

## GUIA DE PROTECCION RESPIRATORIA PARA SOLDADURA

No existe una técnica industrial tan utilizada en el mundo como la soldadura. Por su método preciso, de bajo costo y confiable para unir materiales, constituye una práctica común en la industria en general. Sin embargo es necesario destacar que los humos y gases de la soldadura pueden ser peligrosos para la salud.

Este informativo entrega información básica para ayudar a reducir los riesgos asociados con los humos y gases de la soldadura. La exposición a humos de soldadura tiende a ser altamente variable debido a muchos factores.

Los riesgos a la salud y sus efectos asociados con los gases y humos son determinados por:

- El tiempo de exposición.
- El tipo de soldadura que se realiza.
- El ambiente de trabajo.
- La protección que se esté usando.

Los humos de soldadura son pequeñas partículas que son formadas cuando el metal vaporizado se condensa rápidamente en el aire manteniéndose en suspensión. Ellas son típicamente muy pequeñas para ser vistas por el ojo, a menudo son tan pequeñas como un micrómetro (Un quinto del diámetro de un cabello humano) pero colectivamente a menudo forman una nube visible, aún si el humo no puede ser visto, sus partículas pueden estar presentes. Los efectos asociados a la salud con humos metálicos dependen del metal específico presente en el humo; estos van desde casos de enfermedades de corto plazo, tal como la "fiebre del humo metálico" (por ejemplo, síntomas de resfrío) a enfermedades de más largo plazo que involucra desórdenes neurológicos y/o daño pulmonar.

Hay gases que también son generados por la soldadura, los cuales pueden incluir Monóxido de Carbono (CO), Ozono, Ácido Fluorhídrico y Óxidos Nitrosos. El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, que se forma por la combustión incompleta del revestimiento del electrodo o del flujo y también por el uso de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como gas inerte. La sobreexposición a CO inhibe a los glóbulos rojos de llevar suficiente oxígeno a otros órganos del cuerpo, lo cual consecuentemente resulta en asfixia. Existe también el potencial de generar una atmosfera con deficiencia de oxígeno si la soldadura se realiza en espacios confinados o espacios cerrados con gas inerte (como el argón).

El Ozono, Dióxido de Nitrógeno y el Óxido Nítrico son producidos por la interacción de la luz ultravioleta (proveniente del arco eléctrico) con el aire que lo rodea. Estos compuestos son irritantes para los ojos, nariz y garganta. Altas exposiciones también pueden causar fluidos en los pulmones, hemorragias y otras enfermedades pulmonares de largo plazo.

Si el metal ha sido desgrasado con un solvente clorado, otros gases podrían ser liberados (tales como fosgeno, ácido clorhídrico, gas cloro, etc.). Estos gases generalmente causan irritación a los ojos, nariz y sistema respiratorio y los síntomas pueden aparecer posteriormente. En la siguiente tabla podremos ver un listado de los gases generados durante los procesos de soldadura y los efectos y síntomas sobre la salud.

### MSA de Chile

Domingo Arteaga 600, Macul, Santiago  
Fono: +56 2 947 5700 Fax: +56 2 947 5777  
E-mail: [msa@msa.cl](mailto:msa@msa.cl)  
[www.MSA.cl](http://www.MSA.cl)  
[www.PIENSASEGURO.cl](http://www.PIENSASEGURO.cl)



