



UTN.BA

FACULTAD
REGIONAL
BUENOS AIRES

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

ESPECIALIZACIÓN EN HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Título:

“Prevención de los Riesgos a la Exposición de Humos de Soldadura por parte del Servicio de Seguridad e Higiene de acuerdo al tipo de Industria”

Autor: Ing. Sergio Luis Stinziani

Tutor: Ing. Aldo Alaniz

Buenos Aires – junio / 2023

Índice

1	Introducción.....	3
1.1	Objetivos Generales.....	4
1.2	Objetivos Específicos.....	4
1.3	Metodología.....	4
2	Estado del conocimiento.....	5
2.1	Ampliación a los Anexos I y III.....	7
2.1.1	Contaminantes presentes en los humos de soldadura.....	7
2.1.2	Factores que contribuyen a la cantidad de humos inhalados por el soldador.....	11
2.1.3	Como afectan los humos a la salud.....	19
2.1.4	Como se puede informar el servicio de Seguridad e Higiene y el soldador de sus riesgos.....	26
2.1.5	Medios para controlar los riesgos por inhalación de humos de soldadura.....	31
2.1.6	Estudios médicos que debe realizarse el soldador.....	44
3	Discusión y análisis.....	46
3.1	Análisis de un ejemplo práctico para un proceso específico de soldadura, determinando los posibles contaminantes en los humos de soldadura y sus posibles efectos a la salud.....	46
4	Conclusiones y recomendaciones.....	48
5	Referencias Bibliográficas.....	49

1 Introducción

El presente trabajo presentará el alcance que da la legislación nacional en lo referente a exposición de humos de soldadura y se ampliará el tema con estudios realizados previos y normativas de otros países.

De esta manera se promoverá que al personal del servicio de seguridad e higiene le permita tener una orientación más detallada sobre los riesgos emergentes a la exposición de los contaminantes presentes en los humos de soldadura y sobre las medidas de prevención que corresponde aplicar para controlarlos satisfactoriamente.

Los humos de soldadura están conformados por una mezcla de partículas y gases generados por el fuerte calentamiento de las sustancias presentes en el entorno del punto de soldadura.

Las sustancias presentes en los humos se conforman por el material de las piezas a soldar, los recubrimientos superficiales que pudieren tener las piezas, los materiales de aporte (ej. Alambres varios), los materiales de recubrimiento del material de aporte (electrodos), y el aire presente en la zona de soldadura con su posible contaminación.

Debido a las variantes en las sustancias mencionadas, los humos de soldadura no pueden clasificarse de forma sencilla. Más específicamente la composición y cantidad de los humos depende de la aleación que se suelda (piezas), del proceso (SMAW, GTAW, SAW, etc.)¹ y el electrodo usado para ello (material de aporte).

Los humos de soldadura pueden conducir a trastornos de la salud, como por ejemplo intoxicaciones agudas y enfermedades profesionales dependiendo de las condiciones particulares de cada trabajo: tipos de proceso de soldadura, materiales soldados, continuidad de la exposición, calidad de la ventilación, etc. La legislación en la argentina aborda el tema a modo muy general. Ingresando a la Ley N° 19587 Anexo I se menciona que cuando se realicen trabajos de soldadura se asegure una adecuada ventilación tanto en los Art.152 y Art.157. Este último, refiere al Capítulo 11 el cual describe que la ventilación preferentemente debe ser de modo natural y la ventilación mínima debe ser establecida en función de la cantidad de personas que se encuentren en el Local.

En el Anexo III de dicha Ley Apéndice B2, se menciona que las partículas totales de humos de soldadura poseen un valor límite umbral: $5\text{mg}/\text{m}^3$ y establece también que en soldadura por arco hay que verificar que los elementos individuales no superen los valores límites umbrales.

¹ SMAW: Shield Metal Arc Welding – GTAW: Gas Tungsten Arc Welding – SAW: Submerged Arc Welding.

En función de la documentación de referencia adjunta, se abordara el tema tratando de ampliar con mayor información lo mencionado en los Anexos I y III.

1.1 Objetivos Generales

- Proponer una ampliación a la legislación existente respecto a la exposición de Humos de Soldadura.

1.2 Objetivos Específicos

- Analizar la normativa actual vigente en nuestro país.
- Conocer y analizar las normativas de otros países.
- Seleccionar los aspectos a analizar en la legislación vigente.
- Analizar un ejemplo práctico para un proceso de soldadura específico y determinar los posibles contaminantes en los humos de soldadura y sus efectos a la salud.

1.3 Metodología

La información se obtendrá de normativas, trabajos de investigación y sitios de internet reconocidos, a fin de cumplir con los objetivos propuestos, el tema se abordará respondiendo a 6 puntos clave que son:

- Contaminantes presentes en los humos de soldadura.
- Factores que contribuyen a la cantidad de humos inhalados por el soldador.
- Como afectan los humos a la salud.
- Como se puede informar el servicio de Seguridad e Higiene y el soldador de sus riesgos.
- Medios para controlar los riesgos por inhalación de humos de soldadura
- Estudios médicos que debe realizarse el soldador.

Finalmente, se presentarán las conclusiones y recomendaciones para el personal responsable de Seguridad e Higiene.

2 Estado del conocimiento

La Ley 19587 en su anexo I menciona en los artículos 152 y 157 lo siguiente:

Art 152 “En los establecimientos en que se realicen trabajos de soldadura y corte se asegurará una adecuada ventilación e iluminación”.

Art 157 “En los establecimientos en los que se realicen trabajos de soldadura y corte en espacios confinados, se deberá asegurar por medios mecánicos una ventilación adecuada conforme lo establecido en el Capítulo 11 de este Reglamento”

Capítulo 11:

Ventilación

Art. 64.- En todos los establecimientos, la ventilación contribuirá a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador.

Art. 65.- Los establecimientos en los que se realicen actividades laborales, deberán ventilarse preferentemente en forma natural.

Art. 66.- La ventilación mínima de los locales, determinada en función del número de personas, será la establecida en la siguiente tabla:

Ventilación mínima requerida en función del número de ocupantes.²

Para actividad sedentaria

Cantidad de personas	Cubaje del local (m ³ por persona)	Caudal de aire (m ³ por persona)
1	3	43
1	6	29
1	9	21
1	12	15
1	15	12

Cantidad de personas en función de caudal de aire y m³ del local

² Ley 19587 Decreto 351/79

Para actividad moderada

Cantidad de personas	Cubaje del local (m ³ por persona)	Caudal de aire (m ³ por persona)
1	3	65
1	6	43
1	9	31
1	12	23
1	15	18

Cantidad de personas en función de caudal de aire y m³ del local

En el anexo III de dicha Ley 19587, Apéndice B: *Sustancias de composición Variable*, en el punto B2 en forma resumida se menciona:

B2. Humos de soldadura - Partículas totales (No clasificadas de otra forma). (NOC)+ Valor límite umbral: 5 mg/m³

La composición, cantidad de los humos y el total de partículas depende de la aleación que se suelda, del proceso y electrodos que se usan.

No se puede realizar un análisis fiable de los humos sin tener en cuenta la naturaleza del proceso y el sistema de soldadura objeto del examen:

- Metales reactivos como el aluminio, titanio y las aleaciones se sueldan al arco en una atmósfera inerte, por ejemplo de argón. Estos tipos de arco originan una cantidad relativamente pequeña de humos, pero dan lugar a una intensa radiación que puede producir ozono.
- Si se sueldan al arco aleaciones de hierro en atmosferas oxidantes, genera una cantidad considerable de humo y puede producir monóxido de carbono en vez de ozono. Tales humos generalmente se componen de partículas amorfas que contienen hierro, manganeso, silicio y otros metales según la aleación y el sistema usado en la soldadura.
- Cuando se suelda al arco acero inoxidable en los humos se encuentran compuestos de cromo y níquel.
- Electrodo recubiertos, o continuos, pueden contener fluoruros en su formulación y los humos asociados a ellos cantidades más importantes de fluoruros que óxidos.

Debida a los factores apuntados, frecuentemente hay que verificar si los humos de soldadura al arco tienen los elementos individuales, para comprobar si se supera algún valor límite umbral específico.

Las conclusiones basadas en la concentración total de humos son generalmente correctas, si el electrodo usado, el metal o su recubrimiento, no contienen tóxicos y las condiciones de la soldadura no causan la formación de gases tóxicos.³

2.1 Ampliación a los Anexos I y III

2.1.1 Contaminantes presentes en los humos de soldadura

Como fue ya mencionado, los contaminantes presentes en los humos de soldadura dependen de cuatro factores: contaminantes procedentes del metal base de las piezas a soldar, contaminantes procedentes del recubrimiento de las piezas, contaminantes procedentes de los materiales de aporte y contaminantes procedentes del aire y de sus posibles impurezas. Ver tablas 1, 2,3 y 4.⁴

Estos contaminantes característicos descritos en las tablas se encuentran con sus concentraciones máximas permitidas (CMP) en el decreto 351. Por lo cual el personal del servicio de Seguridad e Higiene podría utilizar estas tablas para definir que contaminantes están presentes en el puesto de trabajo del soldador y determinar a través del anexo III las concentraciones máximas permitidas.

