MMA también se conoce como soldadura de varilla o soldadura de electrodo. El proceso dibuja un arco eléctrico entre un electrodo consumible (varilla de soldadura) cubierto con un flujo, y el metal base, fundiendo los metales y dejando una junta de metal fundido. Típicamente, la varilla o electrodo de soldadura es de una aleación de metal similar al metal base, con una variedad de recubrimientos de fundente diferentes que incluyen rutilo (25–35% de TiO₂), fluoruro de calcio, celulosa y polvo de hierro (6)(8).

c) Soldadura por arco metal-gas (GMA)

La soldadura GMA forma un arco eléctrico entre un electrodo de alambre consumible alimentado a través de la pistola de soldadura y el metal base. El gas de protección suele ser helio, argón, dióxido de carbono, nitrógeno o una mezcla de estos gases, y se elige de acuerdo con el metal base que se está soldando y las características específicas del proceso.

d) Soldadura por arco con núcleo de flujo (FCA)

La soldadura FCA, también conocida como soldadura de arco tubular autoprotegida, utiliza el mismo equipo que para la soldadura GMA. La soldadura FCA utiliza un electrodo consumible automático o semiautomático de alimentación continua que contiene un flujo y un voltaje para colocar una soldadura.

e) Soldadura con arco de tungsteno con gas (GTA)

La soldadura GTA utiliza un electrodo de tungsteno para producir la soldadura. Debido al alto punto de fusión del tungsteno, el electrodo no se funde durante el proceso. Además, se usa un gas de protección (Ar o He) para proteger la soldadura y se agrega un metal de relleno consumible para hacer la unión.

f) Soldadura por arco sumergido (SA)

La soldadura SA utiliza un electrodo de alambre desnudo como metal de relleno y un flujo granular para proteger la soldadura que se alimenta al metal base antes de la trayectoria del arco. Típicamente, la soldadura SA es un proceso completamente automatizado; el operador no maneja la soldadura, pero interviniendo sólo en la configuración y el monitoreo.

En la mayoría de los tipos de soldadura descritos anteriormente, se utilizan metales base como el acero inoxidable (SS) y acero suave (MS). Existen estudios que indican que los humos generados por la soldadura por arco, utilizando acero inoxidable, podrían contener hasta diez veces más cromo y níquel que los generados por la soldadura en acero suave (1).

III.- LÍMITE DE EXPOSICIÓN

En países como España, Reino Unido o Estados Unidos (entre otros), la asignación de un valor límite de exposición para sustancias de composición variable, como es el caso de los humos de soldadura al arco, presentan algunas dificultades. En este sentido, algunos textos de higiene ocupacional clasifican a los humos de soldadura al arco o humos metálicos simplemente en humos de alta y baja toxicidad (10). Su diferencia radica en los metales presentes, que pueden tener distintos grados de toxicidad.

Muchos de los estudios de exposición a humos de soldadura por arco en los cuales se basó la IARC como referencia en su volumen N°118, utilizaron separadores de tamaño de partículas (ciclones), principalmente de fracción inhalable. Otros se han centrado en muestreos de partículas de fracción respirable, e incluso algunos países ya han establecido límites de exposición para humos de soldadura por arco en fracción respirable. Por lo tanto, la discusión no sólo se centra en si un límite de exposición debe ser individualizado por los metales presentes en estos humos de soldadura, sino que, además, en la importancia del tamaño de las partículas y su relación con los convenios para el muestreo como elemento fundamental para fijar un criterio.

En Chile, el Decreto Supremo N° 594, de 1999, del Ministerio de Salud, que aprueba el “Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo” en su artículo 66 establece un límite permisible ponderado para los humos de soldadura al arco eléctrico de 4,4 mg/m³, sin señalar que son cancerígenos para el ser humano, y especificando que dicho valor es válido solamente en ausencia de elementos tóxicos en el metal base y los electrodos, y en condiciones en que no haya acumulación o producción de gases tóxicos (11). Otro aspecto importante a considerar es que el reglamento ya mencionado establece que los humos de soldadura se muestrean como polvo no especificado total.