<b>Humos</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Efectos y Síntomas</b>
<b>Aluminio</b>	Componentes de aluminio de algunas aleaciones, ej., cobre, zinc, acero, magnesio, bronce y materiales usados para rellenar.	Irritante para el sistema respiratorio.
<b>Berilio</b>	Agente endurecedor encontrado en el cobre, magnesio, aleaciones de aluminio y contactos eléctricos.	"Fiebre del humo metálico." Un cancerígeno. Otros efectos crónicos incluyen daño al tracto respiratorio.
<b>Óxidos de Cadmio</b>	Acero inoxidable conteniendo cadmio o materiales enchapados, aleaciones de Zinc.	Irritación del sistema respiratorio, tracto reseco y sensible, dolor en el pecho y dificultad para respirar. Los efectos crónicos incluyen daño al riñón y enfisema. Se sospecha de ser carcinogénica.
<b>Cromo</b>	La mayoría de los aceros inoxidables y materiales altamente aleados, barras de soldadura. También utilizado como placas de soldadura.	Se ha incrementado el riesgo de cáncer al pulmón. Algunos individuos pueden presentar piel irritada. Algunas formas son cancerígenas (Cromo hexavalente).
<b>Cobre</b>	Aleaciones tales como Monel y bronce. Algunas barras de soldadura.	Efectos agudos de irritación de los ojos, nariz y tracto, náuseas y "Fiebre del humo metálico."
<b>Fluoruros</b>	Recubrimiento de electrodos comunes y material flux tanto para altas o bajas aleaciones de acero.	Efectos comunes son la irritación de los ojos, nariz y tracto. Exposiciones a largo plazo pueden resultar en problemas a los huesos y a los ligamentos.
<b>Óxido de Hierro</b>	El mayor contaminante en todo el proceso de soldadura.	Siderosis— una enfermedad al pulmón causada por partículas depositadas en él. Los síntomas incluyen irritación de la nariz y los pulmones.
<b>Plomo</b>	Soldadura, bronce y aleaciones de soldadura y primer/recubrimiento de acero.	Efecto crónico al sistema nervioso, sistema digestivo y capacidad mental. Puede causar envenenamiento por plomo.
	<b>Fuentes</b>	<b>Efectos y Síntomas</b>
<b>Manganeso</b>	La mayoría de los procesos de soldadura, especialmente aleaciones de acero.	"Fiebre del humo metálico." Efectos crónicos pueden incluir daños al sistema nervioso central.

<b>Molibdeno</b>	Aleaciones de acero, acero inoxidable y aleaciones de níquel.	Los efectos agudos incluyen irritación sobre los ojos, nariz y tracto y falta de respiración.
<b>Níquel</b>	Acero inoxidable, Inconel, Monel, Hastelloy y otros materiales de alta aleación, barras de soldadura acero enchapado .	Efectos agudos: Irritación de los ojos, nariz y tracto respiratorio. Se incrementa el riesgo a contraer cáncer . También se asocia con la dermatitis y problemas con los pulmones.
<b>Vanadio</b>	Algunas aleaciones de acero, hierro, acero inoxidable , aleaciones de níquel.	Efectos agudos: Irritación de los ojos, piel y tracto respiratorio. Efectos crónicos incluyen bronquitis, retinitis, fluido en los pulmones y neumonía.
<b>Óxidos de Zinc</b>	Metal galvanizado y pintado.	"Fiebre del humo metálico".
<b>GASES</b>		
<b>Monóxido de Carbono</b>	Formado en el arco.	Absorbido rápidamente en el flujo sanguíneo , causando dolor de cabeza, mareo o debilidad muscular. Altas concentraciones puede resultar en pérdida del conocimiento e incluso la muerte.
<b>Ácido Fluorhídrico</b>	Descomposición del recubrimiento de los electrodos de soldar.	Irritación de los ojos y tracto respiratorio. La sobreexposición puede causar daño pulmonar, al riñón, huesos e hígado. Exposición crónica puede resultar en irritación de la nariz , tracto y bronquios .
<b>Óxido de Nitrógeno</b>	Formado en el arco.	Irritación de los ojos, nariz y tracto en bajas concentraciones Fluido anormal en los pulmones y otros efectos serios en altas concentraciones. Efectos crónicos incluyen problemas a los pulmones tales como enfisema .
<b>Deficiencia de oxígeno</b>	Soldadura en espacios confinados, y desplazamiento del aire por el gas inerte utilizado .	Mareo, confusión mental, asfixia y muerte.