³ Ley 19587 Decreto 351/79

⁴ http://www.osalan.euskadi.eus/s94contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/soldador.html

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 metal base de las piezas.	Aceros al carbono.	Hierro. Manganeso.
	Aceros aleados.	Hierro. Manganeso. Cromo. Níquel.
	Acero inoxidable.	Hierro. Manganeso. Cromo. Níquel.
	Aluminio.	Aluminio.
	Bronces. <i>(Según tipos)</i>	Cobre. Estaño. <i>(Níquel. Plomo. Zinc. Berilio.)</i>
	Latón. <i>(Latones aleados)</i>	Cobre. Zinc. <i>(Estaño. Manganeso. Plomo.)</i>
	Aleaciones cobre-berilio	Cobre. Berilio.
	Plomo.	Plomo.

Tabla 1

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 en general.	Óxidos de los metales de sus pigmentos.
		Pinturas con cromatos.	Óxidos de cromo, plomo y zinc.
		Pinturas con minio.	Óxido de plomo.
	Impregnación de las piezas con residuos de fabricación.	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 desguace de equipos con aislamiento de amianto mediante soldadura y oxicorte		Amianto

Tabla 2

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 de 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 3

CONTAMINANTES PROCEDENTES DEL AIRE Y DE SUS 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
Soldadura al arco eléctrico: Electrodos, TIG, MIG, plasma, etc. 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

Tabla 4

2.1.2 Factores que contribuyen a la cantidad de humos inhalados por el soldador

La cantidad de humos que inhala el soldador depende básicamente de:

- La producción total de humos durante el trabajo.
- La posición del soldador con respecto al punto de soldadura.
- La ventilación.
- La pantalla de soldadura.
- La protección individual de las vías respiratorias.

2.1.2.1 Producción total de humos

La cantidad de humos generados varía de un proceso de soldadura a otro, y dentro de cada uno de ellos, depende de diversos factores, tal como se indica de forma básica en la Tabla 5.

VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE HUMOS EMITIDOS		
CONTAMINANTES	FACTORES QUE AUMENTAN LA CANTIDAD DE HUMOS EMITIDOS	
Partículas y Gases	<p>El tiempo efectivo de soldadura propiamente dicha.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La cantidad de materiales de aporte consumida. - La potencia calorífica aplicada: Intensidad de la corriente eléctrica, caudal de los gases de combustión, etc. - Recubrimiento de las piezas con pinturas, barnices, plásticos, etc. 	
Partículas (Humos visibles)	El punto de fusión de los metales que intervienen: Cuanto más bajos, mayor emisión.	Ejemplos de Emisión alta Piezas cadmiadas. Cadmio: 321°C Piezas emplomadas. Plomo: 327°C Piezas galvanizadas. Zinc: 420°C
		Ejemplos de Emisión media Aceros al carbono: Manganeso: 1.245°C. Hierro: 1.535°C
		Ejemplos de Emisión baja Aceros inoxidables: Níquel: 1.453°C. Cromo: 1.939°C
	El diámetro del electrodo. Mínimo, los no consumibles (TIG).	
	El revestimiento del electrodo. En orden creciente: Varilla desnuda → Ácido → Básico → Rutilo → Celulósico.	
Gases (Humos no visibles)	Gases nitrosos	Un soplete quemando “en vacío” produce más gases nitrosos porque toda la energía calorífica actúa

Gases (Humos no visibles)		sobre el aire, oxidando más intensamente su nitrógeno.
	Monóxido y dióxido de carbono	En los procesos de soldadura MIG y MAG la generación de estos gases (CO y CO ₂) será mayor contra más alta sea la proporción de anhídrido carbónico en el gas de protección.
	Ozono	Cuanto más radiación ultravioleta se produzca, mayor será la cantidad de ozono generada, por ejemplo: En los procesos TIG, MIG y MAG se produce más ozono que cuando se utilizan electrodos revestidos. Cuando se trabaja con piezas de aluminio se genera más ozono que cuando se trata piezas de acero al carbono.
	Fosgeno	Aumenta cuanto mayor sea la impregnación de las piezas con disolventes clorados y la concentración de éstos en el ambiente.
	Otros gases	Cuanto mayor sea la cantidad utilizada de fluxes, fundentes, decapantes, etc. mayor será la generación de gases irritantes.

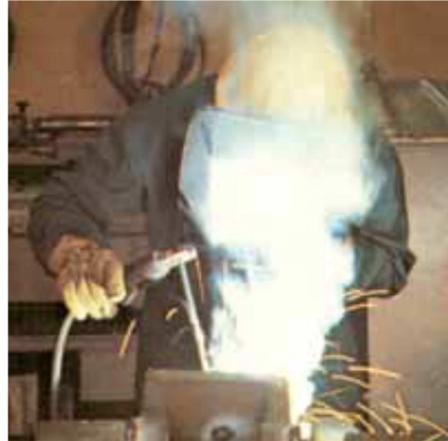
Tabla 5⁵

⁵http://www.osalan.euskadi.eus/s94contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/soldador.html

Ejemplo de variación por el tipo de proceso:



Estañado de circuitos electrónicos.



Soldadura con electrodos revestidos.

Ejemplo de variación dentro de un mismo proceso.

A mayor diámetro del electrodo (\emptyset), mayor índice de desprendimiento de humos (R).

En la figura: $\emptyset = 2,5 - 3,2 - 4,0$ mm.

R = 4 - 5 - 6.



Diámetro del electrodo / índice R

2.1.2.2 Influencia de la posición del soldador

En la postura que adopta el soldador durante su trabajo hay dos aspectos de gran repercusión en la cantidad de humos inhalados:

- Su posición con respecto a la vertical del punto de soldadura
- La distancia al punto de soldadura.

Influencia de la posición con respecto a la vertical del punto de soldadura

Cuando el soldador adopta una postura tal que su cara queda justo en la vertical del punto de operación, los humos inciden directamente sobre él y la cantidad de ellos que inhala es muy superior a cuando mantiene su cara apartada de la corriente ascendente de humos.

Por ejemplo, cuando se unen dos chapas a nivel del suelo, con la cara sobre el punto de soldadura, la cantidad de contaminantes inhalada puede llegar a ser diez veces mayor que cuando se realiza una soldadura similar con las chapas en posición vertical y la cara frente al cordón de soldadura.



Vías respiratorias en la vertical del punto de soldadura.

Influencia de la distancia de la cara del soldador al punto de soldadura

Cuanto más próxima esté la cara del operario del punto de soldadura, mayor será la cantidad de contaminantes inhalada, fundamentalmente por dos motivos:

- Los humos se generan en el punto de soldadura y su concentración disminuye a medida que se alejan de él, diluyéndose en el ambiente.
- Algunos gases que se forman en el punto de soldadura, tales como el CO (monóxido de carbono) por descomposición del CO₂ (anhídrido carbónico) del gas de aporte, y el O₃ (ozono) por oxidación del oxígeno del aire, vuelven a reconvertirse en CO₂ y oxígeno a poca distancia del punto de formación, disminuyendo y desapareciendo, respectivamente su peligrosidad.

A este respecto hay que señalar que en muchas ocasiones, el operario se acerca en exceso al punto de soldadura para mejorar la visión por razones tan simples y evitables como la utilización de oculares filtrantes con mayor grado de protección que la necesaria, cristales sucios o picados, o la falta de una revisión reciente de la graduación adecuada de sus lentes correctoras.

2.1.2.3 Influencia de la ventilación

La ventilación en los trabajos de soldadura es decisiva para limitar la inhalación de humos por el soldador.

Los humos afectan al soldador primeramente de forma directa e intensa por su proximidad al foco de generación, y posteriormente de manera más indirecta y moderada como consecuencia del aumento progresivo de la contaminación del ambiente general.

La intensidad de la inhalación directa del soldador dependerá de la calidad de la **ventilación localizada** instalada en su puesto de trabajo, mientras que la inhalación indirecta, debida tanto a sus operaciones como a las de otros posibles compañeros, será tanto menor cuanto más eficaz sea la **ventilación general** del local de trabajo.



Extracción localizada por campana móvil.

2.1.2.4 Influencia de la pantalla de soldadura

La pantalla de soldadura representa un auténtico escudo protector del soldador contra la inhalación de humos, ya que intercepta el paso de éstos hacia sus vías respiratorias.

Su eficacia depende decisivamente del grado de ajuste que presente con la cara, cuello y pecho del usuario.