IV.- EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

En la práctica de la higiene ocupacional la evaluación de la concentración de los contaminantes presentes en el aire de los ambientes laborales es el procedimiento que permite tomar decisiones considerando el nivel de riesgo al cual se encuentran expuestos los(as) trabajadores(as). Para cuantificar este nivel se requiere del análisis de los diferentes factores que influyen sobre él, entre los cuales podemos destacar: la técnica y tipo de soldadura utilizadas, el tipo de metal base (anexo N°1), la duración de las tareas, la posición del cuerpo del soldador, la existencia de sistema de ventilación (extracción local o ventilación general), las condiciones ambientales del lugar de trabajo (aire libre o interior), utilización de elementos de protección personal, hábitos personales y el nivel de experiencia de los soldadores, siendo esta última variable muy importante ya que algunos estudios han demostrado que la falta de experiencia del soldador puede influir en el aumento de partículas que se generan durante las labores de soldadura(12): un soldador con menos experiencia podrá generar una mayor cantidad de partículas en el proceso de soldadura al arco, que un soldador con mayor experiencia (13). Como se puede observar el mayor o menor nivel de riesgo presente en un puesto de trabajo, depende de múltiples de factores y no solamente de la toxicidad intrínseca de la sustancia.

En el contexto de la higiene ocupacional cuando el objetivo es conocer el nivel de exposición de los trabajadores a un determinado agente o se desea verificar el cumplimiento del límite permisible, el trabajador deberá portar un tren de muestreo durante el tiempo de medición, ubicando el cabezal de muestreo en la zona respiratoria o también conocida como circunferencia respiratoria del trabajador. Respecto de este concepto existen algunas definiciones con similitudes importantes que se deben analizar:

- a) La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de USA lo define como: Aire que casi representaría el inhalado por un trabajador. (14).
- b) La Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA) lo define como: El volumen que rodea la nariz y la boca de un trabajador del que extrae aire respirable durante el transcurso de un período de trabajo.

Esta zona se puede representar en una esfera imaginaria con un radio de 10 pulgadas centrada en la nariz del trabajador. (15)

- c) El Comité Europeo de Normalización (CEN) define la zona de respiración de manera muy explícita como: El espacio alrededor de la cara del trabajador desde donde respira. Para fines operacionales, una definición más precisa es la siguiente: hemisferio (generalmente aceptado con un radio de 0.3 metros) que se extiende frente a la cara humana, centrado en el punto medio de una línea que une las orejas; la base del hemisferio es el plano a través de esta línea, la parte superior de la cabeza y la laringe. La definición no es aplicable cuando se usa equipo de protección respiratoria. (19)

Algunos estudios han demostrado que para un muestreo de tipo personal a realizar a un soldador es fundamental tener en cuenta la posición del cabezal de muestreo respecto al protector facial o máscara de soldar, debido que el protector puede desviar físicamente los humos de soldadura lejos de la zona de respiración (18). Este efecto puede implicar que la concentración de partículas al interior del protector facial sea entre 10 y 100 veces más alta que fuera del protector (16). Por esta razón, el cabezal de muestreo debe ser ubicado al interior del protector facial y lo más cerca posible de la boca (dentro de los 10 cm); por lo tanto, es necesario emplear un dispositivo de montaje que permita que dicho cabezal se mantenga siempre dentro de la zona respiratoria del soldador durante el periodo de muestreo (17).

V.- CONCLUSIÓN

La discusión sobre los niveles de exposición a los humos de soldadura por arco se debería centrar en dos puntos importantes. Primero, si es conveniente mantener un único límite permisible en nuestra norma para los humos de soldadura por arco, cuando la tendencia indica que al existir distintos componentes (metales), es recomendable medirlos en forma individual. Segundo, si se deben clasificar las partículas de acuerdo a su tamaño y, por lo tanto, establecer un tamaño para su muestreo, por consiguiente, en la medición se debería utilizar un separador de partículas, como por ejemplo un ciclón.

Para determinar la concentración de metales presentes en las labores de soldadura por arco, el profesional a cargo de la evaluación debería considerar, al menos, las siguientes condiciones asociadas al proceso de soldadura propiamente tal y a las condiciones del lugar o puesto de trabajo (anexo N°1):

- a) Cuál es el tipo de proceso de soldadura que se realizará (ver capítulo II).
- b) Cuál es el metal base.
- c) Cuál es el recubrimiento que se encuentra en la superficie (pintura, revestimientos, etc.).

En el caso que se utilicen disolventes clorados, considerar que junto con la soldadura pueden dar como resultado la exposición al cloruro de hidrógeno y posiblemente al fosgeno (6).

Independiente de los puntos anteriores, como se menciona en el capítulo IV de este documento, es importante considerar la influencia que tiene la ubicación del cabezal de muestreo al momento de tomar una muestra de tipo personal, puesto que el protector facial puede influir en la concentración de partículas cercanas a la zona respiratoria del trabajador.

Para establecer una buena estrategia en la evaluación ocupacional, se debe considerar y conocer todos los componentes que están asociados al proceso de soldadura por arco, y priorizar las sustancias de interés en función de su toxicidad, comparando las concentraciones encontradas con los límites permisibles específicos de cada una de las sustancias identificadas. Para aquella(s) sustancia(s) que no cuenten con un límite permisible específico en el DS 594/99, se podrá comparar la concentración encontrada con el límite permisible establecido para humos de soldadura al arco.

