



OPERACIONES
BÁSICAS
DE
SOLDADURA

EVALUACIÓN CUALITATIVA DE RIESGOS HIGIÉNICOS POR TIPO DE SOLDADURA ⁱ

- 01 AL ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO
 - 02 AL ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO SOBRE ACERO INOXIDABLE
 - 03 MIG/MAG
 - 04 MIG/MAG SOBRE ACERO INOXIDABLE
 - 05 TIG SOBRE ACERO INOXIDABLE
 - 06 TIG SOBRE ALUMINIO
 - 07 BLANDA CON ALEACIONES DE ESTAÑO
 - 08 DURA CON ALEACIONES DE COBRE-PLATA-CADMIO
 - 09 OXICORTE DE ACERO DULCE
- ANEXO.** RIESGOS ASOCIADOS A PRODUCTOS GENERADOS EN OPERACIONES DE SOLDADURA

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- 01 CARACTERÍSTICAS GENERALES
- 02 PROTECCIÓN DEL OIDO
- 03 PROTECCIÓN DEL CUERPO Y DE LAS MANOS
- 04 PROTECCIÓN DE LOS OJOS Y LA CARA
- 05 PROTECCIÓN DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS



FICHAS EVALUACIÓN CUALITATIVA DE RIESGOS HIGIÉNICOS EN LAS OPERACIONES DE SOLDADURA

TOXICOLOGÍA

- 01 ÁCIDO FLUORHÍDRICO
- 02 CADMIO
- 03 CLORURO DE METILENO (DICLOROMETANO)
- 04 COBRE Y OTROS METALES
- 05 CROMO
- 06 DIÓXIDO DE NITRÓGENO
- 07 MANGANESO
- 08 METIL-CLOROFORMO (1,1,1 TRICLOROETANO)
- 09 MONÓXIDO DE CARBONO
- 10 NÍQUEL
- 11 OZONO
- 12 PLOMO
- 13 TETRACLOROETILENO (PERCLOROETILENO)
- 14 TORIO
- 15 TRICLOROETILENO

PROTOCOLOS Y RECOMENDACIONES DE VIGILANCIA DE LA SALUD

- 01 ÁCIDO FLUORHÍDRICO
- 02 CADMIO
- 03 CLORURO DE METILENO
- 04 COBRE Y OTROS METALES
- 05 CROMO
- 06 DIÓXIDO DE NITRÓGENO
- 07 MANGANESO
- 08 METIL-CLOROFORMO
- 09 MONÓXIDO DE CARBONO
- 10 NÍQUEL
- 11 OZONO
- 12 PLOMO
- 13 TETRACLOROETILENO
- 14 TORIO
- 15 TRICLOROETILENO

ⁱ Para cada puesto de trabajo y tipo de soldadura se deberá cumplimentar una ficha de evaluación cualitativa del riesgo higiénico. Estas fichas pueden descargarse de la web siguiente: <http://www.foment.com/prevencion>

SOLDADURA MANUAL AL ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO
SOBRE ACERO DULCE O ACERO DE BAJA ALEACIÓN

■ DESCRIPCIÓN

La soldadura al arco con electrodo revestido es el proceso de soldadura más frecuente. Se utiliza en talleres de mantenimiento y reparación, en instalaciones fijas destinadas a la fabricación de piezas y en el montaje y reparación de estructuras al aire libre.

La energía necesaria para la fusión del metal es aportada por un arco eléctrico que se forma entre los materiales a soldar y un electrodo fusible constituido por una varilla metálica (alma) envuelta con un material adherido (revestimiento).

El extremo desnudo del electrodo se sujeta a un porta-electrodos, que el operario soldador manipula para la realización del trabajo.

Los revestimientos de los electrodos consumibles se funden y vaporizan con el calor, formando una atmósfera protectora del arco que evita la oxidación del metal fundido y del cordón de soldadura y que, al mismo tiempo, forman una escoria aislante o cascari-lla que evita el enfriamiento rápido del metal depositado.

Los electrodos de uso más frecuente, según el tipo de revestimiento, se clasifican en:

- Rutilo (óxido de titanio). Pueden contener hasta el 55% de TiO_2
- Ácidos. Contienen sílice (SiO_2) amorfa hasta el 25%
- Básicos. Contienen fluoruro cálcico (F_2Ca) hasta el 25%
- Celulósicos

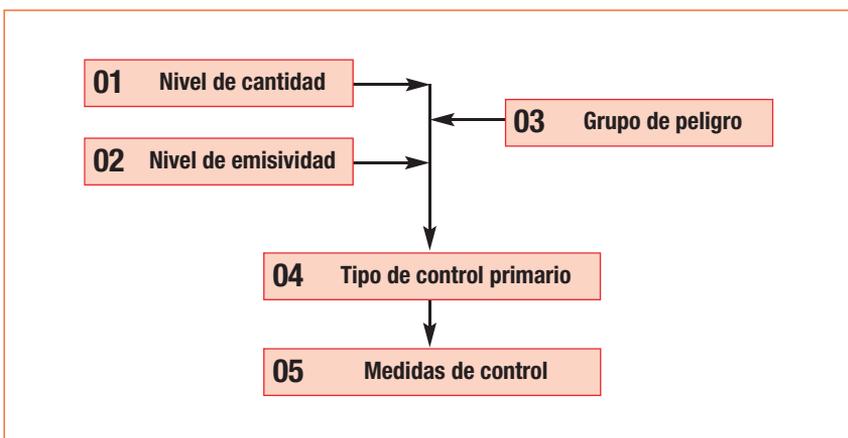
Los electrodos pueden ser de diferente longitud (entre 150 y 450 mm) y diámetro (entre 1,25 y 10 mm), siendo los más usuales los de 350 mm de longitud y con diámetros del alma metálica entre 2,5 y 5 mm.

La cantidad de metal depositado por unidad de tiempo, depende, entre otros factores como el tipo y diámetro del electrodo, de la intensidad de corriente de soldadura, que puede oscilar entre 10 y 500 amperios, aunque las intensidades más usuales se hallan comprendidas entre 30 y 300 amperios.

En cada escenario de trabajo las condiciones de exposición a los contaminantes generados son distintas, y deben ser consideradas en la definición de las medidas de control.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de soldadura esta relacionado directamente con la cantidad de metal depositado por unidad de tiempo, que a su vez puede relacionarse con el número de electrodos consumidos. En la siguiente Tabla se establece una correlación aproximada entre el consumo de electrodos y el nivel de cantidad.

Escoja, según el consumo diario, el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Cantidad de metal depositado kg/semana	Número de electrodos consumidos por semana		
		Ø: 5 mm L: 350 mm	Ø: 4 mm L: 350 mm	Ø: 2,5 mm L: 350 mm
Pequeño	Menos de 4	Menos de 80	Menos de 120	Menos de 300
Mediano	Entre 4 y 12	De 80 a 250	De 120 a 400	De 300 a 1.000
Grande	Más de 12	Más de 250	Más de 400	Más de 1.000

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en los procesos de soldadura al arco con electrodos revestidos, en la mayoría de los casos, debe ser considerado como ALTO, ya que los humos se emiten a temperaturas muy elevadas y porque el propio sistema de protección del cordón de soldadura requiere que se formen gases y humos a partir de los revestimientos de los electrodos. No obstante en los casos en que se utilicen electrodos de pequeño diámetro e intensidades de corriente bajas, puede reducirse un grado el nivel de emisividad.

Nivel de emisividad	Intensidad de la corriente de soldadura	Diámetro del electrodo
Bajo	En ningún caso	
Medio	Inferior a 30 A	Inferior a 2,5 mm
Alto	Superior a 30 A	Superior a 2,5 mm

Nivel de emisividad

03 Grupo de peligro

Los contaminantes que están presentes en los humos de este tipo de soldadura que se consideran más relevantes respecto a los riesgos higiénicos, se indican en la siguiente tabla:

Contaminante	VLA-ED (2008) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de soldadura considerados de forma global	5	C	(1)
Humos de sílice amorfa	2	C	(2)
Humos de óxido de hierro (como Fe)	5	C	(3)
Humos de óxido de manganeso (como Mn)	0,2	D	(4)
Humos de fluoruros inorgánicos (como F)	2,5	C	(2)

Grupo de peligro

Observaciones

- (1) Tradicionalmente los humos de soldadura se han evaluado de forma global, sin diferenciar las sustancias que los componen, estableciéndose un Límite de Exposición Profesional (LEP) para la cantidad total de humos de 5 mg/m³. Cuando se estableció este valor, los LEP's de los óxidos de hierro y de manganeso, que son los componentes mayoritarios de los humos de este tipo de soldadura, también eran de 5 mg/m³.

No obstante en la actualidad, el LEP de los compuestos de manganeso se ha reducido considerablemente (0,2 mg/m³), lo cual puede producir una infravaloración de los riesgos higiénicos si solo se utiliza el LEP de los humos (totales) de soldadura.

- (2) La sílice amorfa se halla en los revestimientos de los electrodos ácidos, y los electrodos básicos contienen fluoruros. Por tanto, cuando se suelda con este tipo de electrodos, en los humos puede existir sílice amorfa o fluoruros inorgánicos.
- (3) El valor LEP de los humos de óxido de hierro (5 mg/m³) se expresa como "Fe". Si se expresase como Fe₂O₃, el valor LEP sería de 7,15 mg/m³. Teniendo en cuenta que el óxido de hierro es el componente mayoritario de los humos de este tipo de soldadura, el valor LEP de 5 mg/m³ para los humos totales, compensa la presencia de otras sustancias que tuviesen asignados valores LEP algo más bajos, como los humos de sílice amorfa o de fluoruros inorgánicos. No obstante en muy pocos casos compensa la presencia de compuestos de manganeso.

- (4) El manganeso forma parte del acero base. El contenido de manganeso en los aceros destinados a la construcción de estructuras metálicas normalmente es inferior al 1%, aunque en algunos casos puede alcanzar el 2%. Algunos aceros especiales de elevada dureza, ductilidad y resistencia al desgaste (aceros Hatfield), utilizados en excavadoras, trituradoras, molinos de martillos, etc., tienen contenidos de manganeso entre el 12 y el 14%. Las temperaturas de fusión (1.260 °C) y de ebullición (1.900 °C) del manganeso son inferiores a las del hierro (1.535 °C y 3.000 °C), lo que determina que a las temperaturas del arco de soldadura, que superan los 3.000 °C, la volatilidad del manganeso sea superior a la del hierro y que en los humos de soldadura el contenido de manganeso sea bastante superior al que existe en el metal base. Los contenidos de manganeso en los humos de soldadura sobre acero al carbono pueden superar el 10%, siendo muy habitual obtener valores de alrededor del 5%. Los contenidos de manganeso cuando se sueldan aceros de alto contenido de manganeso, pueden ser muy elevados.

El LEP de los humos con un 5% de manganeso, considerando que el LEP del manganeso es de 0,2 mg/m³, y que para el 95% restante de los humos se mantuviese el LEP de 5 mg/m³, es de 2,27 mg/m³, lo cual aun mantiene a la mayoría de los humos dentro del Grupo de Peligro C.

No obstante, para una concentración de manganeso en los humos que fuese superior al 6,25%, el valor LEP de los mismos sería inferior a 2 mg/m³, lo cual los situaría en el Grupo de Peligro D.

Como resumen de lo expuesto en las observaciones sobre los contaminantes que pueden estar presentes en los humos de la soldadura, hay que destacar que el contenido de manganeso en el acero base es el factor que más influye sobre la peligrosidad de los humos.

En la mayoría de los casos los humos están en el **Grupo de Peligro C**, aunque si el contenido de manganeso en el acero base es elevado (superior al 1,5%), debe considerarse que los humos son del **Grupo de Peligro D**.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Tipo de control primario			
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad	
		Medio	Alto
C	Pequeño	I	II
	Mediano	III	III
	Grande	IV	IV
D	Pequeño	II	III
	Mediano	IV	IV
	Grande	IV	IV

Las condiciones señaladas se consideran que son las que con mayor frecuencia se pueden presentar en este tipo de soldadura.

Tipo de control primario

05 Medidas de control

5.1 Especificaciones generales

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de control primario	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Alejamiento del Puesto de Trabajo respecto al Foco de emisión – Presencia de Ventilación General Mecánica
II	<ul style="list-style-type: none"> – Aspiración localizada mediante capotas situadas sobre el foco emisor – Aspiración localizada mediante campanas situadas en la cara frontal de forma que el foco emisor quede situado entre el operario y la campana de aspiración – Aspiración localizada por descenso a través del plano de la mesa de trabajo – Aspiración localizada integrada a la herramienta de trabajo
III	<ul style="list-style-type: none"> – Cabinas ventiladas de pequeñas dimensiones. El foco emisor queda situado dentro de la cabina. En este grupo se incluyen las cabinas o vitrinas de laboratorio – Cabinas grandes de flujo horizontal. El operario y el foco emisor quedan situados dentro de la cabina. La corriente de aire inducida por la aspiración siempre fluye en el sentido operario – foco emisor – Cabinas grandes de flujo vertical. El foco emisor siempre queda situado en un plano por debajo de la cabeza del operario – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes
IV	<ul style="list-style-type: none"> – El foco emisor esta situado en un recinto cerrado y en depresión con respecto a la posición que ocupa el operario, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de guantes • Cabinas de “medio traje” • Cabinas robotizadas o con elementos que permiten la manipulación de los productos por control remoto – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes – Todos los conductos de aspiración situados antes del filtro, deben estar en depresión respecto al ambiente del puesto de trabajo,

Tipo de ventilación

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de control primario	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
I	– Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Mascarillas autofiltrantes de carbón activo contra productos químicos orgánicos volátiles
II	– Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Máscaras enteras y mascarillas con filtros específicos para los productos químicos utilizados
III	– Máscaras enteras con filtros específicos para los productos químicos utilizados. Verificar el correcto ajuste del adaptador facial a la cara
IV	En orden inverso de prioridad: – Máscaras enteras con filtros específicos provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire para crear "presión positiva" en la zona de respiración – Máscaras enteras con aporte de aire a "presión positiva" – Protección de traje entero, hermético, con aporte de aire

Tipo de protección respiratoria

5.2 Medidas específicas

Las medidas de control de los humos en la mayoría de los casos para este tipo de soldadura han de ser de Tipo III.