En general las pantallas “abatibles” prestan una protección mayor que las “de mano” y mayor aún si están equipadas con dispositivos de aporte de aire, lo que proporciona una pequeña sobrepresión en el interior de la pantalla que dificulta la entrada del aire contaminado.



Pantalla de mano.



Pantalla abatible

2.1.2.5 Influencia de la protección individual de las vías respiratorias

Los equipos de protección individual de las vías respiratorias pueden contribuir a reducir la inhalación de los humos de soldadura, con un grado de eficacia dependiente de los contaminantes presentes, de su concentración y de las características del equipo de protección. A este respecto puede señalarse:

- Las partículas de los humos de soldadura pueden ser retenidas mediante equipos filtrantes marcados con los códigos correspondientes a los tipos P1, P2 y P3 (orden creciente de eficacia de retención), y el color blanco.
- Los vapores ácidos de cloruros y fluoruros pueden ser retenidos así mismo con equipos filtrantes, en este caso con los códigos E1, E2 y E3, y el color amarillo o, según indicación de los fabricantes, B1, B2 y B3, y el color gris.
- Para el resto de los gases más habituales en los humos de soldadura puede decirse que no hay equipos filtrantes que resulten operativos, bien porque no proporcionan una eficacia suficiente para las exposiciones continuadas propias de los trabajos de soldadura, como ocurre con los gases nitrosos, ozono, fosgeno, etc. o bien porque no hay posibilidad técnica de fabricar filtros apropiados, como es el caso del monóxido de carbono y el anhídrido carbónico.
- Las anteriormente referidas pantallas de soldadura equipadas con un dispositivo de suministro de aire filtrado, presentan la doble ventaja de que el elemento filtrante está en la espalda del soldador, con lo cual el aire a filtrar contiene una concentración de contaminantes sensiblemente inferior debido a su alejamiento del punto de soldadura, y por otra parte, no provocan resistencia al paso del aire a las vías respiratorias.
Estas pantallas también pueden estar alimentadas con una línea de aire de calidad respirable suministrado por un equipo de compresión, o botellas de aire comprimido.
- Los equipos aislantes con aporte de aire respirable, es decir los autónomos con botellas portátiles, o los semiautónomos con manguera desde compresores o botellas fijas, resultan totalmente eficaces contra los humos de soldadura, tanto contra las partículas como contra los gases, pero en la práctica su uso queda restringido a condiciones muy especiales de trabajo: muy cortos periodos de exposición, espacios confinados, ambientes deficientes de oxígeno, etc.



Mascarilla filtrante. Detalle del marcado



Pantalla con aporte de aire filtrado

2.1.3 Como afectan los humos a la salud

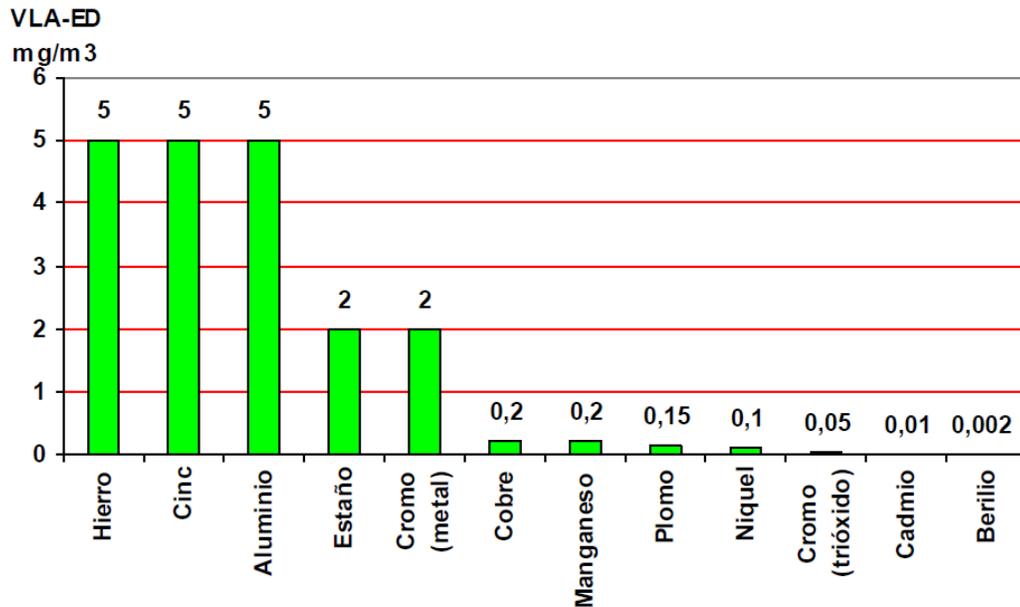
La inhalación de humos de soldadura puede ocasionar daños para la salud. Los órganos afectados y la gravedad de las lesiones dependen de los contaminantes presentes en los humos y de la cantidad inhalada.

Cada contaminante tiene asignada una concentración máxima en el aire, conocida como Valor Límite Ambiental (VLA) o CMP Concentración Máxima Permissible, (Ver gráfico1). Por debajo del cual se considera que en base a los conocimientos actuales sobre su toxicidad, la mayoría de los trabajadores expuestos durante toda su vida laboral, no sufrirán trastornos en su salud. En la medida que se superen estos límites aumentarán las probabilidades de que los daños se manifiesten.

Para algunos de los contaminantes que pueden estar presentes en los humos de soldadura, tales como el cromo, el cadmio, los fluoruros y el monóxido de carbono, se dispone también de Valores Límites Biológicos (VLB), por lo que mediante análisis de sangre, orina o aire exhalado, pueden obtenerse datos de la exposición complementarios a los muestreos ambientales.

En la tabla 7 se indican los principales efectos perjudiciales derivados de la inhalación de los humos de soldadura, que para ofrecer una visión general los clasificaremos en efectos agudos, crónicos, sensibilizantes, cancerígenos y teratógenos.

Gráfico 1. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL DE ALGUNOS HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA (AÑO 2009)⁶



→ A mayor Toxicidad del contaminante, menor valor VLA. →

2.1.3.1 Efectos agudos

Se entiende como efectos agudos aquellos que sobrevienen por exposiciones a altas concentraciones de contaminantes, muy superiores a los Valores Límites Ambientales, durante cortos periodos de tiempo, que en el caso de los trabajos de soldadura podrían llegar a ser de una jornada laboral. Estos daños se corresponden con el concepto de “accidentes de trabajo” y los más comunes son:

⁶http://www.osalan.euskadi.eus/s94contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/soldador.html

Irritación del tracto respiratorio

Algunos metales como el berilio, cadmio, cobre, cromo y níquel irritan los tejidos, lo que puede dar origen a inflamaciones pulmonares (neumonitis) y acumulaciones de líquidos (edemas) de distinta gravedad según el metal y la severidad de la exposición.

Ciertos gases y vapores tales como los ácidos clorhídrico y fluorhídrico, la acroleína, el ozono, el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el fosgeno, provocan la irritación de las mucosas de las vías respiratorias y del tejido pulmonar, y dependiendo de su concentración y del tiempo de exposición, pueden ocasionar desde leves irritaciones pasajeras hasta, en casos especialmente desfavorables, la muerte por edema pulmonar.

En el caso de las cuatro primeras sustancias su acción irritante inmediata sobre ojos, nariz y garganta puede servir de alerta al soldador, por el contrario en el caso de las otras dos y en el de los metales anteriores, su inhalación puede pasar desapercibida no apareciendo los síntomas de la intoxicación hasta 24 horas después de la exposición.

Asfixia química

El monóxido de carbono (CO) y el monóxido de nitrógeno (NO) actúan sobre los glóbulos rojos de la sangre modificando su composición de forma que su función de oxigenación de los tejidos queda disminuida temporalmente, lo que provoca dolores de cabeza, aturdimiento y malestar crecientes conforme aumenta la dosis inhalada.

En condiciones extremadamente desfavorables, como podría ser trabajando en el interior de espacios confinados sin la ventilación adecuada, podría llegarse a la inconsciencia e incluso a la muerte por asfixia química.

Fiebre de los metales

Los humos metálicos, fundamentalmente los del zinc, pueden provocar la llamada "*fiebre de los metales*" caracterizada por fuertes temblores y otros síntomas similares a los de la gripe que se presentan durante la noche posterior a la exposición, y que normalmente remiten posteriormente sin dejar secuelas.

2.1.3.2 Efectos crónicos

Se consideran efectos crónicos aquellos que se presentan como consecuencia de largos periodos de exposición a concentraciones moderadas de contaminantes, generalmente por encima de los Valores Límites Ambientales. Estos efectos son los más característicos de la inhalación de todo tipo de humos de soldadura y se manifiestan tras largos años de trabajo, incluso finalizada la vida laboral, debido a su acumulación progresiva en el organismo o al proceso de deterioro de los órganos afectados. Estos daños, de naturaleza y gravedad variables, se corresponden con el concepto de “enfermedad profesional”. Ver tabla 7.