VI.- REFERENCIAS

1. Soldadura, Trióxido de Molibdeno, y Oxido de Estaño Indio TIN. Monografías IARC. Volumen 118. Lyon, Francia 2018.
2. Hewett P (1995a). The particle size distribution, density, and specific surface area of welding fumes from SMAW and GMAW mild and stainless steel consumables. *Am Ind Hyg Assoc J*, 56(2):128–35.
3. Hewett P (1995b). Estimation of regional pulmonary deposition and exposure for fumes from SMAW and GMAW mild and stainless steel consumables. *Am Ind Hyg Assoc J*, 56(2):136–42.
4. Warner C (2014). Lung bioaccessibility of manganese in arc welding fume. University of Washington, USA. [Master of Science thesis].
5. Kromhout H, Lillienberg L, Zock J-P, et al. (2004). Quantitative estimation of exposure to welding fumes in an international general population study on asthma *Eur Respir J*, 24(Suppl 48): Session 33.
6. Burgess WA (1995). Recognition of health hazards in industry: a review of materials and processes. New York (NY), USA: John Wiley and Sons.
7. AWS (1997). Standard welding terms and definitions. ANSI/AWS A3.0–94. Miami (FL), USA: American Welding Society.
8. Weman K (2003). Welding processes handbook. Boca Raton (FL), USA: CRC Press.
9. El Soldador y los Humos de Soldadura. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laboral. OSALAN 2009
10. Gracia J. Higiene Ocupacional Evaluación de Agentes Químicos. España.
11. Decreto Supremo N°594, de 1999, del Ministerio de Salud “Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. Chile
12. Chang C, Demokritou P, Shafer M, Christiani D (2013). Physicochemical and toxicological characteristics of welding fume derived particles generated from real time welding processes. *Environ Sci Process Impacts*, 15(1):214–24.
13. Graczyk H., et al. Characterization of Tungsten Inert Gas (TIG) Welding Fume Generated by Apprentice Welders A. *Ann. Occup. Hyg.*, 2016, Vol. 60, No. 2, 205–219.
14. Welding, Cutting and Brazing General Requirements 1910.252(C) (1). OSHA 1999.
15. Dinardi S. (1997) *The Occupational Environment: Its Evaluation and Control and Management*.
16. Lidén G. and Surakka J. (2009) Headset-Mounted Mini Sampler for Measuring Exposure to Welding Aerosol in the Breathing Zone. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 53, No. 2, pp. 99–116, 2009.
17. UNE-EN ISO 10882-1 (2012). Muestreo de partículas en Suspensión y Gases en la Zona de Respiración del Operario.
18. EN ISO 10882-2 (2000). Muestreo de partículas en Suspensión y Gases en la Zona de Respiración del Operario.
19. CEN. (2006) EN482 Workplace atmospheres. General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents. Brussels, Belgium: Comité Europe´en de Normalisation.
20. X.B. Benavides, E. Mosquera, F. Diaz, Estudio Exploratorio II: Identificación de nanopartículas en procesos industriales de soldadura y de minería. *Revista Ciencia y Trabajo*. 2016, vol.18, N.55, pp.28-36. ISSN 0718-2449.
21. NTP N°7: Soldadura. Prevención de Riesgos Higiénicos (1982). Instituto de Salud y Seguridad en el Trabajo. INSST. España.

VII.- ANEXOS

Anexo N°1: Contaminantes más frecuentes en los humos de soldadura (9).

Tabla N°1: Contaminantes procedentes del metal base de las piezas soldadas.

Tabla N°2: Contaminantes procedentes del recubrimiento de las piezas soldadas.

Tabla N°3: Contaminantes procedentes de los materiales de aporte usados en el proceso de soldadura.

Tabla N°4: Contaminantes procedentes del aire y de sus posibles impurezas.

TABLA N°1: Contaminantes Procedentes del Metal Base de las Piezas		
Operaciones	Metales base más frecuentes	Contaminantes característicos óxidos de:
Soldadura, corte, vaciado, relleno, etc. por cualquier procedimiento en el que se produzca la fusión del material base de la pieza.	Aceros al carbono.	Hierro, Manganeso.
	Aceros aleados.	Hierro, Manganeso, Cromo, Níquel.
	Acero inoxidable.	Hierro, Manganeso, Cromo, Níquel.
	Aluminio.	Aluminio.
	Bronces (Según tipos).	Cobre, Estaño (Níquel, Plomo, Zinc. Berilio).
	Latón (Latones aleados).	Cobre, Zinc, (Estaño, Manganeso. Plomo).
	Aleaciones cobre- berilio.	Cobre, Berilio.
	Plomo.	Plomo.