En este caso las medidas de control aplicables son de Ventilación y de Protección respiratoria.

VENTILACION en procesos de soldadura realizados en Taller o en el interior de Naves industriales.

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas fabricadas. En todos los casos, además de la ventilación localizada, es necesario instalar sistemas de ventilación general, con el fin de eliminar los humos que se escapen.

Piezas pequeñas:

- **Mesas de soldadura con aspiración frontal.** Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- **Cabinas de aspiración** en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.
- **Campanas adheridas mediante bases magnéticas**. Son de bajo caudal, entre 200 y 300 m³/h, conectadas al ventilador mediante conductos flexibles de pequeño diámetro, entre 60 y 80 mm. Las campanas pueden ser de diferentes formas y han de escogerse para que se adapten al trazado del cordón de soldadura. Son eficaces si se colocan a distancias muy próximas, de 10 a 15 cm del cordón.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.
- **Campanas adheridas mediante bases magnéticas**.

En estos casos es conveniente complementar la aspiración mediante **sistemas de impulsión de aire**, situándolos de forma que originen en el puesto del soldador, corrientes de aire de entre 0,5 a 1,5 m/s, que alejen los humos generados. Estos equipos de impulsión de aire deben ser muy ligeros para que puedan cambiarse fácilmente de lugar según la posición ocupada por el soldador, y a su vez deben ser suficientemente robustos y estar debidamente protegidos para no dar lugar a riesgos mecánicos. Si se utilizan estos sistemas en el interior de naves industriales, es imprescindible que el sistema de ventilación general de las mismas sea suficiente para eliminar la contaminación dispersada por las impulsiones individualizadas.

Soldaduras realizadas en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse **conductos flexibles para la impulsión de aire**. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

Además de los sistemas de ventilación general del recinto, deben instalarse **campanas de aspiración localizada con soporte magnético**, como las que se han descrito en el punto anterior. En estos casos es posible que la línea de aspiración tenga que ser de una longitud apreciable, lo cual puede dar lugar a pérdidas de carga importantes, que para vencerlas requieran ventiladores de alta presión.

Exposición a humos de hierro

Aunque los humos de óxido de hierro pueden ocasionar una neumoconiosis ésta no es fibrogénica. Pero la siderosis está dentro del cuadro de enfermedades profesionales por lo que sería recomendable hacer control de la funcionalidad respiratoria (Espirometría) y Radiología de Tórax (como mínimo una vez cada tres años).

Humos de fluoruros inorgánicos

Son irritantes de las vías respiratorias (controlar síntomas respiratorios y realizar estudio mediante Espirometría).

En España existe valor límite biológico a la exposición a flúor y sus compuestos, es la determinación de flúor en orina al final de la jornada laboral, el valor máximo permitido es de 8 mg/l (es un marcador inespecífico, muchos alimentos son ricos en flúor, se tendrá que correlacionar estrechamente con el valor ambiental).



SOLDADURA MANUAL AL ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO
SOBRE ACERO INOXIDABLE ALTAMENTE ALEADO CON CROMO Y NÍQUEL

02

■ DESCRIPCIÓN

Se llama Acero Inoxidable a la aleación de Hierro que como mínimo contiene 10,5% de Cromo y como máximo el 1,2% de Carbono. El Cromo es el que confiere el carácter de "inoxidable", ya que produce una capa protectora en la superficie del metal que es capaz de auto-regenerarse. El bajo contenido de Carbono es necesario para evitar la formación de carburos de cromo en los límites de grano, lo cual podría ocurrir cuando se calienta el metal en los tratamientos térmicos o en los procesos de soldadura, dando lugar a posibles corrosiones inter-granulares por la disminución del contenido del cromo protector en los límites de grano.

Además, los Aceros Inoxidables contienen otros metales aleados, especialmente Níquel, que le confiere mayor resistencia a la corrosión y mejora sus propiedades mecánicas y, en menor proporción, pueden contener Molibdeno, Titanio, Wolframio, Cobre y Niobio, que mejoran la soldabilidad.

Además del Hierro, los principales metales que forman parte de la composición del Acero Inoxidable, pueden variar entre los siguientes porcentajes:

- Cromo Del 16 al 28%
- Níquel Del 3,5 al 22%
- Molibdeno Del 1,5 al 6%
- Titanio Máximo 0,7%
- Cobre Del 0,5 al 4%
- Niobio Máximo 1%
- Wolframio Del 0,5 al 1,0%

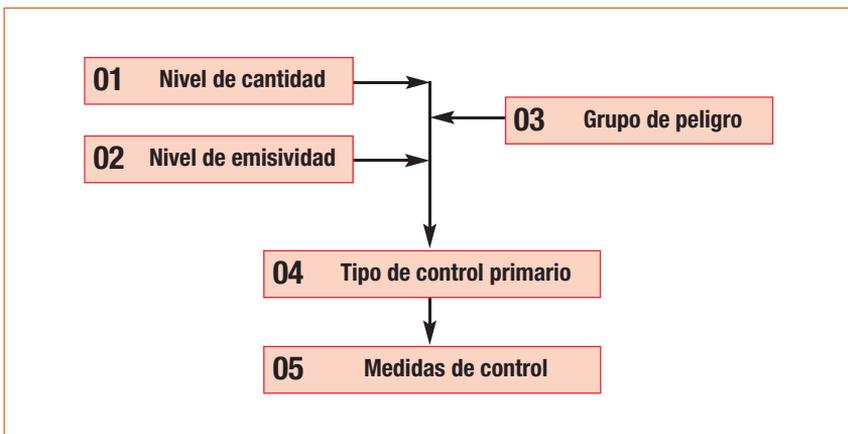
Hay cinco clases de aceros inoxidable: Austeníticos, Ferríticos, Martensíticos, Endurecibles por precipitación y Duplex (con dos fases: ferrita + martensita). Los aceros austeníticos son los más usados, aunque la utilización de los duplex va en aumento.

En la soldadura de acero inoxidable con electrodo revestido se utilizan electrodos de la misma aleación del metal base o más alta. Normalmente el revestimiento es rutilo-básico, con contenido de óxido de calcio, feldespato y óxido de titanio (rutilo).

Las intensidades de corriente son entre el 25 y el 50% mas bajas de las que serian utilizadas en una soldadura equivalente con acero común, para evitar que se sobrecaliente excesivamente las zonas próximas al cordón de soldadura ya que el acero inoxidable es peor conductor del calor que el acero al carbono.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de soldadura esta relacionado directamente con la cantidad de metal depositado por unidad de tiempo, que a su vez puede relacionarse con el número de electrodos consumidos. En la siguiente Tabla se establece una correlación aproximada entre el consumo de electrodos y el nivel de cantidad.

Escoja, según el consumo diario, el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Cantidad de metal depositado kg/semana	Número de electrodos consumidos por semana		
		Ø: 5 mm L: 350 mm	Ø: 4 mm L: 350 mm	Ø: 2,5 mm L: 350 mm
Pequeño	Menos de 4	Menos de 80	Menos de 120	Menos de 300
Mediano	Entre 4 y 12	De 80 a 250	De 120 a 400	De 300 a 1.000
Grande	Más de 12	Más de 250	Más de 400	Más de 1.000

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en los procesos de soldadura al arco con electrodos revestidos, en la mayoría de los casos, debe ser considerado como ALTO, ya que los humos se emiten a temperaturas muy elevadas y porque el propio sistema de protección del cordón de soldadura requiere que se formen gases y humos a partir de los revestimientos de los electrodos. No obstante en los casos en que se utilicen electrodos de pequeño diámetro e intensidades de corriente bajas, puede reducirse un grado el nivel de emisividad.

Nivel de emisividad	Intensidad de la corriente de soldadura	Diámetro del electrodo
Bajo	En ningún caso	
Medio	Inferior a 30 A	Inferior a 2,5 mm
Alto	Superior a 30 A	Superior a 2,5 mm

Nivel de emisividad

03 Grupo de peligro

En la soldadura sobre acero inoxidable, la peligrosidad de los humos esta determinada principalmente por los compuestos de cromo y de níquel, de forma que la peligrosidad de todos los demás componentes de los humos, pueden considerarse despreciable frente a ellos. Los riesgos higiénicos, se indican en la siguiente tabla:

Contaminante	VLA-ED (2008) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de compuestos inorgánicos insolubles de Cromo VI (como Cr)	0,01	E	(1) (2)
Humos de compuestos inorgánicos insolubles de Níquel (como Ni)	0,2	D E	(2) (3)

Grupo de peligro

Observaciones

- (1) Los compuestos de Cromo VI son, con mucha diferencia, los componentes más peligrosos de los humos de soldadura sobre acero inoxidable. La ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), ha calificado los compuestos insolubles de Cromo VI como carcinógenos de categoría A1: Carcinógenos confirmados en el humano por evidencias obtenidas de estudios epidemiológicos. La DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), califica los compuestos de Cromo VI en la Categoría 2: Sustancias que pueden tener una contribución significativa al riesgo de cáncer.

En Estados Unidos, la Occupational Safety and Health Administration, propuso el 30 de mayo de 2006, la reducción del PEL (Permissive Exposure Limit) para los compuestos de Cr VI desde 50 microgramos/m³ a tan solo 5 microgramos/m³, debido a las irrefutables evidencias que existen sobre de producción de cáncer pulmonar. Dicho nuevo límite ha entrado en vigor de forma progresiva según el tipo y tamaño de empresa hasta quedar plenamente implantado en el año 2010. La incidencia sobre los procesos de soldadura de acero inoxidable es considerable, produciendo una importante revisión de las técnicas de soldadura, la automatización de los procesos, los sistemas de cerramiento y las protecciones respiratorias.

- (2) En estudios realizados por INRS (Institute National de la Recherche et Sécurité) en procesos de soldadura con electrodo revestido sobre acero inoxidable, se han obtenido valores de hasta 68 miligramos/m³ de compuestos de CrVI, con un valor medio, de un total de 57 evaluaciones, de 8,8 miligramos/m³. La concentración de los compuestos de Níquel han sido de hasta 23 miligramos/m³, con un valor medio de 5 miligramos/m³.
- (3) La ACGIH ha calificado a los compuestos inorgánicos insolubles de Níquel como carcinógenos de Categoría A1, y la DFG los incluye en la Categoría 1: Sustancias que causan cáncer en el humano.

Como resumen de lo expuesto en las observaciones sobre los contaminantes que pueden estar presentes en los humos de la soldadura con electrodo revestido sobre acero inoxidable, hay que destacar que los contenidos de Cromo VI y de Níquel son los que determinan la peligrosidad de los humos, que deben considerarse en el Grupo de Peligro E.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Tipo de control primario			
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad	
		Medio	Alto
E	Pequeño	IV	IV
	Mediano	IV	IV
	Grande	IV	IV

Las medidas de control de los humos para este tipo de soldadura han de ser de Tipo IV.

Tipo de control primario

05 Medidas de control

5.1 Especificaciones generales

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de control primario	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
IV	<ul style="list-style-type: none"> – El foco emisor esta situado en un recinto cerrado y en depresión con respecto a la posición que ocupa el operario, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de guantes • Cabinas de “medio traje” • Cabinas robotizadas o con elementos que permiten la manipulación de los productos por control remoto – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes – Todos los conductos de aspiración situados antes del filtro, deben estar en depresión respecto al ambiente del puesto de trabajo,

Tipo de ventilación IV

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de control primario	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
IV	<p>En orden inverso de prioridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire para crear “presión positiva” en la zona de respiración – Máscaras enteras con aporte de aire a “presión positiva” – Protección de traje entero, hermético, con aporte de aire.

Tipo de protección respiratoria IV

5.2 Medidas específicas

En este caso las medidas de control aplicables son de Ventilación y de Protección respiratoria complementándose ambas.

Las especificaciones generales de las medidas de control de tipo IV no son directamente aplicables a los procesos de soldadura manual. En este caso deben utilizarse sistemas de aspiración localizada como los descritos a continuación, que necesariamente deberán complementarse con sistemas de protección respiratoria.

VENTILACION en procesos de soldadura realizados en Taller o en el interior de Naves industriales

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas

fabricadas. En todos los casos, además de la ventilación localizada, es necesario instalar sistemas de ventilación general, con el fin de eliminar los humos que se escapen.

Piezas pequeñas:

- **Mesas de soldadura con aspiración frontal.** Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- **Cabinas de aspiración** en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.
- **Campanas adheridas mediante ventosas.** Son de bajo caudal, entre 200 y 300 m³/h, conectadas al ventilador mediante conductos flexibles de pequeño diámetro, entre 60 y 80 mm. Las campanas pueden ser de diferentes formas y han de escogerse para que se adapten al trazado del cordón de soldadura. Son eficaces si se colocan a distancias muy próximas, de 10 a 15 cm del cordón.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.
- **Campanas adheridas mediante ventosas.**

En estos casos es conveniente complementar la aspiración mediante sistemas de impulsión de aire, situándolos de forma que originen en el puesto del soldador, corrientes de aire de entre 0,5 a 1,5 m/s, que alejen los humos generados. Estos equipos de impulsión de aire deben ser muy ligeros para que puedan cambiarse fácilmente de lugar según la posición ocupada por el soldador, y a su vez deben ser suficientemente robustos y estar debidamente protegidos para no dar lugar a riesgos mecánicos. Si se utilizan estos sistemas en el interior de naves industriales, es imprescindible que el sistema de ventilación general de las mismas sea suficiente para eliminar la contaminación dispersada por las impulsiones individualizadas.

Soldaduras realizadas en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse conductos flexibles para la impulsión de aire. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

Además de los sistemas de ventilación general del recinto, deben instalarse campanas de aspiración localizada, como las que se han descrito en el punto anterior. En estos casos es posible que la línea de aspiración tenga que ser de una longitud apreciable, lo cual puede dar lugar a pérdidas de carga importantes, que para vencerlas requieran ventiladores de alta presión.