Efectos crónicos sobre el sistema respiratorio

Las finas partículas que forman los humos de soldadura pueden penetrar hasta la zona más profunda de los pulmones y a lo largo del tiempo llegar a causar daños de muy distinta relevancia que van desde neumoconiosis benignas con leves sobrecargas pulmonares, como es el caso del hierro, que incluso pueden remitir, hasta graves fibrosis pulmonares como las causadas por el berilio. La exposición continuada a gases y vapores irritantes puede conducir a patologías bronco pulmonares crónicas, como en el caso de los fluoruros.

Efectos crónicos sobre otros órganos

Ciertos metales, tales como el berilio, cadmio, cobre, manganeso y plomo, y gases como los ya referidos anteriormente, monóxido de carbono (CO) y monóxido de nitrógeno (NO), se disuelven en la sangre pulmonar y se distribuyen por todo el organismo pudiendo llegar a originar deterioros progresivos en diferentes órganos como estómago, riñones, corazón, hígado, huesos, sistema nervioso, etc.

2.1.3.3 Efectos sensibilizantes

Se dice que una sustancia es sensibilizante cuando después de exposiciones a ella, más o menos prolongadas o intensas, se origina una hipersensibilidad hacia la misma, de forma que posteriores mínimas exposiciones desencadenan reacciones fisiológicas de adversas características, muy superiores a las que en principio se debería esperar.

Los humos de soldadura, dependiendo de las características del proceso seguido, pueden contener algunas de estas sustancias sensibilizantes capaces de actuar fundamentalmente sobre el sistema respiratorio, siendo el asma su efecto más común.

2.1.3.4 Efectos cancerígenos

En los humos de soldadura, dependiendo de los procesos, pueden estar presentes sustancias potencialmente cancerígenas tales como las señaladas en la tabla 6.

Los conocimientos actuales no permiten definir con suficiente certeza el carácter cancerígeno de los humos de soldadura en general, por ello el I.A.R.C. (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer) los clasifica en el grupo 2B, correspondiente a los agentes "*posibles cancerígenos para los humanos*". Sí hay estudios epidemiológicos que indican que los cánceres bronco pulmonares se dan con mayor incidencia entre los soldadores que entre la población general, en una relación de 14 a 10, aunque sin llegar a distinciones entre los diferentes procesos de soldadura.

2.1.3.5 Efectos teratógenos

Se consideran sustancias teratógenas aquellas que pueden perjudicar el desarrollo del feto durante el embarazo. En los humos de soldadura tienen esta propiedad el plomo y el monóxido de carbono, y posiblemente el cadmio y el pentóxido de vanadio.

Efectos patológicos característicos de algunos contaminantes frecuentes en los humos de soldadura									
Contaminantes (En los metales se incluyen sus óxidos)	Irritación tracto respiratorio	Neumoconiosis	Asma	Suboxigenaci	Daños en otros	Enfermedad específica	Cancerígeno	Teratógeno	Radioactivo
Acroleína	si		si						
Aluminio	si	si							
Amianto	si	si				si	si		
Anhídrido carbónico					si				
Antimonio	si	si			si				
Bario	si	si			Si				
Berilio	si	si			Si	si	si		
Cadmio	Si				Si		si	si	
Cloruros	Si		si						
Cobalto	Si	si	si						
Cobre	Si				si				
Colofonia	Si		si						
Cromo	Si		si	si		si		si	
Dióxido de nitrógeno	Si		si		si				
Estaño	Si	si				si			
Fluoruros	si		si		si	si			
Formaldehído	si		si				si		
Fosgeno	si								
Isocianatos	si		si				si		
Hierro	si	si				si			
Manganeso	si				si	si			
Monóxido de carbono				si	si			si	
Monóxido de nitrógeno	si			si					
Níquel	si		si				si		
Ozono	si		si		Si				
Plomo					si	si		si	
Titanio		OIT							
Torio	si				si		si		Si
Vanadio	si	si	si		si		si		si
Zinc	si		si		si				

Tabla 6

Tabla 7 HUMOS DE SOLDADURA Y ENFERMEDADES PROFESIONALES			
REFERENCIAS EXPRESAS A ACTIVIDADES DE SOLDADURA EN EL CUADRO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES APROBADO POR EL R.D. 1299/2006 (*)			
Actividades mencionadas	Enfermedades indicadas	Código	
Soldadores	Rinoconjuntivitis	4 I 01 26	
	Urticarias, angiodemas	4 I 02 26	
	Asma	4 I 03 26	
	Alveolitis alérgica extrínseca	4 I 04 26	
	Síndrome de disfunción de la vía reactiva	4 I 05 26	
	Fibrosis intersticial difusa	4 I 06 26	
	Fiebre de los metales	4 I 07 26	
	Neumopatía intersticial difusa	4 I 08 26	
Trabajos de soldadura y corte	Enfermedades causadas por Óxido de carbono (CO)	1 T 01 04	
Soldadura de arco	Enfermedades causadas por Óxidos de nitrógeno	1 T 03 01	
Soldadura y oxicorte de aceros inoxidables	Enfermedades causadas por Cromo III	1 A 04 13	
	Enfermedades causadas por Níquel	1 A 08 09	
	Neoplasia maligna de cavidad nasal	Por cromo VI	6 I 01 13
		Por Níquel	6 K 01 08
	Neoplasia maligna de bronquio y pulmón	Por Cromo VI	6 I 02 13
		Por Níquel	6 K 03 08
Cáncer primitivo de etmoides y de los senos de la cara	Por Níquel	6 K 02 08	
Soldadura de objetos de plomo o sus aleaciones	Enfermedades causadas por Plomo	1 A 09 02	
Estañado con aleaciones de Plomo	Enfermedades causadas por Plomo	1 A 09 03	
Trabajos con soplete de materias recubiertas con pinturas plumbíferas	Enfermedades causadas por Plomo	1 A 09 11	
Soldadura con compuestos de Mn	Enfermedades causadas por Manganeso (Mn)	1 A 06 06	
Soldadura con electrodos de Mn	Enfermedades causadas por Manganeso (Mn)	1 A 06 15	
Soldadura y oxicorte de piezas con Cadmio	Enfermedades causadas por Cadmio	1 A 03 06	
	Neoplasia maligna de bronquio, pulmón y próstata	6 G 01 06	
Soldadura con Antimonio	Enfermedades causadas por Antimonio	1 B 01 03	
	Enfermedades causadas por Antimonio	4 J 01 03	
Utilización de acroleína en la soldadura de piezas metálicas	Enfermedades causadas por Aldehídos	1 G 01 11	
Soldadura de piezas que hayan sido limpiadas con hidrocarburos clorados	Enfermedades causadas por Oxicloruro de carbono (Fosgeno)	1 T 02 06	

Tabla 7⁷

⁷ http://www.osalan.euskadi.eus/s94contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/soldador.html

2.1.4 Como se puede informar el servicio de Seguridad e Higiene y el soldador de sus riesgos.

Los riesgos de un soldador concreto vendrán determinados por:

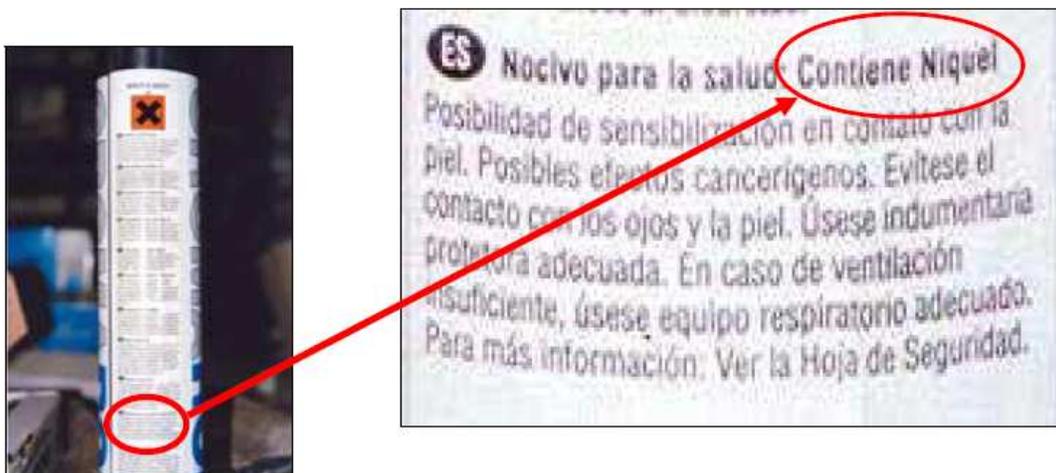
- Los contaminantes a los que está expuesto, lo que fundamentalmente dependerá de la **composición de los materiales** que utilice.
- La cantidad de estos contaminantes que llegue a inhalar, que dependerá del resto de las **condiciones de trabajo**.