TABLA N°2: Contaminantes Procedentes del Recubrimiento de las Piezas

Operaciones	Recubrimientos más frecuentes		Contaminantes característicos
Soldadura y corte por cualquier procedimiento en el que se produzca la fusión del recubrimiento de la pieza.	Recubrimientos metálicos.	Galvanizado.	Óxido de zinc, Óxido de plomo.
		Cromado.	Óxidos de cromo.
		Niquelado.	Óxido de níquel.
		Cobreado.	Óxido de cobre.
		Cadmiado.	Óxido de cadmio.
	Recubrimientos con pinturas, barnices, resinas, plásticos, etc.	Todos.	Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono. Mezclas complejas (*) de descomposición de productos orgánicos.
		Pinturas engeneral.	Óxidos de los metales de sus pigmentos.
		Pinturas con minio.	Óxido de plomo.
	Impregnación de las piezas con residuos de fabricación.	Pinturas concromatos.	Óxidos de cromo, plomo y zinc.
		Fluidos de corte. Aceites antioxidantes.	Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono, Acroleína, Mezclas complejas de descomposición de productos orgánicos.
Disolventes clorados: Tricloroetileno, Percloroetileno, etc.		Fosgeno.	
Montaje y desarme de equipos con aislamiento de amianto mediante soldadura y oxicorte.			Amianto.

(*): Las pinturas, barnices, etc. poliuretánicos, conocidos como de dos componentes, pueden desprender isocianatos. Otros tipos pueden generar formaldehído.

TABLA N°3: Contaminantes Procedentes de los Materiales de Aporte			
Materiales de aporte	Tipo de soldadura	Contaminantes característicos	
Varilla o alambre desnudo	Con soplete (Autógena, oxigás, oxiacetilénica).	Según los casos: Óxidos de cobre, zinc, estaño, berilio, manganeso, plomo, plata y cadmio.	
	TIG; MIG; MAG.	Óxidos de los metales del hilo o de la varilla aporte (Normalmente los mismos que los de las piezas). Óxido de cobre cuando el hilo va recubierto de este metal.	
	Soldaduras blandas (Con resina de colofonia)	Según los casos: óxidos de estaño, plata, plomo y cobre. (Formaldehído).	
Electrodo revestido	Manual al arco eléctrico. -- Tipo de revestido.	Todos.	Óxidos de hierro y de manganeso
		Ácido.	Sílice amorfa.
		De rutilo.	Óxido de titanio.
		Básico.	Fluoruros.
		Celulósico.	Monóxido y Dióxido de carbono (CO y CO ₂)
		Grafito cobreado.	Óxido de cobre. Monóxido y Dióxido de carbono (CO y CO ₂)
		Otros especiales.	Según los casos: Óxidos de cobre, zinc, plomo, níquel y cromo.
Gas de protección	MAG. En su caso: MIG; TIG; Plasma.	Cuando se aporta anhídrido carbónico: Monóxido y Dióxido de carbono (CO y CO ₂).	
Gases de combustión.	Oxigás.	Óxidos nitrosos, por impurezas de nitrógeno en el oxígeno, y anhídrido carbónico (CO ₂).	
	Oxiacetilénica (con acetileno obtenido del carburo cálcico).	Fosfina, por impurezas de fósforo en el carburo cálcico de baja pureza.	
Fundente, Flux, Decapante, Termita.	Electrodo sumergido.	Fluoruros.	
	Uso de decapantes ácidos.	Fluoruros, cloruros.	
	Uso de bórax, carbonatos.	Óxidos alcalinos.	
	Aluminotermia.	Óxidos de aluminio y de hierro.	

TABLA N°4: Contaminantes Procedentes del Aire y Posibles Impurezas

Operaciones	Contaminantes característicos	Reacciones que los originan
Todas, pero especialmente: Soldadura, corte y calentamiento con llama.	Óxidos de nitrógeno.	Oxidación del nitrógeno del aire.
Soldaduras al arco eléctrico: Electrodos, TIG, MIG, plasma, especialmente trabajando con piezas de aluminio.	Ozono.	Acción de las radiaciones ultravioleta sobre el oxígeno del aire.
Todas (Cuando el aire está contaminado con disolventes clorados).	Fosgeno.	Descomposición de los disolventes clorados: Tricloroetileno, percloroetileno, etc., procedentes, por ejemplo, de instalaciones de desengrase próximas, secado de piezas, etc.