VAPORES ORGÁNICOS		
	Fuentes	Efectos y Síntomas
<b>Aldehídos</b>  (tales como el formaldehído)	Metal recubierto con aglutinante y pigmentos. Solventes desengrasantes.	Irritante a los ojos y al tracto respiratorio.
<b>Di-isocianatos</b>	Metal con pintura de poliuretano.	Irritación de los ojos nariz y del tracto. Alta posibilidad de hipersensibilidad. Produce asma y otros síntomas alérgicos aún en bajas concentraciones.
<b>Fosgeno</b>	Metal con solventes desengrasantes. (El fosgeno está formado por la reacción de los solventes y la radiación de la soldadura.)	Mucha irritación de los ojos, nariz y sistema respiratorio. Los síntomas pueden ser retardados.
<b>Fosfina</b>	Metal recubierto con inhibidores de óxido. (La fosfina es formada por la reacción del inhibidor del óxido con la radiación de la soldadura.)	Irritante para los ojos y sistema respiratorio, puede dañar los riñones y otros órganos.

El primer paso para cuantificar el potencial de exposición a humos y gases de soldadura es entender los procesos de soldadura más comunes, sus tasas de generación relativa de humo (TGRH) y otros factores potenciales de exposición.

#### Procesos de soldadura comunes

Diferentes procesos de soldadura tienen diferentes TGRH. A continuación podemos encontrar una visión general de los procesos más comunes de soldadura y sus TGRH:



#### Soldadura de Arco Manual Metálico con electrodos revestidos

es comúnmente usada para fundir acero y aleaciones de acero, además de soldadura de acero inoxidable. En este tipo de soldadura, el electrodo es sujetado manualmente y el arco eléctrico fluye entre el electrodo y el metal base. El electrodo está recubierto por un material (revestimiento), el cual provee un gas inerte para ayudar a eliminar impurezas de la soldadura. El electrodo es consumido en el proceso y el metal "rellenante" o "aportante" contribuye a la soldadura. Esta soldadura puede producir altos niveles de humo metálico y exposición a ácido fluorhídrico; sin embargo, se considera que tiene poco potencial de generar ozono, óxido nítrico y dióxido de nitrógeno.

Ilustración 1. Solución de Protección Respiratoria con línea de Aire y máscara de medio rostro

**Soldadura al arco en atmosfera inerte** también conocida como soldadura **MIG** (Metal Inert Gas). Esta es típicamente usada para la mayor parte de metales y es más rápida que la soldadura de arco metálico con electrodos revestidos. Este proceso involucra el flujo de un arco eléctrico entre el metal base y un electrodo que alimenta el cordón de la soldadura, generalmente se emplea argón como gas inerte y con una menor frecuencia el helio, o una mezcla de ambos. El gas inerte es suministrado externamente y el electrodo (alambre) no tiene recubrimiento. Aunque la soldadura MIG requiere una mayor corriente eléctrica, produce menos humo porque el electrodo no contiene agentes que lo recubran. Pero genera abundante concentración de Ozono.

**Soldadura tubular de arco con fundente en el núcleo**, es comúnmente usada para acero dulce (acero que contiene niveles de carbono que se sitúan entre el 0,15% y el 0,25%, casi hierro puro, que además es muy dúctil y resistente a la corrosión. También llamado acero suave) y acero inoxidable. Este proceso de soldadura tiene similitudes tanto con la soldadura de arco metálico recubierto con electrodos revestidos como con la soldadura de arco metálico protegido por gas. El electrodo consumible es continuamente alimentado desde una bobina y un arco eléctrico fluye entre el electrodo y el metal base. La barra de electrodo tiene un núcleo central conteniendo agentes de flujo, y una capa adicional de gas puede ser suministrada externamente. Este proceso de soldadura genera una sustancial cantidad de humo metálico debido a las altas corrientes eléctricas y al electrodo recubierto. Genera un poco de ozono, óxido nítrico, y No2.



**Ilustración 2. Solución con adaptador para soldar y lente fotosensible**

**Soldadura al arco de Tungsteno en atmósfera inerte (TIG) o (GTAW)**, es utilizada para metales como el aluminio, magnesio, acero dulce, acero inoxidable, bronce, plata y aleaciones de cobre. Esta técnica usa electrodos de Tungsteno no consumible. El metal relleno es alimentado manualmente, y el gas inerte es suministrado externamente. Se utilizan altas corrientes eléctricas lo que hace que este proceso genere altas cantidades de ozono, NO y NO2. Sin embargo este tipo de soldadura produce muy poca cantidad de humo.