2.1.4.1 Composición de los materiales empleados

La información sobre la composición de los materiales empleados puede obtenerse a través de:

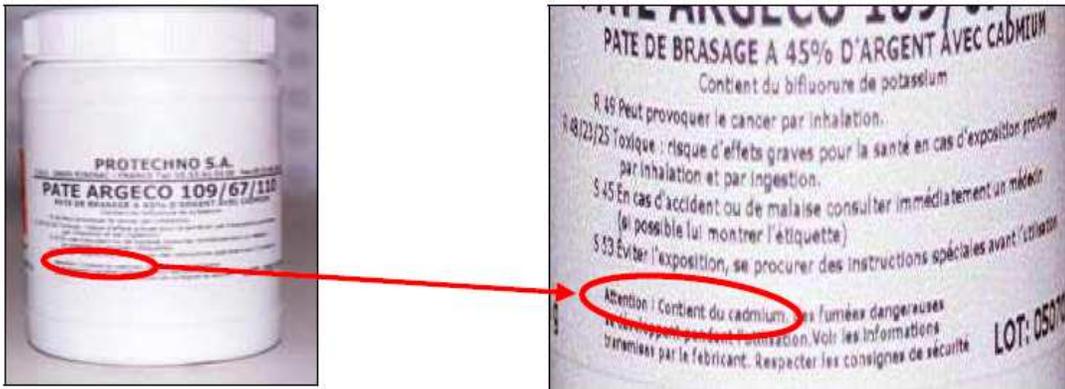
El etiquetado

En las etiquetas de los envases de los electrodos, varillas de aporte, fundentes (fluxes), antiadherentes, etc., es cada vez más habitual que se indiquen sus componentes más significativos incluyendo las frases de riesgos que les corresponden.



Advertencia sobre posibles efectos cancerígenos por su contenido de níquel en un envase de electrodos.

En el caso concreto del cadmio, es legalmente obligatorio (R.D. 255/2003. Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos. Anexo V. Apartado B.6) que en la etiqueta de los envases de los productos de soldadura que lo contengan figure **“¡Atención! Contiene cadmio. Durante su utilización se desprenden vapores peligrosos. Véase la información facilitada por el fabricante. Seguir las instrucciones de seguridad.”**



Advertencia sobre el contenido de cadmio en una pasta de soldadura.

Las “Fichas de datos de seguridad”

Estas fichas, a veces denominadas “Hojas de datos de seguridad”, son facilitadas por los suministradores de los productos y entre otras informaciones de prevención, contienen las concentraciones de las sustancias catalogadas como peligrosas en la reglamentación correspondiente al etiquetado. Resultan especialmente válidas para la mayoría de los productos auxiliares de soldadura, tales como los citados fundentes (fluxes) y antiadherentes. Así mismo son muy útiles para los casos en que las piezas a soldar vengan impregnadas con lubricantes de mecanización, residuos de desengrasantes, e incluso puede ser un recurso en el caso de piezas pintadas o plastificadas.

SECCIÓN 2 - COMPOSICION E INGREDIENTES													
COMPOSICIÓN APROXIMADA DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS													
	%Mn	%Ni	%Cr	%Mo	%V	grafito	CaCO3	CaF2	Mg	Si & SiO2	Silicato	TiO2	Fe
C-10	0.6	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
C-10P	0.6	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
C-13	0.6	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X
R-10	0.5	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X
R-15	0.5	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X
B-10	1	-	-	-	-	X	X	-	-	X	X	X	X
X-99	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X
B-80	13	3	-	-	-	X	X	-	-	X	X	X	X
B-83	0.9	-	3.2	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X
B-84	0.5	-	7	0.5	0.5	-	X	X	X	-	X	-	X
B-85	1.1	-	35	-	-	X	X	X	-	X	X	-	X
X-41	-	98	-	-	-	X	X	X	-	-	X	-	X
X-44	-	53	-	-	-	X	X	X	-	-	X	-	X
X-49	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	X	-	X
R-80	0.7	10	19	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X
R-83	0.8	12	19	2.5	-	-	X	X	-	-	X	X	X
R-85	0.8	13.5	23	2.5	-	-	X	X	-	-	X	X	X
R-87	1.2	21	26	-	-	-	X	X	-	-	X	X	X
R-91	1.8	10	30	-	-	-	X	X	-	-	X	X	X

X SIGNIFICA MATERIAL PRESENTE

Información sobre la composición de electrodos en una Ficha de datos de seguridad.

Certificados de fabricación y de calidad. Fichas técnicas.

Estos documentos indican la composición química por ejemplo de los electrodos, varillas de aporte, gases de protección, etc. **Ver tabla 8.**



SFA/AWS A5.9: bare stainless steel welding electrodes and rods (extract)



Nominal chemical composition of the filler metal

AWS Classification	Chemical Composition in %										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Other
ER307	0.04-0.14	0.30-0.65	3.3-4.75	0.03	0.03	19.5-22.0	8.0-10.7	0.50-1.5	-	0.75	-
ER308L	0.03	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	-	0.75	-
ER308H	0.04-0.08	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.50	-	0.75	-
ER309L	0.03	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	-	0.75	-
ER309LMo	0.03	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	2.0-3.0	-	0.75	-
ER310	0.08-0.15	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	25.0-28.0	20.0-22.5	0.75	-	0.75	-
ER312	0.15	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	28.0-32.0	8.0-10.5	0.75	-	0.75	-
ER316L	0.03	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	-	0.75	-
ER316H	0.04-0.08	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	-	0.75	-
ER317L	0.03	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	18.5-20.5	13.0-15.0	3.0-4.0	-	0.75	-
ER318	0.08	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	-	0.75	Nb=8xCmin/1.0max
ER347	0.08	0.30-0.65	1.0-2.5	0.03	0.03	19.0-21.5	9.0-11.0	0.75	-	0.75	Nb=10xCmin/1.0max
ER385	0.025	0.50	1.0-2.5	0.02	0.03	18.5-21.5	24.0-26.0	4.2-6.2	-	1.2-2.0	-
ER2209	0.03	0.90	0.60-2.0	0.03	0.03	21.5-23.5	7.5-9.5	2.5-3.5	0.08-0.20	0.75	-
ER2594	0.03	1.0	2.5	0.03	0.02	24.0-27.0	8.0-10.5	2.5-4.5	0.20-0.30	1.5	W: 1.0
ER410NiMo	0.06	0.5	0.6	0.03	0.03	11.0-12.50	4.0-5.0	0.4-0.7	-	0.75	-

SFA/AWS A5.14: specification for nickel and nickel alloy bare welding electrodes and rods (extract)

Tabla 8. Información sobre la composición del material de aporte por parte del fabricante ESAB. En función de los requerimientos de la norma AWS⁸

2.1.4.2 Condiciones de trabajo

Los datos básicos anteriores sobre la composición de los materiales están al alcance directo del propio soldador, pero la valoración precisa de cómo los humos de soldadura pueden llegar a afectarle, por el contrario, exige un estudio superior por parte del servicio de Seguridad e Higiene, en el que se contemplen todas las condiciones de trabajo que puedan repercutir en la naturaleza y cantidad de contaminantes inhalados.

⁸ ESAB Welding Filler Metal Handbook_Global 2016

En la realización de este estudio **resulta muy importante la colaboración del soldador**, ya que puede aportar información imprescindible sobre sus condiciones de trabajo, bien conocidas por él, tales como:

- Sistema o sistemas de soldadura y corte con los que trabaja habitualmente.
- Severidad de las soldaduras: diámetros de electrodos, intensidades de corriente, caudales de gases, etc.
- Cantidades utilizadas de materiales de aporte, como por ejemplo, rollos de hilo o cajas de electrodos consumidos semanalmente.
- Posturas de trabajo: verticalidad y distancia respecto al punto de soldadura.
- Tipos de materiales soldados: clases de aceros, aluminio, chapa galvanizada, chapa cadmiada, latón, cobre, piezas pintadas o plastificadas, etc.
- Características de los materiales de aporte utilizados: electrodos, hilos continuos, varillas, fundentes, antiadherentes, etc.
- Trabajos en condiciones especialmente desfavorables, aún en el caso de que sean muy poco frecuentes: recintos cerrados o semicerrados, interior de piezas huecas, piezas con residuos de disolventes clorados del tipo del tricloroetileno y el percloroetileno, etc.
- Posibles diferentes condiciones de ventilación según los trabajos.
- Posibles diferentes tipos de pantallas utilizadas: de mano, abatibles, con aporte de aire, etc.
- Periodicidad y duración de cada una de las condiciones anteriores.