07 Vigilancia de la salud

Exposición a humos de cromo y níquel

Anamnesis y exploración física dirigida a detectar:

- Alteraciones respiratorias (acción irritante y/o sensibilizante): faringitis, bronquitis y asma.
- Alteraciones otorrinolaringológicas: perforación del tabique nasal.
- Alteraciones dermatológicas: dermatitis de contacto, úlceras cutáneas en el caso del contacto cutáneo con compuestos hexavalentes de cromo.
- Efectos Cancerígenos de pulmón y de senos paranasales.

Pruebas complementarias:

- Estudio de la funcionalidad respiratoria (espirometría dinámica).
- Rinoscopia anterior.
- Radiología de tórax y de senos paranasales (como mínimo 1 cada 3 años).
- Cromo urinario (VLB es de 25 µg/l después de la jornada laboral).



SOLDADURA MANUAL MIG/MAG CON APORTE SEMIAUTOMÁTICO DE ELECTRODO CONTINUO CON PROTECCIÓN DE GAS SOBRE ACERO DULCE O ACERO DE BAJA ALEACIÓN



■ DESCRIPCIÓN

En los procesos de soldadura MIG/MAG (Metal Inert Gas) / (Metal Active Gas) el aporte de energía es por el arco eléctrico que se mantiene entre la pieza a soldar y un electrodo de hilo continuo que fluye a través de la pistola de soldadura. Tanto el arco como el metal recién fundido, se protegen mediante un gas que se aporta a través de una tobera incorporada en la pistola de soldadura.

El gas de protección puede ser inerte, normalmente helio o argón, o activo, normalmente mezclas de dióxido de carbono y gas inerte con pequeñas proporciones de oxígeno.

La soldadura MIG/MAG es más productiva que la soldadura con electrodo revestido, donde se pierde tiempo cada vez que se produce una parada para reponer el electrodo consumido. El aprovechamiento de los electrodos es también superior. En la soldadura con electrodo revestido solo se aprovecha alrededor del 65% del metal del electrodo, mientras que la utilización de hilos sólidos e hilos tubulares en la soldadura MIG/MAG han aumentado esta eficiencia hasta el 80-95%.

La soldadura MIG/MAG es muy versátil, pudiendo depositar el metal a una gran velocidad y en todas las posiciones. El procedimiento es muy utilizado en espesores delgados y medios.

Los hilos tubulares se aplican en la soldadura de piezas de mayor espesor.

Durante la soldadura MIG/MAG solamente se calienta una pequeña zona alrededor del cordón, ya que el aporte de gas enfría las superficies, además de proteger el metal de la acción oxidante del aire ambiental.

El alambre que aporta el metal y actúa de electrodo, no está recubierto, y por tanto, no se forma escoria, sino un cordón liso y limpio. Tampoco se forman tantos humos como en el caso de la soldadura con electrodo revestido, justamente porque no existe revestimiento.

La menor cantidad de humos permite que la radiación visible y ultravioleta que se produce en el arco tenga mayor alcance, pudiendo incidir con mayor intensidad sobre la piel no protegida del soldador, y pudiendo favorecer la reacción fotoquímica del oxígeno del aire dando ozono.

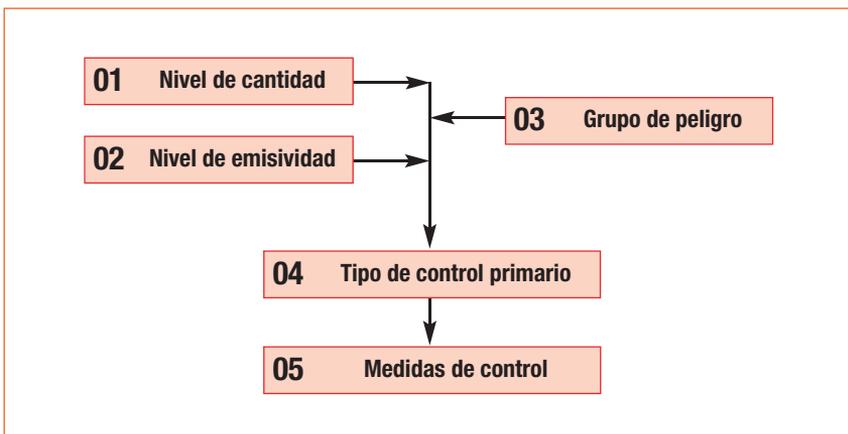
El alambre o electrodo de soldadura se alimenta desde un carrete, por el eje de la pistola y el gas protector se alimenta de un botellón de gas a presión, a través de una tobera concéntrica con el electrodo (ver figuras al final de la ficha).

La velocidad a la que se desenrolla el hilo, se regula de forma automática mediante un panel de control, que pone en marcha el sistema de arrastre cada vez que se establece el arco eléctrico.

Normalmente se utilizan alambres de 0,6 o 0,8 mm de diámetro, aunque también los hay de mayor diámetro, que se suministran en carretes de 5 o de 15 Kg.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de soldadura esta relacionado directamente con la cantidad de metal depositado por unidad de tiempo.

Escoja, según el consumo diario, el **NIVEL DE CANTIDAD** correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Cantidad de metal depositado kg/semana
Pequeño	Menos de 8
Mediano	Entre 8 y 25
Grande	Más de 25

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en los procesos de soldadura MIG/MAG, en la mayoría de los casos, debe ser considerado como **ALTO**. No obstante en los casos en que se utilicen los hilos de menor diámetro e intensidades de corriente bajas, puede reducirse un grado el nivel de emisividad.

Nivel de emisividad	Intensidad de la corriente de soldadura	Diámetro del electrodo
Bajo	En ningún caso	
Medio	Inferior a 30 A	0,6 mm
Alto	Superior a 30 A	0,8 mm o superior

Nivel de emisividad

03 Grupo de peligro

Los contaminantes que están presentes en los humos de este tipo de soldadura que se consideran más relevantes respecto a los riesgos higiénicos, se indican en la siguiente tabla:

Contaminante	VLA-ED (2008) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de soldadura considerados de forma global	5	C	(1)
Humos de óxido de hierro (como Fe)	5	C	(2)
Humos de óxido de manganeso (como Mn)	0,2	D	(3)
Humos de óxido de cobre (como Cu)	0,2	D	(4)

Grupo de peligro

Observaciones

- (1) Tradicionalmente los humos de soldadura se han evaluado de forma global, sin diferenciar las sustancias que los componen, estableciéndose un Límite de Exposición Profesional (LEP) para la cantidad total de humos de 5 mg/m³. Cuando se estableció este valor, los LEP's de los óxidos de hierro y de manganeso, que son los componentes mayoritarios de los humos de este tipo de soldadura, también eran de 5 mg/m³.

No obstante en la actualidad, el LEP de los compuestos de manganeso se ha reducido considerablemente (0,2 mg/m³), lo cual puede producir una inervaloración de los riesgos higiénicos si solo se utiliza el LEP de los humos (totales) de soldadura.
- (2) El valor LEP de los humos de óxido de hierro (5 mg/m³) se expresa como "Fe". Si se expresase como Fe₂O₃, el valor LEP sería de 7,15 mg/m³.
- (3) El manganeso forma parte del acero base. El contenido de manganeso en los aceros destinados a la construcción de estructuras metálicas normalmente es inferior al 1%, aunque en algunos casos puede alcanzar el 2%. Algunos aceros especiales de elevada dureza, ductilidad y resistencia al desgaste (aceros Hatfield), utilizados en excavadoras, trituradoras, molinos de martillos, etc., tienen contenidos de manganeso entre el 12 y el 14%. Las temperaturas de fusión (1.260 °C) y de ebullición (1.900 °C) del manganeso son inferiores a las del hierro (1.535 °C y 3.000 °C), lo que determina que a las temperaturas del arco de soldadura, que superan los 3.000 °C, la volatilidad del manganeso sea superior a la del hierro y que en los humos de soldadura el contenido de manganeso sea bastante superior al que existe en el metal base. Los contenidos de manganeso en los humos de soldadura sobre acero al carbono pueden superar el 10%, siendo muy habitual obtener valores de alrededor del 5%. Los contenidos de manganeso cuando se sueldan aceros de alto contenido de manganeso, pueden ser muy elevados.

El LEP de los humos con un 5% de manganeso, considerando que el LEP del manganeso es de 0,2 mg/m³, y que para el 95% restante de los humos se mantuviese el LEP de 5 mg/m³, es de 2,27 mg/m³, lo cual aun mantiene a la mayoría de los humos dentro del Grupo de Peligro C.

No obstante, para una concentración de manganeso en los humos que fuese superior al 6,25%, el valor LEP de los mismos sería inferior a 2 mg/m³, lo cual los situaría en el Grupo de Peligro D.
- (4) La presencia de óxido de cobre en los humos de la soldadura MIG/MAG es debida al revestimiento del electrodo. Normalmente el porcentaje de cobre en los humos es bajo, muy inferior al hierro. No obstante, como su LEP también es bajo, no debe descartarse su contribución a la categorización del Grupo de peligro.

Como resumen de lo expuesto en las observaciones sobre los contaminantes que pueden estar presentes en los humos de la soldadura, hay que destacar que el contenido de manganeso en el acero base es el factor que más influye sobre la peligrosidad de los humos. En el caso de la soldadura MIG/MAG hay que considerar además la presencia de cobre en los humos que eleva el Grupo de Peligro.

En la mayoría de los casos los humos están en el **Grupo de Peligro C**, aunque si el contenido de manganeso en el acero base es elevado (superior al 1,5%), debe considerarse que los humos son del **Grupo de Peligro D**.

También hay que tener en cuenta que el mayor rendimiento de este tipo de soldadura lo cual aumenta la emisividad.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Tipo de control primario			
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad	
		Medio	Alto
C	Pequeño	I	II
	Mediano	III	III
	Grande	IV	IV
D	Pequeño	II	III
	Mediano	IV	IV
	Grande	IV	IV

Las condiciones señaladas se consideran que son las que con mayor frecuencia se pueden presentar en este tipo de soldadura.

Tipo de control primario

05 Medidas de control

5.1 Especificaciones generales

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de control primario	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Alejamiento del Puesto de Trabajo respecto al Foco de emisión – Presencia de Ventilación General Mecánica
II	<ul style="list-style-type: none"> – Aspiración localizada mediante capotas situadas sobre el foco emisor – Aspiración localizada mediante campanas situadas en la cara frontal de forma que el foco emisor quede situado entre el operario y la campana de aspiración – Aspiración localizada por descenso a través del plano de la mesa de trabajo – Aspiración localizada integrada a la herramienta de trabajo
III	<ul style="list-style-type: none"> – Cabinas ventiladas de pequeñas dimensiones. El foco emisor queda situado dentro de la cabina. En este grupo se incluyen las cabinas o vitrinas de laboratorio – Cabinas grandes de flujo horizontal. El operario y el foco emisor quedan situados dentro de la cabina. La corriente de aire inducida por la aspiración siempre fluye en el sentido operario – foco emisor – Cabinas grandes de flujo vertical. El foco emisor siempre queda situado en un plano por debajo de la cabeza del operario – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes
IV	<ul style="list-style-type: none"> – El foco emisor esta situado en un recinto cerrado y en depresión con respecto a la posición que ocupa el operario, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de guantes • Cabinas de “medio traje” • Cabinas robotizadas o con elementos que permiten la manipulación de los productos por control remoto – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes – Todos los conductos de aspiración situados antes del filtro, deben estar en depresión respecto al ambiente del puesto de trabajo,

Tipo de ventilación

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de control primario	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Mascarillas autofiltrantes de carbón activo contra productos químicos orgánicos volátiles
II	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Máscaras enteras y mascarillas con filtros específicos para los productos químicos utilizados
III	<ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos para los productos químicos utilizados. Verificar el correcto ajuste del adaptador facial a la cara
IV	<p>En orden inverso de prioridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire para crear “presión positiva” en la zona de respiración – Máscaras enteras con aporte de aire a “presión positiva” – Protección de traje entero, hermético, con aporte de aire

Tipo de protección respiratoria

5.2 Medidas específicas

5.2.1 Utilización manual

En la utilización manual de la soldadura MIG/MAG, las medidas de control de los humos han de ser de Tipo III.

En este caso las medidas de control aplicables son de Ventilación y de Protección respiratoria.

VENTILACION en procesos de soldadura realizados en Taller o en el interior de Naves industriales

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas fabricadas. En todos los casos, además de la ventilación localizada, es necesario instalar sistemas de ventilación general, con el fin de eliminar los humos que se escapen.

Piezas pequeñas:

- **Mesas de soldadura con aspiración frontal.** Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- **Cabinas de aspiración** en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.
- **Campanas adheridas mediante bases magnéticas**. Son de bajo caudal, entre 200 y 300 m³/h, conectadas al ventilador mediante conductos flexibles de pequeño diámetro, entre 60 y 80 mm. Las campanas pueden ser de diferentes formas y han de escogerse para que se adapten al trazado del cordón de soldadura. Son eficaces si se colocan a distancias muy próximas, de 10 a 15 cm del cordón.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.
- **Campanas adheridas mediante bases magnéticas**.

En estos casos es conveniente complementar la aspiración mediante **sistemas de impulsión de aire**, situándolos de forma que originen en el puesto del soldador, corrientes de aire de entre 0,5 a 1,5 m/s, que alejen los humos generados. Estos equipos de impulsión de aire deben ser muy ligeros para que puedan cambiarse fácilmente de lugar según la posición ocupada por el soldador, y a su vez deben ser suficientemente robustos y estar debidamente protegidos para no dar lugar a riesgos mecánicos. Si se utilizan estos sistemas en el interior de naves industriales, es imprescindible que el sistema de ventilación general de las mismas sea suficiente para eliminar la contaminación dispersada por las impulsiones individualizadas.

Soldaduras realizadas en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse **conductos flexibles para la impulsión de aire**. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

Además de los sistemas de ventilación general del recinto, deben instalarse **campanas de aspiración localizada con soporte magnético**, como las que se han descrito en el punto anterior. En estos casos es posible que la línea de aspiración tenga que ser de una longitud apreciable, lo cual puede dar lugar a pérdidas de carga importantes, que para vencerlas requieran ventiladores de alta presión.