**Soldadura por arco sumergido (SAW)** tiene como detalle más característico el empleo de un flujo continuo de material protector en polvo o granulado, llamado flux. Esta sustancia protege el arco y el baño de fusión de la atmósfera, de tal forma que ambos permanecen invisibles durante la soldadura. Se utiliza comúnmente para soldar placas gruesas de acero dulce y bajas aleaciones de acero. Este material (flux), mantiene los niveles de humos bajos. Hay también un poco de generación de ozono, óxido nítrico y dióxido de nitrógeno. El mayor peligro potencial aerotransportado con la soldadura tipo SAW son los compuestos de fluoruro o ácido fluorhídrico generados desde el material flux.

En resumen podemos observar las siguientes situaciones de riesgo según el tipo de soldadura.

Tipo de Soldadura	Riesgo Principal	Contaminante	Filtro Protección Respiratoria	Número de Parte
Soldadura al Arco Manual con electrodos revestidos (Esta es la soldadura más común).	Mayor cantidad de humos metálicos que otros tipos de soldadura. Se recomienda filtro con mayor eficiencia que N95. Presencia de Ácido Fluorhídrico.	Óxidos de Hierro, cromo, ácido fluorhídrico, níquel y cobre	Flexifilter P100 / AG	818344
Soldadura MIG, MAG	Menor cantidad de humo, gran cantidad de ozono.	Cromo, Ozono	Flexifilter P100 / OV	818343
Soldadura TIG	Menor cantidad de humo, mayor cantidad de Ozono, NO y NO2.	Ozono, Cromo	Flexifilter P100 / OV	818343
Soldadura por Arco sumergido	Mayor cantidad de Ácido Fluorhídrico generado por el material Flux.	Ácido Fluorhídrico, Ozono	Flexifilter P100 / AG	818344
Toda soldadura sobre material recubierto o pintado	Generación de vapores orgánicos y descomposición de productos.	Vapores Orgánicos	Flexifilter P100 / OV	818343

### Otros Factores que afectan las Tasas de Generación Relativa de Humo.

La fuente principal de información cuando se tiene que determinar los componentes que probablemente se encontrarán en el humo metálico es la hoja de seguridad del producto o material en este caso del electrodo/ barra. Cerca del 90 al 95 por ciento de los humos son generados desde el metal rellenedor y el electrodo consumible (Lyttle, 2004). Debido a que el metal base es más frío que la barra de electrodo, el metal base contribuye solo en un monto menor del total de los humos. Sin embargo, el metal base puede ser un factor significativo de la exposición al humo si el material de la superficie del metal base contiene sustancias altamente tóxicas (tales como capas de cromo, pinturas en base a plomo, etc.)



Ilustración 3. Flexifilter: Filtros especiales para soldadura

Adicionalmente a los procesos de soldadura, la TGRH es también influenciada por los siguientes factores:

- Corriente eléctrica: En general, la TGRH es exponencialmente proporcional a la corriente.
- Arco voltaico: La TGRH generalmente se incrementa cuando el arco voltaico se incrementa.
- Diámetro del electrodo: El diámetro del electrodo tiene un efecto modesto sobre la tasa de generación del humo. Por lo general un diámetro de electrodo pequeño genera un mayor TGRH que un diámetro de electrodo grande, sin embargo hay que tener en cuenta que generalmente se necesita un poco más de corriente para un electrodo de mayor diámetro.
- Angulo del electrodo: El ángulo del electrodo para la pieza de trabajo tiene un ligero (pero impredecible) efecto sobre la TGRH.
- Gas Inerte: La TGRH tiende a ser mayor cuando el 100 por ciento es CO<sub>2</sub> en comparación con el Argón.
- Velocidad de soldadura: A mayor tasa de soldadura, la generación de humo, evidentemente es mayor.