Esta información resulta esencial para una correcta “**Evaluación higiénica**” de la exposición a los humos de soldadura, ya que permitirá al servicio de Seguridad e Higiene la identificación de los contaminantes, su muestreo ambiental y si fuera necesario, biológico, la comparación de las concentraciones encontradas y sus respectivos tiempos de exposición con lo establecido en los límites de exposición profesional (VLA y VLB) y posteriormente proponer las medidas de prevención que corresponda aplicar en función de los resultados obtenidos.

Esta “**Evaluación higiénica**” debe estar integrada en la “**Evaluación de riesgos**” del puesto de trabajo del soldador.

2.1.5 Medios para controlar los riesgos por inhalación de humos de soldadura

Para lograr un control eficaz de los riesgos por inhalación de humos de soldadura es necesario aplicar actividades preventivas **tanto por el empresario a través de su servicio de Seguridad e Higiene como por el soldador. Las medidas preventivas consistirán en:**

2.1.5.1 Actuación sobre el foco contaminante

Eliminación o sustitución de contaminantes.

Siempre que sea posible, se eliminarán los contaminantes o se sustituirán por otros menos peligrosos. Como posibles ejemplos pueden citarse:

- La exposición al fosgeno por descomposición de disolventes clorados puede evitarse eliminando la presencia de éstos en el punto de soldadura:

Desengrasando las piezas con detergentes y no con disolventes clorados.

No introduciendo las piezas en la zona de soldadura hasta su secado total.

Evitando la contaminación ambiental de la zona de soldadura con vapores de disolventes clorados procedentes de las operaciones de desengrase.

- Los humos producidos por la descomposición de aceites y fluidos de corte, de los que en ocasiones llegan impregnadas las piezas a la soldadura, pueden evitarse limpiándolas previamente.
- La presencia de metales de elevada peligrosidad en los humos de soldadura, tales como cadmio, plomo, berilio, torio, etc. puede eliminarse o reducirse con una correcta selección de los electrodos, fundentes, materiales de aporte, etc

2.1.5.2 Aplicación de procesos de soldadura de menor contaminación

Siempre que sea posible se seleccionarán los procesos de menores contaminantes, por ejemplo:

- En los trabajos de calderería de corte de chapa, los humos que se producen en el oxicorte convencional pueden reducirse efectuando el corte con láser, y eliminarse con el corte con chorro de agua a alta presión.
- La soldadura al arco mediante electrodos revestidos (SMAW), para una misma carga de trabajo, produce mayor cantidad de humos que la semiautomática con hilo continuo (MIG o MAG).
- La soldadura de acero inoxidable con electrodo no consumible de tungsteno (TIG), genera una cantidad de humos sensiblemente inferior a la realizada con electrodo consumible revestido.
- La soldadura robotizada y el oxicorte en mesas automatizadas con control numérico permiten que el soldador no esté directamente expuesto a los humos de soldadura



Soldadura robotizada

2.1.5.3 Actuación sobre la propagación de los contaminantes. Ventilación

Mediante la ventilación deben conseguirse dos objetivos⁹:

- El primero y fundamental es evitar al máximo que los humos recién generados se dirijan a las vías respiratorias del soldador. Para ello normalmente será necesario aplicar la **Ventilación localizada**.
- El segundo es evitar que en el ambiente general del local lleguen a alcanzarse concentraciones significativas de contaminantes. Esto se conseguirá mediante la **Ventilación General**.

Ventilación localizada

La ventilación localizada consiste en crear corrientes de aire que actúen directamente sobre el foco de contaminación, generalmente aspirando los humos de soldadura, lo que se conoce como “*extracción localizada*”, o más raramente en casos especiales, expulsándolos hacia una zona sin exposición lo que se denomina “*ventilación por dilución o por soplado*”

La extracción localizada es el método básico para solucionar los problemas de contaminación por humos de soldadura, existiendo diferentes sistemas de aplicación, cuya selección depende de las características de las condiciones de trabajo: proceso de soldadura; dimensiones, geometría y ubicación de las piezas; frecuencia de las operaciones; etc., pudiendo señalarse como más habituales los siguientes:

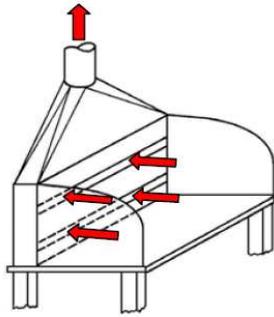
Mesas de soldadura con aspiración:

Cuando el soldador realiza su trabajo sobre una mesa fija, operando repetitivamente sobre piezas que por sus dimensiones y pesos pueden manejarse manualmente, la ventilación más adecuada suele consistir en instalar en el fondo de la mesa, frente al operario, una campana de aspiración de ranuras de tiro horizontal.

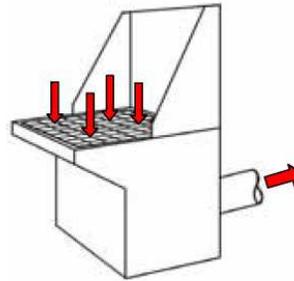
⁹ Nota Técnica de Prevención NTP 7 (1982): Soldadura. Prevención de Riesgos Higiénicos.
Nota Técnica de Prevención NTP 494 (1998): Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad.

La eficacia de captación depende en gran manera de la distancia de las ranuras de aspiración a los puntos de soldadura.

Cuando se trata de soldar piezas pequeñas, varillaje, mallados y similares, puede convenir utilizar mesas con la superficie de apoyo enrejillada, aplicando aspiración con tiro descendente a través de la misma.



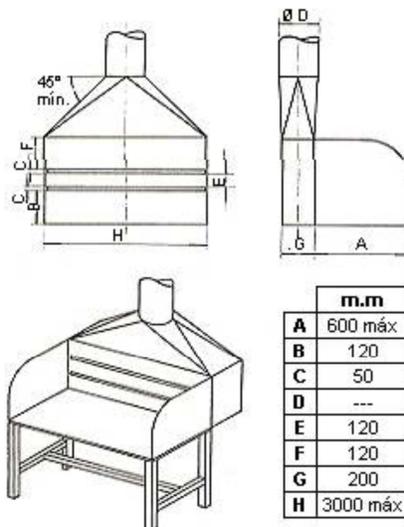
Mesa con aspiración frontal.



Mesa con aspiración inferior.

El caudal de aspiración recomendado para este tipo de mesa es de 2000 m³/h por metro de longitud de la mesa.

La velocidad del aire en las rendijas debe ser como mínimo de 5 m/s. La eficacia disminuye mucho si la anchura de la mesa rebasa los 60 - 70 cm. La colocación de pantallas en los extremos de la mesa, en la forma que se indica en la figura, mejora la eficacia de extracción.



Cabinas de soldadura con aspiración

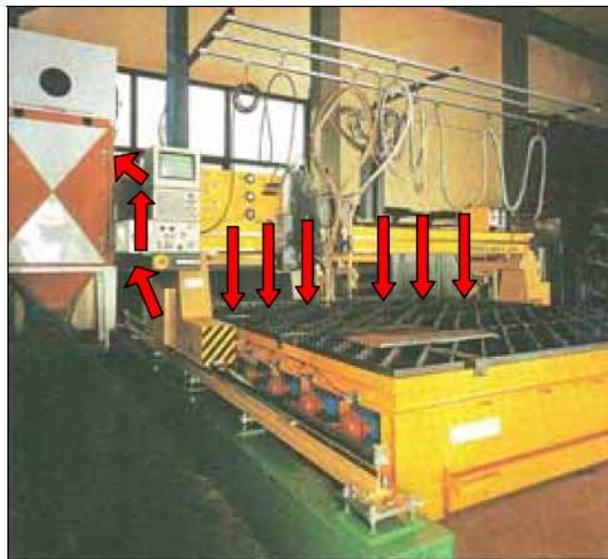
Cuando las características de las piezas y del trabajo a realizar no se prestan al uso de las mesas anteriores, pueden resultar efectivas las cabinas dotadas de aspiración en su fondo.

Lo fundamental es que mediante soportes giratorios o polipastos, puedan girarse las piezas de forma que el operario nunca suelde de espaldas al fondo aspirante, evitando así la exposición directa a la corriente de humos aspirados.

Bancadas de oxicorte con sistema de aspiración

La aspiración se realiza a través de la rejilla de apoyo de la bancada, siendo más eficaz cuando actúa de forma selectiva sobre la zona en la que trabajan los mecheros en cada momento, lo que se logra mediante un sistema de apertura y cierre automático de las válvulas que dan paso a las diferentes zonas de la mesa bajo la parrilla.

En determinados métodos de corte, como el corte al plasma con las piezas sumergidas en agua, los humos pueden captarse mediante bocas de aspiración acopladas a las antorchas de corte.



Bancada de oxicorte con aspiración selectiva.