5.2.2 Utilización automática

En la **utilización automática** de la soldadura MIG/MAG, las medidas de control han de ser de **Tipo IV**.

07 Vigilancia de la salud

Exposición a humos de manganeso

Principalmente se tienen que controlar los síntomas neurológicos: Fatiga, debilidad, dolor muscular, temblor de los dedos de las manos, disartria, alteraciones de la marcha (cuadro neurológico extrapiramidal parecido a la Enfermedad de Parkinson); más tardíamente pueden aparecer síntomas psiquiátricos: irritabilidad, nerviosismo, pérdida de memoria, depresión, entre otros. Controlar la sintomatología respiratoria de tipo irritativo y realizar estudio de la funcionalidad respiratoria (espirometría).

Para el control biológico de la exposición al manganeso, en España no hay ningún valor límite biológico. En Alemania utilizan la determinación de manganeso en sangre al final de la jornada laboral y el máximo permitido es de 20 µg/l.

Exposición a humos de hierro

Aunque los humos de óxido de hierro pueden ocasionar una neumoconiosis ésta no es fibrogénica. Pero la siderosis está dentro del cuadro de enfermedades profesionales por lo que sería recomendable hacer control de la funcionalidad respiratoria (Espirometría) y Radiología de Tórax (como mínimo una vez cada tres años).

Humos de cobre

Controlar la posible aparición de una fiebre de los metales que cursa con una importante hipertermia. Separar de la exposición y administrar antitérmicos, el cuadro clínico remite, generalmente, entre 24 – 72 horas.



SOLDADURA MANUAL MIG/MAG CON APORTE SEMIAUTOMÁTICO DE ELECTRODO CONTINUO CON PROTECCIÓN DE GAS SOBRE ACERO INOXIDABLE



■ DESCRIPCIÓN

En los procesos de soldadura **MIG/MAG** (Metal Inert Gas) / (Metal Active Gas) el aporte de energía es por el arco eléctrico que se mantiene entre la pieza a soldar y un electrodo de hilo continuo que fluye a través de la pistola de soldadura. Tanto el arco como el metal recién fundido, se protegen mediante un gas que se aporta a través de una tobera incorporada en la pistola de soldadura.

El gas de protección puede ser **inerte**, normalmente helio o argón, o **activo**, normalmente mezclas de dióxido de carbono y gas inerte con pequeñas proporciones de oxígeno.

El Acero Inoxidable contiene como mínimo un 10,5% de **Cromo** y como máximo 1,2% de **Carbono**.

Además del Hierro, los principales metales que forman parte de la composición del Acero Inoxidable, pueden variar entre los siguientes porcentajes:

- Cromo Del 16 al 28%
- Níquel Del 3,5 al 22%
- Molibdeno Del 1,5 al 6%
- Titanio Máximo 0,7%
- Cobre Del 0,5 al 4%
- Niobio Máximo 1%
- Wolframio Del 0,5 al 1,0%

En la soldadura de acero inoxidable se utilizan electrodos de la misma aleación del metal base o más alta.

Las intensidades de corriente son entre el 25 y el 50% mas bajas de las que serian utilizadas en una soldadura equivalente con acero común, para evitar que se sobrecaliente excesivamente las zonas próximas al cordón de soldadura ya que el acero inoxidable es peor conductor del calor que el acero al carbono.

Para la soldadura MIG sobre acero inoxidable, es frecuente utilizar el sistema “**de arco pulsado sinérgico**” que consiste en mantener el arco con una corriente de fondo sobre la que se generan pulsos de mayor intensidad, con lo que se consigue una buena transferencia del metal del electrodo, con intensidades de corriente promedio mas bajas.

Durante la soldadura MIG/MAG solamente se calienta una pequeña zona alrededor del cordón, ya que el aporte de gas enfría las superficies, además de proteger el metal de la acción oxidante del aire ambiental.

El alambre que aporta el metal y actúa de electrodo, no está recubierto, y por tanto, no se forma escoria, sino un cordón liso y limpio. Tampoco se forman tantos humos como en el caso de la soldadura con electrodo revestido, justamente porque no existe revestimiento.

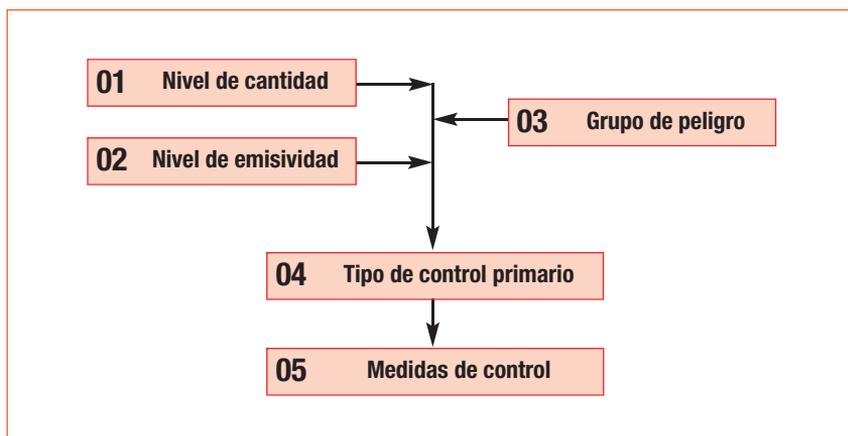
La menor cantidad de humos permite que la radiación visible y ultravioleta que se produce en el arco tenga mayor alcance, pudiendo incidir con mayor intensidad sobre la piel no protegida del soldador, y pudiendo favorecer la reacción fotoquímica del oxígeno del aire dando ozono.

El alambre o electrodo de soldadura se alimenta desde un carrete, por el eje de la pistola y el gas protector se alimenta de un botellón de gas a presión, a través de una tobera concéntrica con el electrodo.

La velocidad a la que se desenrolla el hilo, se regula de forma automática mediante un panel de control, que pone en marcha el sistema de arrastre cada vez que se establece el arco eléctrico. Normalmente se utilizan alambres de 0,6 o 0,8 mm de diámetro, aunque también los hay de mayor diámetro, que se suministran en carretes de 5 o de 15 Kg.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de soldadura esta relacionado directamente con la cantidad de metal depositado por unidad de tiempo.

Escoja, según el consumo diario, el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Cantidad de metal depositado kg/semana
Pequeño	Menos de 8
Mediano	Entre 8 y 25
Grande	Más de 25

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en los procesos de soldadura MIG/MAG, en la mayoría de los casos, debe ser considerado como ALTO. No obstante en los casos en que se utilicen los hilos de menor diámetro e intensidades de corriente bajas, puede reducirse un grado el nivel de emisividad.

Nivel de emisividad	Intensidad de la corriente de soldadura	Diámetro del electrodo
Bajo	En ningún caso	
Medio	Inferior a 30 A	0,6 mm
Alto	Superior a 30 A	0,8 mm o superior

Nivel de emisividad

03 Grupo de peligro

En la soldadura sobre acero inoxidable, la peligrosidad de los humos esta determinada principalmente por los compuestos de cromo y de níquel, de forma que la peligrosidad de todos los demás componentes de los humos, puede considerarse despreciable frente a ellos:

Contaminante	VLA-ED (2008) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de compuestos inorgánicos insolubles de Cromo VI (como Cr)	0,01	E	(1) (2)
Humos de compuestos inorgánicos insolubles de Níquel (como Ni)	0,2	D E	(2) (3)

Grupo de peligro

Observaciones

(1) Los compuestos de Cromo VI son, con mucha diferencia, los componentes más peligrosos de los humos de soldadura sobre acero inoxidable. La ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygenists), ha calificado los compuestos insolubles de Cromo VI como carcinógenos de categoría A1: Carcinógenos confirmados en el humano por evidencias obtenidas de estudios epidemiológicos. La DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), califica los compuestos de Cromo VI en la Categoría 2: Sustancias que pueden tener una contribución significativa al riesgo de cáncer.

En Estados Unidos, la Occupational Safety and Health Administration, propuso el 30 de mayo de 2006, la reducción del PEL (Permisive Exposure Limit) para los compuestos de Cr VI desde 50 microgramos/m³ a tan solo 5 microgramos/m³, debido a las irrefutables evidencias que existen sobre de producción de cáncer pulmonar. Dicho nuevo límite entrará en vigor de forma progresiva según el tipo y tamaño de empresa hasta quedar plenamente implantado en el año 2010. La incidencia sobre los procesos de soldadura de acero inoxidable es considerable, produciendo una importante revisión de las técnicas de soldadura, la automatización de los procesos, los sistemas de cerramiento y las protecciones respiratorias.

(2) En estudios realizados por INRS (Institute National de la Recherche et Securite) en procesos de soldadura con electrodo revestido sobre acero inoxidable, se han obtenido valores de hasta 680 microgramos/m³ de compuestos de Cr VI, con un valor medio, de un total de 57 evaluaciones, de 88 microgramos/m³. La concentración de los compuestos de Níquel han sido de hasta 230 microgramos/m³, con un valor medio de 50 microgramos/m³.

(3) La ACGIH ha calificado a los compuestos inorgánicos insolubles de Níquel como carcinógenos de Categoría A1, y la DFG los incluye en la Categoría 1: Sustancias que causan cáncer en el humano.

Como resumen de lo expuesto en las observaciones sobre los contaminantes que pueden estar presentes en los humos de la soldadura, MIG/MAG sobre acero inoxidable, hay que destacar que los contenidos de Cromo VI y de Níquel son los que determinan la peligrosidad de los humos, que deben considerarse del Grupo de Peligro E.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Tipo de control primario			
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad	
		Medio	Alto
D	Pequeño	II	III
	Mediano	IV	IV
	Grande	IV	IV
E	Pequeño	IV	IV
	Mediano	IV	IV
	Grande	IV	IV

Las condiciones señaladas se consideran que son las que con mayor frecuencia se pueden presentar en este tipo de soldadura.

Tipo de control primario

05 Medidas de control

5.1 Especificaciones generales

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de control primario	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
II	<ul style="list-style-type: none"> – Aspiración localizada mediante capotas situadas sobre el foco emisor – Aspiración localizada mediante campanas situadas en la cara frontal de forma que el foco emisor quede situado entre el operario y la campana de aspiración – Aspiración localizada por descenso a través del plano de la mesa de trabajo – Aspiración localizada integrada a la herramienta de trabajo
III	<ul style="list-style-type: none"> – Cabinas ventiladas de pequeñas dimensiones. El foco emisor queda situado dentro de la cabina. En este grupo se incluyen las cabinas o vitrinas de laboratorio – Cabinas grandes de flujo horizontal. El operario y el foco emisor quedan situados dentro de la cabina. La corriente de aire inducida por la aspiración siempre fluye en el sentido operario – foco emisor – Cabinas grandes de flujo vertical. El foco emisor siempre queda situado en un plano por debajo de la cabeza del operario – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes
IV	<ul style="list-style-type: none"> – El foco emisor esta situado en un recinto cerrado y en depresión con respecto a la posición que ocupa el operario, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de guantes • Cabinas de “medio traje” • Cabinas robotizadas o con elementos que permiten la manipulación de los productos por control remoto – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes – Todos los conductos de aspiración situados antes del filtro, deben estar en depresión respecto al ambiente del puesto de trabajo,

Tipo de ventilación

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de control primario	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
II	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Máscaras enteras y mascarillas con filtros específicos para los productos químicos utilizados
III	<ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos para los productos químicos utilizados. Verificar el correcto ajuste del adaptador facial a la cara
IV	<p>En orden inverso de prioridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire para crear “presión positiva” en la zona de respiración – Máscaras enteras con aporte de aire a “presión positiva” – Protección de traje entero, hermético, con aporte de aire

Tipo de protección respiratoria

5.2 Medidas específicas

5.2.1 Utilización manual

En la utilización manual de la soldadura MIG/MAG aunque la peligrosidad de los humos generados aconsejaría las medidas de control de Tipo IV, éstas son de muy difícil aplicación, por ello se recomienda la administración de las medidas de control de Tipo III combinando conjuntamente las de Ventilación y de Protección respiratoria.

VENTILACION en procesos de soldadura realizados en Taller o en el interior de Naves industriales

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas fabricadas. En todos los casos, además de la ventilación localizada, es necesario instalar sistemas de ventilación general, con el fin de eliminar los humos que se escapen.

Piezas pequeñas:

- **Mesas de soldadura con aspiración frontal.** Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- **Cabinas de aspiración** en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.
- **Campanas adheridas mediante ventosas**. Son de bajo caudal, entre 200 y 300 m³/h, conectadas al ventilador mediante conductos flexibles de pequeño diámetro, entre 60 y 80 mm. Las campanas pueden ser de diferentes formas y han de escogerse para que se adapten al trazado del cordón de soldadura. Son eficaces si se colocan a distancias muy próximas, de 10 a 15 cm del cordón.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.
- **Campanas adheridas mediante ventosas**.

En estos casos es conveniente complementar la aspiración mediante **sistemas de impulsión de aire**, situándolos de forma que originen en el puesto del soldador, corrientes de aire de entre 0,5 a 1,5 m/s, que alejen los humos generados. Estos equipos de impulsión de aire deben ser muy ligeros para que puedan cambiarse fácilmente de lugar según la posición ocupada por el soldador, y a su vez deben ser suficientemente robustos y estar debidamente protegidos para no dar lugar a riesgos mecánicos. Si se utilizan estos sistemas en el interior de naves industriales, es imprescindible que el sistema de ventilación general de las mismas sea suficiente para eliminar la contaminación dispersada por las impulsiones individualizadas.

Soldaduras realizadas en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse **conductos flexibles para la impulsión de aire**. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

Además de los sistemas de ventilación general del recinto, deben instalarse **campanas de aspiración localizada**, como las que se han descrito en el punto anterior. En estos casos es posible que la línea de aspiración tenga que ser de una longitud apreciable, lo cual puede dar lugar a pérdidas de carga importantes, que para vencerlas requieran ventiladores de alta presión.