Otro factor a considerar es la ventilación y la proximidad del soldador al punto de soldadura.



**Ilustración 4. Solución de Protección Respiratoria MSA con mascarera de medio**

### Nivel de Ventilación

El nivel de ventilación determina cuanto de los gases y humos producidos por la soldadura permanecen cerca del área de respiración del soldador y por cuanto tiempo. Los niveles de monóxido de carbono podrían llegar a las 500 ppm si es que la ventilación no es adecuada, considerando que el límite permisible ponderado de acuerdo al DS 594 para el caso de monóxido de carbono es 40 ppm, se excede la ley en más de 10 veces. En pruebas realizadas en ambientes poco ventilados, se han producido niveles de plomo hasta 1000 veces superiores al límite permisible.



**Ilustración 5. Solución de protección respiratoria con capucha, lente fotosensible y PAPR**

La proximidad que tenga el soldador con el punto de soldadura es otro factor a tomar en cuenta, por ejemplo cuando el soldador debe arrodillarse o agacharse sobre el punto de soldadura, ello hace que el área de respiración del soldador esté directamente sobre el arco.

Como guía OSHA requiere un mínimo de movimiento de 65 metros cúbicos de aire por minuto para cada soldador en el área. Una manera práctica de saber si es que hay una adecuada ventilación, es usar la siguiente regla:

*“Si el humo visible producido por la soldadura se aclara en menos de 30 segundos después de parar de soldar entonces la ventilación es adecuada”.*

En general, los procesos de soldadura tubular de arco con fundente en el núcleo producen la mayor generación de humo seguido por la soldadura de arco metálico recubierto con electrodos revestidos. Sin embargo, cuando se realizan soldaduras de acero que contienen cromo los humos generados de soldaduras al arco con electrodos revestidos contienen más cromo que las anteriores, la soldadura MIG tiende a tener una moderada tasa de generación de humos. La soldadura TIG y de arco sumergido son inherentemente procesos de generación de bajo humo.



### Seleccionando el Respirador Adecuado

En los lugares donde sea posible se tiene que recurrir a sistemas de ventilación o soluciones de ingeniería para eliminar o controlar las fuentes de contaminación, pero en muchos casos ello no será suficiente, por lo tanto se hace necesario el uso de respiradores. Para la mayoría de las aplicaciones de soldadura, existe un conjunto de respiradores que tienen limitaciones y beneficios, un resumen de los respiradores más comunes y sus categorías para soldadura se presentan a continuación:

**Ilustración 6. Solución de Protección Respiratoria con adaptador para soldar y lente fotosensible**

Número de Parte	Descripción	Factor de Protección	Beneficios	Limitaciones
<b>10102183</b>	Respirador Medio Rostro Advantage 420	<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa filtros reemplazables</li> <li>• Mayores opciones de Filtro</li> <li>• Diferentes tallas</li> <li>• Costo Moderado</li> <li>• Liviana</li> <li>• Se ajusta a todo tipo de máscara de soldar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No compatible con barbas.</li> <li>• Se requiere realizar el test de ajuste.</li> </ul>
<b>10083782 + 10077063 + 791930</b>	Respirador Rostro Completo con adaptador para soldar	<b>100</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa filtros reemplazables</li> <li>• Mayores opciones de Filtro.</li> <li>• Diferentes tallas.</li> <li>• Costo Moderado.</li> <li>• Liviana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No compatible con barbas.</li> <li>• Se requiere realizar el test de ajuste.</li> </ul>
	Equipo de Respiración (PAPR) Equipo Purificador de Aire Forzado	<b>1000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa filtros reemplazables.</li> <li>• Reduce la falta de ventilación.</li> <li>• Entrega un Efecto de enfriamiento.</li> <li>• Sin resistencia a la inhalación.</li> <li>• Se puede utilizar con cascos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El peso es mayor</li> <li>• Mayor Costo Unitario</li> <li>• Se requiere una mayor mantención</li> <li>• Se requiere un mayor entrenamiento del personal</li> <li>• Requiere filtros específicos.</li> </ul>