Campanas móviles de aspiración

Las campanas de extracción móviles permiten situar su boca de aspiración de forma que actúe convenientemente sobre el punto de soldadura, bien mediante fijaciones magnéticas o bien gracias a brazos articulados acoplados al conducto traqueal con él están conectadas al ventilador, consiguiendo así una captación eficaz de los humos.



Campana móvil de aspiración con manguera con brazo articulado.

Las campanas de aspiración acopladas a ventiladores móviles pueden resultar eficaces cuando se opera en grandes estructuras en astilleros, calderería pesada, etc. Especialmente en el interior de piezas huecas, cisternas cubas y espacios confinados en general, donde normalmente es necesario introducir aire limpio mediante ventiladores soplantes complementarios para asegurar una renovación adecuada de su ambiente interior.



Ventilación en un espacio confinado mediante extracción localizada.



El caudal de aspiración necesario en este caso depende en gran medida de la distancia entre la boca de aspiración y el punto de soldadura. Los valores normalmente empleados se reflejan en la tabla siguiente:

Caudal m ³ /h	Distancia en m
200	0,1
750	0,2
1.650	0,3
3.000	0,4
4.500	0,5

Debe tenerse en cuenta que la velocidad de la corriente de aire creada por una campana de aspiración en el punto de soldadura, disminuye rápidamente al aumentar la distancia entre la boca de aspiración y el punto de soldadura; por lo tanto, es importante que esta distancia no sea superior a la prevista en el cálculo del caudal, a fin de mantener la eficacia del sistema.

Boquillas de aspiración portadas por el soldador

Cuando las características de las piezas a soldar no permiten conseguir una captación satisfactoria de los contaminantes con los sistemas anteriores, puede recurrirse a la utilización de boquillas de aspiración portadas directamente por el soldador, acopladas a las boquillas de soldadura semiautomática, o a las pantallas de mano en la soldadura manual con electrodos.



Aspiración acoplada a la boquilla.



Aspiración acoplada a la pantalla.

Ventilación general

Como ya se ha dicho, la contaminación generada por las operaciones de soldadura debe controlarse mediante la ventilación localizada, impidiendo que los humos afecten directamente al soldador. No obstante, siempre es de esperar que parte de estos humos se difundan al ambiente contaminándolo progresivamente en mayor o menor grado según las condiciones de trabajo y afectando a todo el personal presente en el local de trabajo.

Para mantener estos efectos en niveles aceptables es necesario recurrir a la ventilación general de los locales procurándoles una renovación del ambiente total acorde con el grado de contaminación que se pueda llegar a alcanzar.

En determinadas ocasiones bastará con un buen sistema de ventilación natural, pero dado que su eficacia está condicionada a factores no controlables, fundamentalmente los climatológicos como dirección del viento, temperatura exterior, etc. en general será necesario disponer de un sistema de ventilación mecánica adecuado.

La ventilación mecánica se basa en conseguir una renovación del ambiente total del local mediante corrientes de aire estratégicas creadas mediante ventiladores que extraigan el aire interior, introduzcan el aire exterior, o produzcan una combinación de ambos efectos.

Estos ventiladores pueden estar instalados de forma aislada en techos y paredes, o estar integrados en sistemas de conducciones de distribución.

Conviene señalar que una buena parte de la contaminación general de los locales podría evitarse con un adecuado diseño inicial de los puestos de trabajo, contemplando aspectos tales como:

- Selección de un local de dimensiones adecuadas.
- Distribución favorable de los puestos de soldadura.
- Aislamiento de la sección de soldadura del resto de puestos de trabajo.



Sistema de ventilación mecánica en una nave de soldadura.

2.1.5.4 Actuación sobre el propio soldador. Equipos de protección individual

Si los riesgos no han resultado satisfactoriamente controlados a pesar de haber agotado las posibilidades de actuación sobre el foco de contaminación y sobre la propagación de los contaminantes, queda como última medida preventiva establecer una barrera final ligada directamente al propio soldador constituida por los equipos individuales de protección de las vías respiratorias.

En la utilización de estos equipos deben tenerse en cuenta los siguientes principios básicos:

- Son un último recurso cuando el resto de las medidas técnicas han resultado inviables o no han resuelto suficientemente el problema.
- Se usarán con carácter complementario de ellas y no sustitutivo.
- La selección del tipo de protección a utilizar debe ir precedida de un estudio riguroso de los contaminantes presentes y de las condiciones de trabajo.
- Su uso normalmente está reservado a condiciones de trabajo especiales, por ejemplo, imposibilidad técnica de adoptar medidas de protección colectiva, operaciones de emergencias imprevistas, avería o periodo de instalación de dispositivos de ventilación, trabajos de mantenimiento esporádicos, etc.

- El tiempo de trabajo con ellos será el mínimo posible. En todo caso se deben establecer los periodos de uso continuado, que se recomienda que en ningún supuesto supere las dos horas, y de pausas, en función de la sobrecarga que representen para el sistema respiratorio y en su caso, del sobreesfuerzo físico que pueda suponer su utilización.
- Es imprescindible seguir estrictamente las instrucciones de uso que acompañan a los equipos.

Como ejemplo ESAB – CONARCO dispone de equipos de respiración autónomos **Air160®** y **Air200®** los cuales protegen al soldador durante su jornada laboral en todo momento. Los equipos de respiración toman aire del ambiente mediante una unidad motora incorporada en ellos. Luego este aire es refinado mediante un sistema de filtros. En primer lugar el aire se encuentra con el pre-filtro para luego pasar a una segunda instancia en la que pasa a través del filtro principal.

Finalmente, el aire ya purificado es enviado hacia la zona de respiración del soldador mediante una manguera que se adapta a su careta.

Es un sistema de desplazamiento positivo ya que el mismo aire que ingresa a la careta es el encargado de ir quitando de ella el aire que ya fue respirado.¹⁰



Pantalla de soldadura asistida con línea de aire. ESAB – CONARCO

¹⁰ https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/boletin_soldar/upload/bolet_n_tecnico_131.pdf

2.1.5.5 Buenas prácticas del soldador

Indiscutiblemente todas las medidas preventivas referidas anteriormente son básicas para el correcto control de los riesgos por inhalación de contaminantes, pero también es verdad que la actitud del soldador juega un papel decisivo en su propia protección, hasta tal punto que en la práctica muchas veces el éxito o fracaso de aquellas depende de sus hábitos de trabajo.

O dicho de otra manera, sean cuales sean las medidas de prevención técnicas de las que esté dotado su puesto de trabajo, el grado del riesgo por inhalación de humos de soldadura dependerá en gran medida del propio soldador.

Así por ejemplo, muy frecuentemente está en manos del soldador:

- Situar su cara paralela al punto de soldadura en lugar de sobre él, con lo cual puede reducir la inhalación de contaminantes hasta un 90%.
- Evitar acercamientos excesivos al punto de soldadura por visión defectuosa sustituyendo los oculares picados, graduándose la vista con la frecuencia adecuada, utilizando oculares filtrantes con el grado de protección correspondiente al trabajo realizado, etc. (Ver cuadros 1, 2 y 3. Datos basados en la Norma UNE-EN 169:2003).¹¹
- No utilizar intensidades de corriente y caudales de gases superiores a los exigidos por la operación.
- Ajustar la pantalla de soldadura al pecho de forma que impida al máximo el paso de los humos y gases generados.
- Cuando se disponga de campanas móviles de extracción localizada de humos, situarla de forma continuada en la posición de máxima eficacia de captación.
- Cuando se trabaje en cabinas con aspiración, evitar siempre interponerse en el recorrido de los humos, situándose de cara al frente de aspiración, o si la forma de la pieza lo permite, de perfil, pero nunca de espaldas.
- Cuando se utilicen extractores o soplantes móviles, mantenerlos siempre en la posición y orientación de máxima eficacia.

¹¹http://www.osalan.euskadi.eus/s94contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/soldador.htm

- Cuando se utilicen equipos individuales de protección de las vías respiratorias, seguir estrictamente las instrucciones de uso y mantenimiento que les acompañan en sus embalajes: sustitución de filtros; ajuste facial; etc.
- En el caso de utilizar electrodos con torio en la soldadura TIG, afilarlos siempre con ventilación adecuada y no llevarlos en los bolsillos, ni utilizar sus restos como utensilios.
- Poner en conocimiento del mando que le encomienda las tareas y de las personas con responsabilidad en la prevención de riesgos laborales, cualquier incidencia que se sospeche que puede tener repercusión en las condiciones de exposición: anomalías en el funcionamiento de los sistemas de ventilación; variación en las condiciones de las piezas; modificaciones en los procedimientos de trabajo; condiciones de trabajo especiales; etc.