Protección respiratoria

La elevada peligrosidad de los humos de la soldadura sobre acero inoxidable, exige la utilización de **Pantallas faciales enteras provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire** para crear "presión positiva" en la zona de respiración.

El aire impulsado debe filtrarse mediante filtros de elevada eficacia contra partículas finas. Normalmente estos sistemas disponen de unos filtros que se sitúan en la espalda del soldador, de forma que están menos expuestos a los humos generados, y de un ventilador alimentado por baterías recargables que impulsa el aire filtrado a la pantalla facial a través de un conducto flexible, generando una presión positiva en su interior que impide la entrada de los humos.

Este tipo de protección respiratoria debe complementarse con **pantallas de protección ocular construidas con cristales auto-oscorecibles** al recibir la primera radiación del arco de soldadura. Las pantallas de protección ocular abatibles no son

07 Vigilancia de la salud

Exposición a humos de cromo y níquel

Anamnesis y exploración física dirigida a detectar:

- Alteraciones respiratorias (acción irritante y/o sensibilizante): faringitis, bronquitis y asma.
- Alteraciones otorrinolaringológicas: perforación del tabique nasal.
- Alteraciones dermatológicas: dermatitis de contacto, úlceras cutáneas en el caso del contacto cutáneo con compuestos hexavalentes de cromo.
- Efectos Cancerígenos de pulmón y de senos paranasales.

Pruebas complementarias:

- Estudio de la funcionalidad respiratoria (espirometría dinámica).
- Rinoscopia anterior.
- Radiología de tórax y de senos paranasales (como mínimo 1 cada 3 años).
- Cromo urinario (VLB es de 25 µg/l después de la jornada laboral).



SOLDADURA MANUAL TIG CON ELECTRODO NO CONSUMIBLE DE TUNGSTENO Y PROTECCIÓN DE GAS INERTE SOBRE ACERO INOXIDABLE



■ DESCRIPCIÓN

En los procesos de soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) el aporte de energía es por el arco eléctrico que se mantiene entre las piezas a soldar y un electrodo no consumible de tungsteno.

El aporte de metal de soldadura es opcional, y en este caso, se realiza de forma externa mediante una varilla.

Tanto el arco como el metal recién fundido, se protegen mediante un gas que se aporta a través de una tobera incorporada en la pistola o torcha de soldadura. Normalmente se utilizan helio o argón como gas de protección, aunque en algunas aplicaciones se mezclan con pequeñas cantidades de hidrógeno.

Los electrodos no consumibles son de tungsteno puro o con un pequeño contenido de cerio, lantano, zirconio o torio que no excede del 2%.

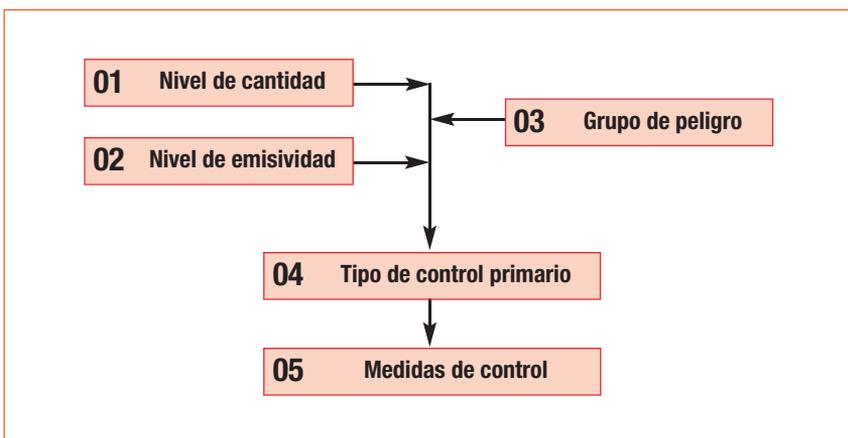
Estos elementos mejoran las condiciones de encendido y estabilidad del arco. El torio es radioactivo y aunque su actividad es muy baja y no presenta problemas de exposición radiológica externa, han de extremarse las precauciones en el amolado para afilar la punta del electrodo con el objeto de captar y recoger el polvo producido y evitar que pueda ser inhalado, y producir, en este caso, una contaminación radioactiva interna.

Los electrodos con cerio o lantano tienen prácticamente las mismas ventajas operativas que los electrodos con torio y no son radiactivos.

La soldadura TIG puede ser usada con casi todos los metales, tanto en procesos manuales como automáticos.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de soldadura esta relacionado directamente con la cantidad de metal depositado por unidad de tiempo.

Escoja, según el consumo diario, el **NIVEL DE CANTIDAD** correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Cantidad de metal depositado kg/semana
Pequeño	Menos de 8
Mediano	Entre 8 y 25
Grande	Más de 25

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en los procesos de soldadura TIG es inferior a los que tienen los otros tipos de soldadura con electrodo consumible, en la mayoría de los casos, puede ser considerado como **MEDIO**.

Nivel de emisividad

03 Grupo de peligro

En la soldadura sobre acero inoxidable, la peligrosidad de los humos esta determinada principalmente por los compuestos de cromo y de níquel, de forma que la peligrosidad de todos los demás componentes de los humos, puede considerarse despreciable frente a ellos:

Contaminante	VLA-ED (2008) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de compuestos inorgánicos insolubles de Cromo VI (como Cr)	0,01	E	(1)
Humos de compuestos inorgánicos insolubles de Níquel (como Ni)	0,2	D E	(2)

Grupo de peligro

Observaciones

(1) Los compuestos de Cromo VI son, con mucha diferencia, los componentes más peligrosos de los humos de soldadura sobre acero inoxidable. La ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), ha calificado los compuestos insolubles de Cromo VI como carcinógenos de categoría A1: Carcinógenos confirmados en el humano por evidencias obtenidas de estudios epidemiológicos. La DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), califica los compuestos de Cromo VI en la Categoría 2: Sustancias que pueden tener una contribución significativa al riesgo de cáncer.

En Estados Unidos, la Occupational Safety and Health Administration, propuso el 30 de mayo de 2006, la reducción del PEL (Permissible Exposure Limit) para los compuestos de Cr VI desde 50 microgramos/m³ a tan solo 5 microgramos/m³, debido a las irrefutables evidencias que existen sobre de producción de cáncer pulmonar. Dicho nuevo límite entrará en vigor de forma progresiva según el tipo y tamaño de empresa hasta quedar plenamente implantado en el año 2010. La incidencia sobre los procesos de soldadura de acero inoxidable es considerable, produciendo una importante revisión de las técnicas de soldadura, la automatización de los procesos, los sistemas de cerramiento y las protecciones respiratorias.

(2) La ACGIH ha calificado a los compuestos inorgánicos insolubles de Níquel como carcinógenos de Categoría A1, y la DFG los incluye en la Categoría 1: Sustancias que causan cáncer en el humano.

Como resumen de lo expuesto en las observaciones sobre los contaminantes que pueden estar presentes en los humos de la soldadura, TIG sobre acero inoxidable, hay que destacar que los contenidos de Cromo VI y de Níquel son los que determinan la peligrosidad de los humos, que deben considerarse del Grupo de Peligro E.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Tipo de control primario		
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad
		Medio
D	Pequeño	III
	Mediano	IV
	Grande	IV
E	Pequeño	IV
	Mediano	IV
	Grande	IV

Las condiciones señaladas se consideran que son las que con mayor frecuencia se pueden presentar en este tipo de soldadura.

Tipo de control primario

05 Medidas de control

5.1 Especificaciones generales

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de control primario	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
III	<ul style="list-style-type: none"> – Cabinas ventiladas de pequeñas dimensiones. El foco emisor queda situado dentro de la cabina. En este grupo se incluyen las cabinas o vitrinas de laboratorio – Cabinas grandes de flujo horizontal. El operario y el foco emisor quedan situados dentro de la cabina. La corriente de aire inducida por la aspiración siempre fluye en el sentido operario – foco emisor – Cabinas grandes de flujo vertical. El foco emisor siempre queda situado en un plano por debajo de la cabeza del operario – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes
IV	<ul style="list-style-type: none"> – El foco emisor esta situado en un recinto cerrado y en depresión con respecto a la posición que ocupa el operario, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de guantes • Cabinas de “medio traje” • Cabinas robotizadas o con elementos que permiten la manipulación de los productos por control remoto – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes – Todos los conductos de aspiración situados antes del filtro, deben estar en depresión respecto al ambiente del puesto de trabajo,

Tipo de ventilación

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de control primario	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
III	– Máscaras enteras con filtros específicos para los productos químicos utilizados. Verificar el correcto ajuste del adaptador facial a la cara
IV	En orden inverso de prioridad: – Máscaras enteras con filtros específicos provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire para crear “presión positiva” en la zona de respiración – Máscaras enteras con aporte de aire a “presión positiva” – Protección de traje entero, hermético, con aporte de aire

Tipo de protección respiratoria

5.2 Medidas específicas

5.2.1 Utilización manual

En la utilización manual de la soldadura TIG aunque la peligrosidad de los humos generados aconsejaría las medidas de control de Tipo IV, éstas son de muy difícil aplicación, por ello se recomienda la administración de las medidas de control de Tipo III combinando conjuntamente las de Ventilación y de Protección respiratoria.

VENTILACION en procesos de soldadura realizados en Taller o en el interior de Naves industriales

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas fabricadas. En todos los casos, además de la ventilación localizada, es necesario instalar sistemas de ventilación general, con el fin de eliminar los humos que se escapen.

Piezas pequeñas:

- **Mesas de soldadura con aspiración frontal.** Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- **Cabinas de aspiración** en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.

- **Campanas adheridas mediante ventosas.** Son de bajo caudal, entre 200 y 300 m³/h, conectadas al ventilador mediante conductos flexibles de pequeño diámetro, entre 60 y 80 mm. Las campanas pueden ser de diferentes formas y han de escogerse para que se adapten al trazado del cordón de soldadura. Son eficaces si se colocan a distancias muy próximas, de 10 a 15 cm del cordón.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados,** instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.
- **Campanas adheridas mediante ventosas.**

En estos casos es conveniente complementar la aspiración mediante **sistemas de impulsión de aire**, situándolos de forma que originen en el puesto del soldador, corrientes de aire de entre 0,5 a 1,5 m/s, que alejen los humos generados. Estos equipos de impulsión de aire deben ser muy ligeros para que puedan cambiarse fácilmente de lugar según la posición ocupada por el soldador, y a su vez deben ser suficientemente robustos y estar debidamente protegidos para no dar lugar a riesgos mecánicos. Si se utilizan estos sistemas en el interior de naves industriales, es imprescindible que el sistema de ventilación general de las mismas sea suficiente para eliminar la contaminación dispersada por las impulsiones individualizadas.

Soldaduras realizadas en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse **conductos flexibles para la impulsión de aire**. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

Además de los sistemas de ventilación general del recinto, deben instalarse **campanas de aspiración localizada**, como las que se han descrito en el punto anterior. En estos casos es posible que la línea de aspiración tenga que ser de una longitud apreciable, lo cual puede dar lugar a pérdidas de carga importantes, que para vencerlas requieran ventiladores de alta presión.

Protección respiratoria

La elevada peligrosidad de los humos de la soldadura sobre acero inoxidable, exige la utilización de **Pantallas faciales enteras provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire** para crear “presión positiva” en la zona de respiración.

El aire impulsado debe filtrarse mediante filtros de elevada eficacia contra partículas finas. Normalmente estos sistemas disponen de unos filtros que se sitúan en la espalda del soldador, de forma que están menos expuestos a los humos generados, y de un ventilador alimentado por baterías recargables que impulsa el aire filtrado a la pantalla facial a través de un conducto flexible, generando una presión positiva en su interior que impide la entrada de los humos.

Este tipo de protección respiratoria debe complementarse con **pantallas de protección ocular construidas con cristales auto oscurecibles** al recibir la primera radiación del arco de soldadura. Las pantallas de protección ocular abatibles no son adecuadas en los casos donde se producen humos de elevada peligrosidad ya que no garantizan la conservación de la “presión positiva” en la zona de respiración.

07 Vigilancia de la salud

Exposición a humos de cromo y níquel

Anamnesis y exploración física dirigida a detectar:

- Alteraciones respiratorias (acción irritante y/o sensibilizante): faringitis, bronquitis y asma.
- Alteraciones otorrinolaringológicas: perforación del tabique nasal.
- Alteraciones dermatológicas: dermatitis de contacto, úlceras cutáneas en el caso del contacto cutáneo con compuestos hexavalentes de cromo.
- Efectos Cancerígenos de pulmón y de senos paranasales.

Pruebas complementarias:

- Estudio de la funcionalidad respiratoria (espirometría dinámica).
- Rinoscopia anterior.
- Radiología de tórax y de senos paranasales (como mínimo 1 cada 3 años).
- Cromo urinario (VLB es de 25 µg/l después de la jornada laboral).



Para ampliar la información, consultar las fichas de toxicología y de protocolos y recomendaciones de vigilancia de la salud.



■ DESCRIPCIÓN

En los procesos de soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) el aporte de energía es por el arco eléctrico que se mantiene entre las piezas a soldar y un electrodo no consumible de tungsteno.

El aporte de metal de soldadura es opcional, y en este caso, se realiza de forma externa mediante una varilla.

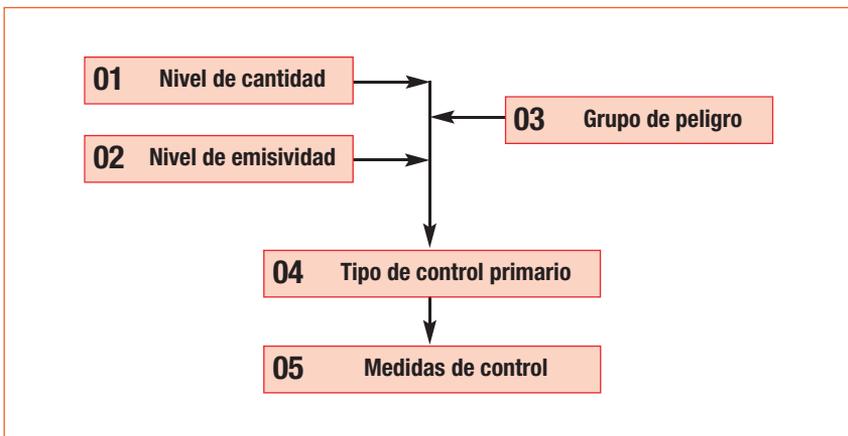
Tanto el arco como el metal recién fundido, se protegen mediante un gas que se aporta a través de una tobera incorporada en la pistola o torcha de soldadura. Normalmente se utilizan helio o argón como gas de protección, aunque en algunas aplicaciones se mezclan con pequeñas cantidades de hidrogeno.

Para la soldadura de aluminio normalmente se utiliza corriente alterna y electrodos de tungsteno puro o aleado con zirconio, con la punta redondeada.

En la soldadura de aluminio se forma ozono en cantidades mas elevadas que en los otros procesos de soldadura de otros metales.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de soldadura esta relacionado directamente con la cantidad de metal depositado por unidad de tiempo.

Escoja, según el consumo semanal, el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Cantidad de metal depositado kg/semana
Pequeño	Menos de 8
Mediano	Entre 8 y 25
Grande	Más de 25

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en los procesos de soldadura TIG es inferior a los que tienen los otros tipos de soldadura con electrodo consumible, en la mayoría de los casos, puede ser considerado como MEDIO.

Nivel de emisividad

03 Nivel de emisividad

En la soldadura sobre aluminio, la peligrosidad de los humos esta determinada principalmente por los compuestos de óxidos de aluminio y ozono:

Contaminante	VLA-ED (2008) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de óxidos de aluminio (como Al)	5	C	
Ozono (O ₃)	0,1-0,4	D	(1)

Grupo de peligro

Observaciones

(1) El Valor Límite Ambiental del Ozono es variable en función de la carga física y de la duración del trabajo.

Como resumen de lo expuesto en las observaciones sobre los contaminantes que pueden estar presentes en los humos de la soldadura, TIG sobre aluminio, deben considerarse del Grupo de Peligro C y D.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Tipo de control primario		
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad
		Medio
C	Pequeño	I
	Mediano	III
	Grande	IV
D	Pequeño	II
	Mediano	IV
	Grande	IV

Las condiciones señaladas se consideran que son las que con mayor frecuencia se pueden presentar en este tipo de soldadura.

Tipo de control primario:

05 Medidas de control

5.1 Especificaciones generales

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de control primario	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Alejamiento del Puesto de Trabajo respecto al Foco de emisión – Presencia de Ventilación General Mecánica
II	<ul style="list-style-type: none"> – Aspiración localizada mediante capotas situadas sobre el foco emisor – Aspiración localizada mediante campanas situadas en la cara frontal de forma que el foco emisor quede situado entre el operario y la campana de aspiración – Aspiración localizada por descenso a través del plano de la mesa de trabajo – Aspiración localizada integrada a la herramienta de trabajo
III	<ul style="list-style-type: none"> – Cabinas ventiladas de pequeñas dimensiones. El foco emisor queda situado dentro de la cabina. En este grupo se incluyen las cabinas o vitrinas de laboratorio – Cabinas grandes de flujo horizontal. El operario y el foco emisor quedan situados dentro de la cabina. La corriente de aire inducida por la aspiración siempre fluye en el sentido operario – foco emisor – Cabinas grandes de flujo vertical. El foco emisor siempre queda situado en un plano por debajo de la cabeza del operario – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes
IV	<ul style="list-style-type: none"> – El foco emisor esta situado en un recinto cerrado y en depresión con respecto a la posición que ocupa el operario, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de guantes • Cabinas de “medio traje” • Cabinas robotizadas o con elementos que permiten la manipulación de los productos por control remoto – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes – Todos los conductos de aspiración situados antes del filtro, deben estar en depresión respecto al ambiente del puesto de trabajo,

06

Tipo de ventilación

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de control primario	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Mascarillas autofiltrantes de carbón activo contra productos químicos orgánicos volátiles
II	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Máscaras enteras y mascarillas con filtros específicos para los productos químicos utilizados
III	<ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos para los productos químicos utilizados. Verificar el correcto ajuste del adaptador facial a la cara
IV	<p>En orden inverso de prioridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire para crear "presión positiva" en la zona de respiración – Máscaras enteras con aporte de aire a "presión positiva" – Protección de traje entero, hermético, con aporte de aire

Tipo de protección respiratoria

5.2 Medidas específicas

5.2.1 Utilización manual

En la utilización manual aunque la peligrosidad del ozono que se forma en la soldadura TIG de aluminio aconsejaría las medidas de control de Tipo IV, éstas son de muy difícil aplicación, por ello, se recomienda la aplicación de las medidas de control Tipo III, que en principio ya son suficientes para controlar los humos de óxidos de aluminio, combinando conjuntamente las de Ventilación y las de Protección respiratoria.

VENTILACION en procesos de soldadura realizados en Taller o en el interior de Naves industriales

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas fabricadas. En todos los casos, además de la ventilación localizada, es necesario instalar sistemas de ventilación general, con el fin de eliminar los humos que se escapan.

Piezas pequeñas:

- Mesas de soldadura con aspiración frontal. Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- Cabinas de aspiración en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.

En estos casos es conveniente complementar la aspiración mediante sistemas de impulsión de aire, situándolos de forma que originen en el puesto del soldador, corrientes de aire de entre 0,5 a 1,5 m/s, que alejen los humos generados. Estos equipos de impulsión de aire deben ser muy ligeros para que puedan cambiarse fácilmente de lugar según la posición ocupada por el soldador, y a su vez deben ser suficientemente robustos y estar debidamente protegidos para no dar lugar a riesgos mecánicos. Si se utilizan estos sistemas en el interior de naves industriales, es imprescindible que el sistema de ventilación general de las mismas sea suficiente para eliminar la contaminación dispersada por las impulsiones individualizadas.

Soldaduras realizadas en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse **conductos flexibles para la impulsión de aire**. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

Protección respiratoria

La elevada peligrosidad del ozono aconseja la utilización de **Pantallas faciales enteras provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire** para crear "presión positiva" en la zona de respiración.

El aire impulsado debe filtrarse mediante filtros mixtos que sean eficaces para la retención de partículas finas, y que dispongan de filtros de carbón activo para la retención del ozono. Normalmente estos sistemas disponen de unos filtros que se sitúan en la espalda del soldador, de forma que están menos expuestos a los humos y gases generados, y de un ventilador alimentado por baterías recargables que impulsa el aire filtrado a la pantalla facial a través de un conducto flexible, generando una presión positiva en su interior que impide la entrada de los humos.

Este tipo de protección respiratoria debe complementarse con **pantallas de protección ocular construidas con cristales autooscurecibles** al recibir la primera radiación del arco de soldadura. Las pantallas de protección ocular abatibles no son adecuadas en los casos donde se producen humos de elevada peligrosidad ya que no garantizan la conservación de la "presión positiva" en la zona de respiración.

5.2.2 Utilización automática

En la **utilización automática** de la soldadura TIG, las medidas de control han de ser de **Tipo IV**.

En estos casos las medidas de control han de ser de **Tipo IV**, y las operaciones de soldadura han de tener lugar en el interior de una cabina cerrada provista de aspiración, donde primeramente se prepara la pieza a soldar y luego, una vez cerrada, se suelda de forma automática.

Exposición a ozono

Anamnesis y exploración física dirigida a detectar:

- Alteraciones respiratorias (acción irritante): tos, disnea, dolor torácico.

Pruebas complementarias:

- Estudio de la funcionalidad respiratoria (espirometría dinámica).



SOLDADURA BLANDA CON ALEACIONES DE ESTAÑO Y CON SOPLETE DE GAS



■ DESCRIPCIÓN

Se denomina **Soldadura Blanda** (“Soldering” en inglés) la que utiliza metales de unión cuyos puntos de fusión son inferiores a 450 °C.

Este tipo de soldadura se utiliza para unir diferentes tipos de metal con temperaturas de fusión superiores a la del metal de unión, como por ejemplo en las instalaciones domésticas de gas, agua potable y calefacción, en los equipos frigoríficos y, en general, en la soldadura de tuberías y piezas de cobre.

También se utiliza para soldar canalones de zinc y chapas de cobre o de plomo para la impermeabilización de cubiertas, entre otras muchas aplicaciones.

Existen varios tipos de **aleaciones de estaño** que se utilizan en las soldaduras blandas:

- **Estaño-Plata**, con contenidos de plata que oscilan entre el 3,5% y el 8%, y cuyos puntos de fusión se sitúan entre 220 y 240 °C
- **Estaño-Cobre**, con un contenido del 3% de cobre y con una temperatura de fusión de 227 °C
- **Estaño-Plomo**, con contenidos de estaño entre el 33% y el 63%, cuyos puntos de fusión oscilan entre 183 °C, y 232 °C

En la actualidad no está autorizada la utilización de aleaciones de estaño-plomo en las instalaciones domésticas de gas y agua potable.

Normalmente se utilizan **sopletes de gas-aire**, ya sea en forma de pequeños cilindros de gas licuado que tienen incorporado el soplete, o mediante sopletes alimentados por bombonas de gas butano de uso doméstico.

El aporte de la aleación de soldadura se realiza mediante una varilla o un alambre, que normalmente se suministra en carretes.

Previamente a la aplicación del metal de soldadura, han de limpiarse las superficies de las piezas que se han de unir, eliminando las capas de óxido para que exista mejor adherencia. Para ello se utilizan productos decapantes, que reciben el nombre de “flux”, que se aplican en forma de pasta.

Algunos alambres están huecos y tienen incorporado el “flux” en su interior.

Existen “flux” de resina de colofonia (ácido abiético) y otros inorgánicos a base de cloruro de zinc, fluoruros y boratos, entre otros compuestos.

Los principales riesgos higiénicos en este tipo de soldadura proceden de la descomposición térmica del “flux”.

La colofonia produce humos que pueden ser sensibilizantes de las vías respiratorias, y los “flux” inorgánicos pueden producir fluoruros y cloruros volátiles con efectos irritantes.

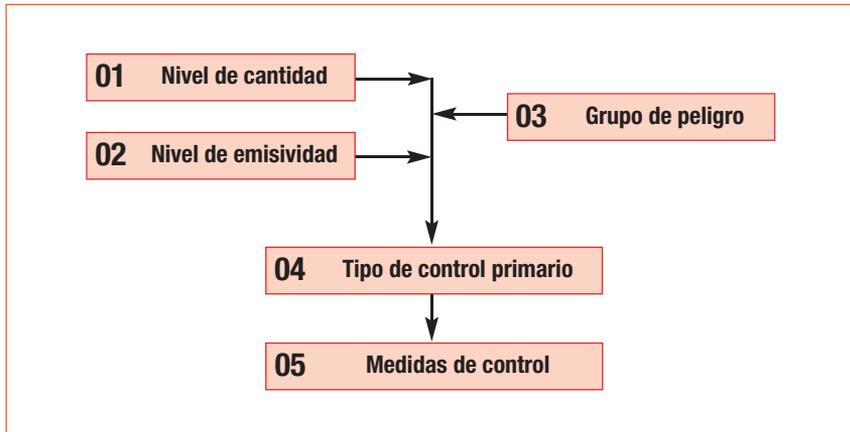
En la siguiente tabla se relacionan las temperaturas de fusión y de ebullición de los principales metales que pueden estar involucrados.

Metal	Temp. fusión (°C)	Temp. ebullición (°C)
Zinc	420	907
Cadmio	321	767
Plomo	327	1.620
Estaño	232	2.260
Plata	960	1.950
Cobre	1.084	2.300
Aluminio	658	2.057

Aunque la temperatura de la llama de un soplete de gas-aire puede alcanzar los 1.300 °C, las temperaturas alcanzables por las piezas que se calientan apenas llegan a los 600 °C, por lo que no es probable que los metales que más habitualmente puedan estar presentes en estas soldaduras, puedan volatilizarse en forma de humos.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de soldadura esta relacionado con la cantidad de aleación utilizada, aunque en este caso también influye la cantidad de “flux”.

Escoja, según el consumo diario, el **NIVEL DE CANTIDAD** correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Cantidad de aleación consumida kg/semana	Cantidad de “flux” utilizado kg/semana
Pequeño	Menos de 1	Menos de 0,5
Mediano	Entre 1 y 3	Entre 0,5 y 1,5
Grande	Más de 3	Más de 1,5

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en la Soldadura Blanda puede ser considerado como **BAJO** para la mayoría de las aplicaciones.

Nivel de emisividad

03 Grupo de peligro

Los contaminantes que están presentes en los humos de este tipo de soldadura que se consideran más relevantes respecto a los riesgos higiénicos, se indican en la siguiente tabla:

Contaminante	VLA-ED (2009) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de descomposición térmica de resina de colofonia (como formaldehído)	0,1	D	(1)
Cloruro de Hidrógeno	7,6	C	
Fluoruro de Hidrógeno	1,8	C	
Humos de soldadura	5	C	

Grupo de peligro

Observaciones

(1) Los humos formados por la descomposición térmica de la Resina de Colofonia se han clasificado como "Sensibilizantes Respiratorios" tanto por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), que edita los TLV, como por la DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), que edita los valores MAK, y en ambos casos no se les ha asignado ningún valor límite, recomendándose simplemente que la concentración ambiental se mantenga al valor más bajo posible. Este mismo criterio se reproduce en los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicas en España que edita el INHST.

El INRS (Institut National de Recherche et de Securite) a propuesto el valor de 0,1 mg/m³ expresados como formaldehído.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Tipo de control primario para soldaduras en las que se utilice "flux" de colofonia		
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad
		Bajo
D	Pequeño	II
	Mediano	III
	Grande	iii

Tipo de control primario para soldaduras en las que no se utilice "flux" de colofonia		
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad
		Bajo
C	Pequeño	I
	Mediano	II
	Grande	ii

Las condiciones señaladas se consideran que son las que con mayor frecuencia se pueden presentar en este tipo de soldadura.