Cuadro 1. GRADOS DE PROTECCIÓN RECOMENDADOS EN EL SOLDEO POR ARCO																					
Proceso	Intensidad de corriente, en Amperios																				
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600
Electrodos revestidos						8	9	10	11	12	13	14									
MAG						8	9	10	11	12	13	14									
TIG						8	9	10	11	12	13										
MIG con metales pesados								9	10	11	12	13	14								
MIG con aleaciones ligeras										10	11	12	13	14							
Resanado por arco-aire										10	11	12	13	14	15						
Corte por chorro de plasma										9	10	11	12	13							
Soldeo por arco micro-plasma		4	5	6	7	8	9	10	11	12											
Proceso	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600
	Intensidad de corriente, en Amperios																				

Cuadro 1 Grados de protección de oculares en función del proceso y la intensidad de corriente.

Cuadro 2. GRADOS DE PROTECCIÓN RECOMENDADOS EN EL SOLDEO POR LLAMA Y COBRE SOLDEO				
Trabajo	Caudal de acetileno, en litros por hora.			
	70 ó menor.	De 70 a 200.	De 200 a 800.	Mayor que 800.
Soldeo por llama y cobre soldeo	4	5	6	7

Cuadro 2 Grados de protección de oculares en función de soldadura por llama y caudal de acetileno.

Cuadro 3. GRADOS DE PROTECCIÓN RECOMENDADOS EN EL CORTE CON LLAMA			
Trabajo	Caudal de oxígeno, en litros por hora.		
	De 900 a 2.000	De 2.000 a 4.000	De 4.000 a 8.000
Oxicorte	5	6	7

Cuadro 3 Grados de protección de oculares en función del proceso Oxicorte y el caudal de oxígeno.

2.1.6 Estudios médicos que debe realizarse el soldador

El soldador debe ser objeto de una vigilancia de la salud por parte del personal del servicio de Seguridad e Higiene, orientada a la detección precoz de enfermedades profesionales y al control de otros posibles efectos patológicos de los contaminantes concretos a los que esté expuesto.

Para desarrollar esta función, el servicio de Seguridad e Higiene necesita conocer las condiciones de trabajo, los contaminantes presentes en el puesto de trabajo y la severidad de las exposiciones de los trabajadores. Para lo cual es fundamental disponer de una **“Evaluación de Riesgos”** del puesto de trabajo suficientemente.

Así mismo debe ser tenida en cuenta cualquier patología sospechosa de haber sido originada por las condiciones de trabajo, incluyendo posibles simples síntomas que puedan referir los propios trabajadores.

Las mujeres expuestas a humos de soldadura deben informar con la máxima prontitud de su embarazo a los responsables del servicio de Seguridad e Higiene a fin de prevenir posibles efectos adversos para el feto y en su caso, del lactante.

2.1.6.1 Reconocimientos médicos específicos para los soldadores

En base a lo referido en el anterior apartado, el personal médico del servicio de Seguridad e Higiene establecerá los protocolos (ver tabla 9) de vigilancia de la salud que corresponda aplicar a cada trabajador en particular. Definiendo en ellos los distintos reconocimientos médicos a realizar, tales como por ejemplo, la determinación de la capacidad pulmonar mediante espirometrías, el estado de las vías respiratorias mediante radiografías, el contenido de metales en sangre y orina, etc. así como su periodicidad, semestral, anual, bianual, etc. basándose en los requisitos establecidos en la Ley 19587.

VIGILANCIA DE LA SALUD DEL SOLDADOR		
Reconocimientos médicos específicos del soldador según los contaminantes de los humos de soldadura a los que esté expuesto		
Exposición a contaminantes	Origen característico de los contaminantes en los trabajos de Soldadura y Oxicorte	Protocolos específicos (SRT)
Humos de soldadura (Todo tipo)	- Todos los procesos.	Protocolo "Silicosis y otras neumoconiosis" - Protocolo "Asma laboral".
Plomo	Soldaduras blandas. - Piezas galvanizadas. - Recubrimientos anticorrosión	Protocolo "Plomo".
Amianto	Desguace de equipos aislados con amianto: barcos, vagones, tuberías calorifugadas, etc. - Montaje en áreas contaminadas.	Protocolo "Amianto"
Otros contaminantes (Ver tablas anteriores)	- Procesos que originen exposición a los diferentes contaminantes. (Ver tablas anteriores)	- Protocolos a criterio del personal médico.

Tabla 9

3 Discusión y análisis

3.1 Análisis de un ejemplo práctico para un proceso específico de soldadura, determinando los posibles contaminantes en los humos de soldadura y sus posibles efectos a la salud.

Un soldador se encuentra realizando trabajos de calderería consistentes en soldar chapas de acero al carbono, con un equipo de soldadura eléctrica semiautomática por el procedimiento MIG. Utiliza hilo continuo de 1,2 mm de diámetro, recubierto de cobre, con atmósfera protectora de gas ATAL compuesto por un 85% de argón y un 15% de CO₂ (anhídrido carbónico).

Contaminantes procedentes del material base de las piezas

En la Tabla 1, en su primera fila localizamos nuestras piezas que son de acero al carbono y vemos que se desprenderán óxidos de hierro y de manganeso. Estos óxidos, como todos los metálicos, estarán en forma de humos visibles.

Contaminantes procedentes del recubrimiento de las piezas

Suponemos que las piezas se encuentran pintadas con pintura de protección contra la corrosión, a base de cromato de plomo (amarillo) y cromato de zinc (verde).

En la Tabla 2, en la 9ª fila encontramos que se producirán humos de óxidos de cromo, de plomo y de zinc.

Contaminantes procedentes de los materiales de aporte

En este caso hay dos tipos de aporte, el hilo como material de soldadura y el ATAL como gas de protección.

En la Tabla 3, en la 1ª figura se observa que en la soldadura MIG, debido al hilo se generarán óxidos de hierro, de manganeso y de cobre, y en la 3ª figura debido al CO₂ del ATAL, los gases CO (monóxido de carbono) y CO₂ (anhídrido carbónico).

Contaminantes formados a partir del aire

En la Tabla 4, en las dos primeras filas se observa que se formarán Óxidos nitrosos y ozono, todos ellos en forma de gases.

Los humos de soldadura del caso analizado están constituidos básicamente por:

- Partículas: óxidos metálicos de hierro, manganeso, cromo, plomo, zinc y cobre.
- Gases: anhídrido carbónico, monóxido de carbono, óxidos nitrosos y ozono.

Una vez identificados estos contaminantes se pueden conocer los efectos en la salud localizándolos en la Tabla 6, así como el tipo de reconocimientos médicos que les corresponden observando en la tabla 9.

4 Conclusiones y recomendaciones

Para que el servicio de Seguridad e Higiene de una empresa pueda evaluar y prevenir la exposición por inhalación a humos de soldadura de un trabajador, no alcanza con conocer lo que menciona la ley en el anexo I Art 152 y Art 157 de asegurar una adecuada ventilación. Tampoco con conocer los límites establecidos en el Anexo III apéndice b2.

Realizar una evaluación por exposición a humos de soldadura basándose en el valor límite de 5mg/m³ es generalmente correcto pero para ciertos casos particulares, por lo tanto no es suficiente.

Es necesario tener un conocimiento amplio de la técnica de soldeo, de las condiciones, del trabajador que la efectúa, de los metales, contaminantes potencialmente presentes y de las posibilidades de mejora.

El plantel del servicio de seguridad e Higiene debería contar con especialistas en soldadura, materiales y también personal médico especializado en este tipo de riesgo. De manera de poder realizar una correcta evaluación y prevención del riesgo a la exposición por inhalación de humos de soldadura.

Se desea que la información básica contenida en este trabajo, sobre los riesgos relacionados con la exposición a los humos de soldadura, pueda enriquecer a los responsables del servicio de Seguridad e Higiene. Tanto en lo relativo a su identificación, como a la actividad preventiva que corresponde desarrollar para su control.

5 Referencias Bibliográficas

Ley 19587 Decreto 351/79-Higiene y Seguridad en el Trabajo. Anexos I y III.
Consultada el 10/10/2018.

Nota Técnica de Prevención NTP 494 (1998): Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_494.pdf el 7/10/2018.

Nota Técnica de Prevención NTP 7 (1982): Soldadura. Prevención de Riesgos Higiénicos. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_007.pdf el 10/10/2018.

AWS (American Welding Society). Edición 2012. Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes. Consultada el 10/10/2018

Labiano, J. (2009). *El soldador y los Humos de Soldadura*. Recuperado de http://www.osalan.euskadi.eus/s94contpub/es/contenidos/libro/higiene200920/es_200920/soldador.html. el 10/10/2018.

Acevedo. I. (2008). Nuevos Equipos de Respiración. *Soldar Conarco, Boletín Técnico N°131*. Recuperado de https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/boletinsoldar/upload/boletn_tecnico_131.pdf . Consultada el 10/10/2018 el 7/10/2018.

ESAB Welding Filler Metal Handbook Global 2016. Recuperado de <http://www.esab.co.uk/shared/documents/litdownloads/weldingfdb/global/en/index.html#> el 8/10/2018.