Tipo de control primario

05 Medidas de control

5.1 Especificaciones generales

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de control primario	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Alejamiento del Puesto de Trabajo respecto al Foco de emisión – Presencia de Ventilación General Mecánica
II	<ul style="list-style-type: none"> – Aspiración localizada mediante capotas situadas sobre el foco emisor – Aspiración localizada mediante campanas situadas en la cara frontal de forma que el foco emisor quede situado entre el operario y la campana de aspiración – Aspiración localizada por descenso a través del plano de la mesa de trabajo – Aspiración localizada integrada a la herramienta de trabajo
III	<ul style="list-style-type: none"> – Cabinas ventiladas de pequeñas dimensiones. El foco emisor queda situado dentro de la cabina. En este grupo se incluyen las cabinas o vitrinas de laboratorio – Cabinas grandes de flujo horizontal. El operario y el foco emisor quedan situados dentro de la cabina. La corriente de aire inducida por la aspiración siempre fluye en el sentido operario – foco emisor – Cabinas grandes de flujo vertical. El foco emisor siempre queda situado en un plano por debajo de la cabeza del operario – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes

Tipo de ventilación

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de control primario	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Mascarillas autofiltrantes de carbón activo contra productos químicos orgánicos volátiles
II	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Máscaras enteras y mascarillas con filtros específicos para los productos químicos utilizados
III	<ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos para los productos químicos utilizados. Verificar el correcto ajuste del adaptador facial a la cara

Tipo de protección respiratoria

5.2 Medidas específicas

Para la mayoría de los procesos de soldadura manual con soplete de gas-aire y aleaciones de estaño, son suficientes las medidas de control de Tipo II, las cuales se describen a continuación.

No obstante, los efectos sensibilizantes de los humos de los “flux” de colofonia, que pueden utilizarse en algunas soldaduras, aconsejaría que, las medidas de control fuesen de Tipo III. En estos casos deben extremarse las medidas de Ventilación Localizada y de Protección Respiratoria.

VENTILACION en procesos de soldadura realizados en Taller o en el interior de Naves industriales

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas fabricadas. En todos los casos, además de la ventilación localizada, es necesario instalar sistemas de ventilación general, con el fin de eliminar los humos que se escapen.

Piezas pequeñas:

- **Mesas de soldadura con aspiración frontal.** Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- **Cabinas de aspiración** en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados,** de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.

Soldaduras realizadas en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse **conductos flexibles para la impulsión de aire**. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

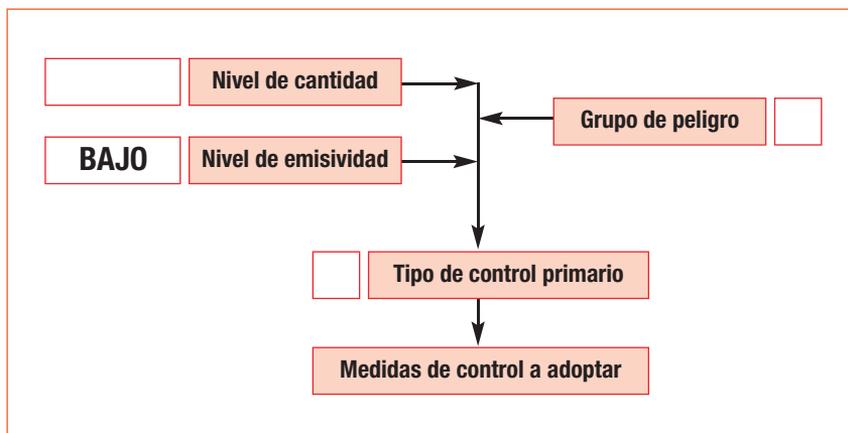
Protección respiratoria

La peligrosidad de los humos que pueden producir efectos asmáticos y de sensibilización respiratoria, aconseja la utilización de **Pantallas faciales enteras provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire** para crear "presión positiva" en la zona de respiración.

El aire impulsado debe filtrarse mediante filtros mixtos que sean eficaces para la retención de partículas finas, y que dispongan de filtros de carbón activo para adsorción de vapores orgánicos. Normalmente estos sistemas disponen de unos filtros que se sitúan en la espalda del soldador, de forma que están menos expuestos a los humos y gases generados, y de un ventilador alimentado por baterías recargables que impulsa el aire filtrado a la pantalla facial a través de un conducto flexible, generando una presión positiva en su interior que impide la entrada de los humos.

06 Medidas de control a adoptar en el puesto de trabajo

Sitúe en el gráfico los valores obtenidos y describa a continuación las **MEDIDAS DE CONTROL** adecuadas que deben ser adoptadas en el puesto de trabajo.





■ DESCRIPCIÓN

Se denomina **Soldadura Dura** (“Brazing”, en inglés), la que utiliza aleaciones de unión cuyos puntos de fusión son superiores a 450 °C.

Este tipo de soldadura se utiliza para unir piezas metálicas de composición heterogénea, que tengan temperaturas de fusión superiores a la del metal de unión, como por ejemplo en contactos eléctricos, puntas de carburo de tungsteno de herramientas de corte, brocas, sierras, barrenas de perforación.

La soldadura dura se utiliza con preferencia a la soldadura blanda para unir tuberías de cobre que tengan que soportar temperaturas elevadas.

Existen varios tipos de aleaciones que se utilizan en las soldaduras duras:

- **Cobre-Fósforo**, se utilizan aleaciones de cobre con contenidos de fósforo de alrededor del 8%.
- **Cobre-Plata-Fósforo**, con contenidos de plata de un 5%.
- **Cobre-Estaño-Plata-Cadmio**, con contenidos de plata entre el 20% y 30%.

Para fundir las aleaciones y calentar las piezas a soldar se emplean **sopletes de gas-oxígeno**, normalmente de gas butano o propano, aunque también de acetileno o hidrógeno.

El aporte de la aleación de soldadura se realiza mediante una varilla o un hilo, que normalmente se suministra en carretes.

Previamente a la aplicación del metal de soldadura, han de limpiarse las superficies de las piezas que se han de unir, eliminando las capas de óxido para que exista mejor adherencia. Para ello se utilizan productos decapantes, que reciben el nombre de “flux”, que se aplican en forma de pasta, o mediante un pincel cuando son líquidos.

Los “flux” pueden contener cloruros (litio, potasio, sodio), fluoroboratos (potasio sodio), boratos (litio, sodio, potasio), bórax, ácido bórico, álcalis (hidróxidos sódico y potásico), entre otros compuestos.

La descomposición térmica de estos productos puede desprender cloruros y fluoruros volátiles de carácter irritante.

Los principales riesgos higiénicos en este tipo de soldadura proceden de la volatilización de los metales de bajo punto de ebullición, especialmente el cadmio y el cinc.

En la siguiente tabla se relacionan las temperaturas de fusión y de ebullición de los principales metales que pueden estar involucrados.

Metal	Temp. fusión (°C)	Temp. ebullición (°C)
Zinc	420	907
Cadmio	321	767
Plomo	327	1.620
Estaño	232	2.260
Plata	960	1.950
Cobre	1.084	2.300
Aluminio	658	2.057

Las temperaturas de la llama de los sopletes de oxígeno-gas superan los 2.000 °C.

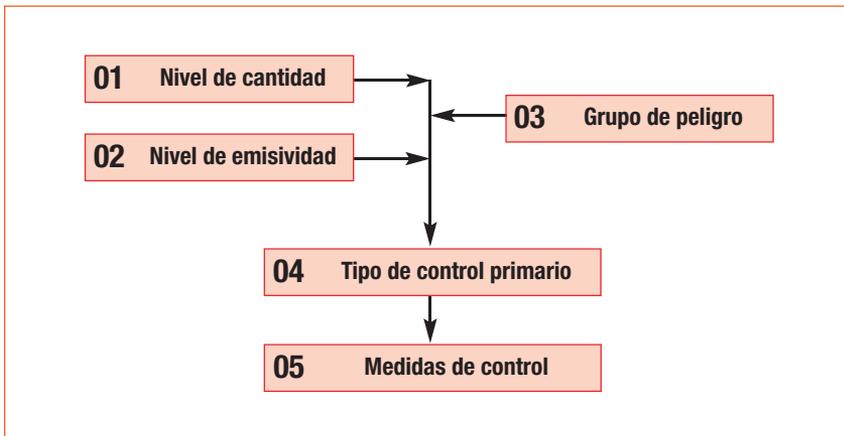
Por esto no debe calentarse directamente las varillas de aleación de soldadura que tengan cadmio, ni las piezas de latón, que es una aleación cobre-zinc, ya que se produce la volatilización de estos metales y la formación de humos de los correspondientes óxidos.

La probabilidad de que se formen humos de los otros metales por calentamiento directo, es mucho menor. Por esto se recomienda calentar las piezas a soldar y luego aplicar la aleación de soldadura para que se funda sobre ellas.

En la actualidad se ha restringido mucho el uso de aleaciones que contengan plomo o cadmio. No obstante, hasta 1990 aproximadamente, más de la mitad de las aleaciones de plata contenían cadmio, siendo posible aun hoy en día, hallar en uso este tipo de aleaciones.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de soldadura esta relacionado con la cantidad de aleación utilizada, aunque en este caso también influye la cantidad de “flux”.

Escoja, según el consumo diario, el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Cantidad de aleación consumida kg/semana	Cantidad de “flux” utilizado kg/semana
Pequeño	Menos de 1	Menos de 0,5
Mediano	Entre 1 y 3	Entre 0,5 y 1,5
Grande	Más de 3	Más de 1,5

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en la Soldadura Dura puede ser considerado como **BAJO** para la mayoría de las aleaciones, aunque debería valorarse como **MEDIO** si se usan soldaduras que contienen cadmio.

Nivel de emisividad	Contenido de Cd en la aleación de soldadura
Bajo	Menos del 0,1%
Medio	Mayor del 0,1%
Alto	En ningún caso

Nivel de emisividad

03 Grupo de peligro

En el caso de que se utilicen aleaciones con que contengan **Cadmio**, la peligrosidad de los humos esta determinada por los compuestos de este metal, de forma que los demás contaminantes que puedan estar presentes son irrelevantes respecto a la peligrosidad global.

Los contaminantes que están presentes en los humos de este tipo de soldadura que se consideran más relevantes respecto a los riesgos higiénicos, se indican en la siguiente tabla:

Contaminante	VLA-ED (2009) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de óxido de cadmio (Como Cd) – Fracción inhalable	0,01	E	(1)
Humos de óxido de cadmio (Como Cd) – Fracción respirable	0,002	E	(2)
Cloruro de Hidrógeno	7,6	C	
Fluoruro de Hidrógeno	1,8	C	
Humos de óxido de cinc	5	C	
Humos de soldadura	5	C	

Grupo de peligro

Observaciones

(1) Los compuestos de Cadmio están clasificados como cancerígenos de clase C2 en la lista de Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España.

La ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), ha clasificado los compuestos de cadmio en la categoría A2: Carcinógenos con sospecha de serlo en el humano.

La DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), califica los compuestos de Cadmio en la Categoría 1: Sustancias que causan cáncer en el humano.

(2) Los humos formados en los procesos de soldadura, están constituidos por partículas de tamaño muy pequeño, del orden de décimas de micrómetro. Por tanto debe considerarse que los humos son “fracción respirable”.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Deben diferenciarse las medidas de control que son aplicables a las soldaduras en las que no se utilizan aleaciones con cadmio, de aquellas en las que se utilizan varillas de aporte de aleaciones de cadmio-plata.

Tipo de control primario para soldaduras en las que se utilicen aleaciones de plata-cadmio		
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad
		Bajo
E	Pequeño	IV
	Mediano	IV
	Grande	IV

Tipo de control primario para soldaduras en las que no utilicen aleaciones de plata-cadmio		
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad
		Bajo
C	Pequeño	I
	Mediano	II
	Grande	ii

Las condiciones señaladas se consideran que son las que con mayor frecuencia se pueden presentar en este tipo de soldadura.

Tipo de control primario

05 Medidas de control

5.1 Especificaciones generales

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de control primario	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Alejamiento del Puesto de Trabajo respecto al Foco de emisión – Presencia de Ventilación General Mecánica
II	<ul style="list-style-type: none"> – Aspiración localizada mediante capotas situadas sobre el foco emisor – Aspiración localizada mediante campanas situadas en la cara frontal de forma que el foco emisor quede situado entre el operario y la campana de aspiración – Aspiración localizada por descenso a través del plano de la mesa de trabajo – Aspiración localizada integrada a la herramienta de trabajo
IV	<ul style="list-style-type: none"> – El foco emisor esta situado en un recinto cerrado y en depresión con respecto a la posición que ocupa el operario, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de guantes • Cabinas de “medio traje” • Cabinas robotizadas o con elementos que permiten la manipulación de los productos por control remoto – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes – Todos los conductos de aspiración situados antes del filtro, deben estar en depresión respecto al ambiente del puesto de trabajo,

Tipo de ventilación

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de control primario	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Mascarillas autofiltrantes de carbón activo contra productos químicos orgánicos volátiles
II	<ul style="list-style-type: none"> – Mascarillas autofiltrantes contra polvo – Máscaras enteras y mascarillas con filtros específicos para los productos químicos utilizados
IV	<p>En orden inverso de prioridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Máscaras enteras con filtros específicos provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire para crear “presión positiva” en la zona de respiración – Máscaras enteras con aporte de aire a “presión positiva” – Protección de traje entero, hermético, con aporte de aire

Tipo de protección respiratoria

5.2 Medidas específicas

Para la mayoría de los procesos de soldadura manual con soplete de oxígeno-aire, son suficientes las medidas de control de Tipo II, las cuales se describen a continuación.

No obstante, la peligrosidad del **cadmio**, que puede estar presente en algunas aleaciones, aconsejaría que en estos casos las medidas de control fuesen de TIPO IV, aunque son de muy difícil aplicación en los procesos de soldadura manual. En estos casos deben extremarse las medidas de **Protección Respiratoria**.

VENTILACION en procesos de soldadura realizados en Taller o en el interior de Naves industriales

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas fabricadas. En todos los casos, además de la **ventilación localizada**, es necesario instalar **sistemas de ventilación general**, con el fin de eliminar los humos que se escapen.

Piezas pequeñas:

- **Mesas de soldadura con aspiración frontal.** Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- **Cabinas de aspiración** en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.

Soldaduras realizadas en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse **conductos flexibles para la impulsión de aire**. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

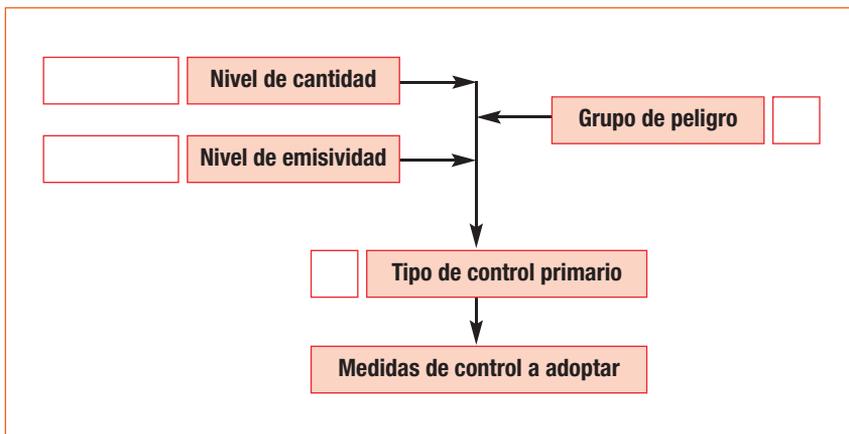
Protección respiratoria

La peligrosidad de los humos de cadmio aconseja la utilización de **Pantallas faciales enteras provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire** para crear “presión positiva” en la zona de respiración.

El aire impulsado debe filtrarse mediante filtros mixtos que sean eficaces para la retención de partículas finas, y que dispongan de filtros de carbón activo para adsorción de vapores orgánicos. Normalmente estos sistemas disponen de unos filtros que se sitúan en la espalda del soldador, de forma que están menos expuestos a los humos y gases generados, y de un ventilador alimentado por baterías recargables que impulsa el aire filtrado a la pantalla facial a través de un conducto flexible, generando una presión positiva en su interior que impide la entrada de los humos.

06 Medidas de control a adoptar en el puesto de trabajo

Sitúe en el gráfico los valores obtenidos y describa a continuación las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas que deben ser adoptadas en el puesto de trabajo.



OXICORTE DE ACERO DULCE O DE BAJA ALEACIÓN CON SOPLETE DE GAS-OXÍGENO

■ DESCRIPCIÓN

El **Oxicorte** es un procedimiento de corte de piezas de hierro mediante soplete que consiste en calentar la zona de la pieza que se ha de cortar hasta temperaturas de “rojo vivo”, y a continuación proyectar un chorro de oxígeno que oxida el hierro en una reacción exotérmica que funde el metal.

El sistema de Oxicorte se utiliza en la construcción mecánica, calderería y construcción naval para configurar las piezas que luego han de ser ensambladas, y también en los procesos de desmantelamiento o reparación de estructuras metálicas antiguas.

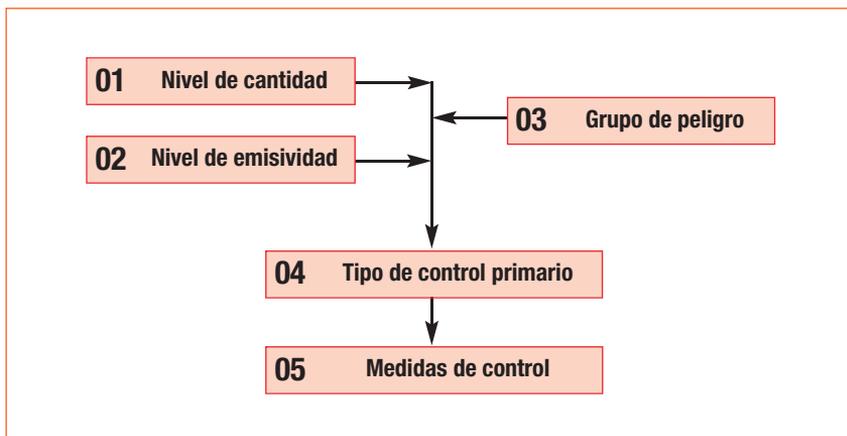
Normalmente se utilizan sopletes de oxígeno-acetileno, aunque también es frecuente el uso de otros gases combustibles como gas natural, butano o propano.

Los contaminantes que se generan en el Oxicorte pueden ser debidos:

- **Al metal que se corta.** Cuando se trabaja con acero dulce de baja aleación, los contaminantes principales son los humos de óxido de hierro y de óxido de manganeso
- **A los revestimientos.** Debe tenerse especial consideración con las pinturas antioxidantes de las estructuras metálicas antiguas, que frecuentemente contienen minio de plomo
- **A los gases de combustión.** Las elevadas temperaturas de la llama oxidante, que pueden superar los 3.000 °C, provocan la combinación del nitrógeno del aire con el oxígeno, formando óxidos de nitrógeno.

■ EVALUACIÓN CUALITATIVA

Puesto de trabajo



01 Nivel de cantidad

El nivel de cantidad de los contaminantes generados en el proceso de oxicorte puede relacionarse con el consumo de oxígeno.

Escoja, según el consumo diario, el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente al puesto de trabajo.

Nivel de cantidad	Consumo de Oxígeno		
	Botellones/semana	m ³ por semana	Kg/semana
Pequeño	Menos de ½	Menos de 20	Menos de 30
Mediano	Entre ½ y 2	Entre 20 y 80	Entre 30 y 120
Grande	Más de 2	Más de 80	Más de 120

Nivel de cantidad

02 Nivel de emisividad

El nivel de emisividad de los contaminantes generados en el oxicorte debe ser considerado entre MEDIO Y ALTO dependiendo fundamentalmente de la cantidad de revestimientos, pinturas o capas de óxido que existan sobre la pieza que se corta.

Nivel de emisividad	Presencia de capas de revestimiento o pinturas
Bajo	En ningún caso
Medio	Pocas o ninguna
Alto	Abundante

Nivel de emisividad

03 Grupo de peligro

Los contaminantes que están presentes en los humos de oxicorte que se consideran más relevantes respecto a los riesgos higiénicos, se indican en la siguiente tabla:

Contaminante	VLA-ED (2009) mg/m ³	Grupo de peligro	Observaciones
Humos de soldadura considerados de forma global	5	C	(1)
Humos de óxidos de hierro (como Fe)	5	C	(2)
Humos de óxido de manganeso (como Mn)	0,2	D	(3)
Humos de óxido de plomo (como Pb)	0,15	D	(4)
Óxidos de nitrógeno	5,7 (3 ppm)	D	(5)

Grupo de peligro

Observaciones

(1) Tradicionalmente los humos de soldadura se han evaluado de forma global, sin diferenciar las sustancias que los componen, estableciéndose un Límite de Exposición Profesional (LEP) para la cantidad total de humos de 5 mg/m³. Cuando se estableció este valor, los LEP's de los óxidos de hierro y de manganeso, que son los componentes mayoritarios de los humos de Oxicorte, también eran de 5 mg/m³.

No obstante en la actualidad, el LEP de los compuestos de manganeso se ha reducido considerablemente (0,2 mg/m³), lo cual puede producir una infravaloración de los riesgos higiénicos si sólo se utiliza el LEP de los humos (totales) de soldadura.

(2) El valor LEP de los humos de óxido de hierro (5 mg/m³) se expresa como "Fe". Si se expresase como Fe₂O₃, el valor LEP sería de 7,15 mg/m³. Teniendo en cuenta que el óxido de hierro es el componente mayoritario de los humos de Oxicorte, el valor LEP de 5 mg/m³ para los humos totales, compensa la presencia de otras sustancias que tuviesen asignados valores LEP algo más bajos, pero no compensa la presencia de compuestos de manganeso o de plomo.

(3) El manganeso forma parte del acero base. El contenido de manganeso en los aceros destinados a la construcción de estructuras metálicas, normalmente es inferior al 1%, aunque en algunos casos puede alcanzar el 2%. Algunos aceros especiales de elevada dureza, ductilidad y resistencia al desgaste (aceros Hatfield), utilizados en excavadoras, trituradoras, molinos de martillos, etc., tienen contenidos de manganeso entre el 12 y el 14%.

Las temperaturas de fusión (1.260 °C) y de ebullición (1.900 °C) del manganeso son inferiores a las del hierro (1.535 °C y 3.000 °C), lo que determina que a las temperaturas del Oxicorte, la volatilidad del manganeso sea superior a la del hierro y que en los humos formados, el contenido de manganeso sea bastante superior al que existe en el metal base.

El LEP de los humos con un 5% de manganeso, considerando que el LEP del manganeso es de 0,2 mg/m³, y que para el 95% restante de los humos se mantuviese el LEP de 5 mg/m³, es de 2,27 mg/m³, lo cual aun mantiene a la mayoría de los humos dentro del Grupo de Peligro C.

No obstante, para una concentración de manganeso en los humos que fuese superior al 6,25%, el valor LEP de los mismos sería inferior a 2 mg/m³, lo cual los situaría en el Grupo de Peligro D.

(4) El Plomo puede estar presente en los humos de oxicorte cuando se trabaja sobre estructuras de hierro antiguas, pintadas con minio de plomo.

(5) Cuando el aire se calienta a temperaturas elevadas se forman óxidos de nitrógeno, principalmente dióxido de nitrógeno (NO₂) que tiene asignado un valor LEP de 3 ppm, y óxido nítrico (NO) cuyo LEP es de 25 ppm.

04 Tipo de control primario

De acuerdo con el NIVEL DE CANTIDAD correspondiente y el GRUPO DE PELIGRO, determinar el TIPO DE CONTROL PRIMARIO.

Tipo de control primario para Oxicorte			
Grupo de peligro	Nivel de cantidad	Nivel de emisividad	
		Medio	Alto
C	Pequeño	I	II
	Mediano	III	III
	Grande	IV	IV
D	Pequeño	II	III
	Mediano	IV	IV
	Grande	IV	IV

Las condiciones señaladas se consideran que son las que con mayor frecuencia se pueden presentar en este tipo de operaciones.

Tipo de control primario

05 Medidas de control**5.1 Especificaciones generales**

Determine las MEDIDAS DE CONTROL adecuadas al puesto de trabajo de acuerdo al TIPO DE CONTROL PRIMARIO establecido en la FASE 4.

Ventilación

Tipo de Medida de Control Preventivo	Características de la ventilación en función del tipo de control primario requerido
I	<ul style="list-style-type: none"> – Alejamiento del Puesto de Trabajo respecto al Foco de emisión – Presencia de Ventilación General Mecánica
II	<ul style="list-style-type: none"> – Aspiración localizada mediante capotas situadas sobre el foco emisor – Aspiración localizada mediante campanas situadas en la cara frontal de forma que el foco emisor quede situado entre el operario y la campana de aspiración – Aspiración localizada por descenso a través del plano de la mesa de trabajo – Aspiración localizada integrada a la herramienta de trabajo
III	<ul style="list-style-type: none"> – Cabinas ventiladas de pequeñas dimensiones. El foco emisor queda situado dentro de la cabina. En este grupo se incluyen las cabinas o vitrinas de laboratorio – Cabinas grandes de flujo horizontal. El operario y el foco emisor quedan situados dentro de la cabina. La corriente de aire inducida por la aspiración siempre fluye en el sentido operario – foco emisor – Cabinas grandes de flujo vertical. El foco emisor siempre queda situado en un plano por debajo de la cabeza del operario – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes
IV	<ul style="list-style-type: none"> – El foco emisor esta situado en un recinto cerrado y en depresión con respecto a la posición que ocupa el operario, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de guantes • Cabinas de “medio traje” • Cabinas robotizadas o con elementos que permiten la manipulación de los productos por control remoto – El aire aspirado por los equipos de ventilación no debe reciclarse nunca al interior de los locales de trabajo, aunque se utilicen filtros de alta eficacia para la retención de los contaminantes – Todos los conductos de aspiración situados antes del filtro, deben estar en depresión respecto al ambiente del puesto de trabajo,

Tipo de ventilación

Protección respiratoria

En principio la protección respiratoria debe considerarse como un elemento de control complementario, que nunca debe ser usado de forma exclusiva y permanente para reducir los peligros higiénicos. No obstante, en operaciones específicas y de duración limitada, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento y de limpieza, debe ser empleada para aumentar las medidas de protección existentes.

Tipo de Medida de Control Preventivo	Características del tipo de protección respiratoria en función del tipo de control primario requerido
I	– Barrido en húmedo – Limpieza por aspiración
II	– La instalación debe permanecer limpia. Cualquier derrame de producto es recogido de forma inmediata por aspiración. Las instalaciones, –suelos y superficies horizontales–, se limpian siempre al final de cada turno de trabajo
III	– La instalación debe permanecer limpia. Cualquier derrame de producto es recogido de forma inmediata utilizando aspiradores con doble filtro. Las instalaciones –suelos, superficies horizontales y cualquier lugar donde pueda haberse acumulado producto–, se limpian siempre después de cada operación y al final de cada turno de trabajo
IV	– Cualquier derrame de producto se limpia de forma inmediata. Las instalaciones –suelos y todas las superficies que puedan haber estado en contacto con el producto–, se limpian siempre después de cada operación y al final de cada turno de trabajo, por aspiración seguida de baldeo con bayetas humedecidas con agua o con un solvente de los productos químicos utilizados

Tipo de protección respiratoria

5.2 Medidas específicas

VENTILACION en procesos de oxicorte realizados en Taller o en el interior de Naves industriales

Para cada situación se describen los sistemas que se consideran más eficaces. También pueden combinarse varios sistemas (por ejemplo: impulsión de aire – campanas adheridas), con el fin de adaptarse a las características y formas de las piezas fabricadas. En todos los casos, además de la ventilación localizada, es necesario instalar sistemas de ventilación general, con el fin de eliminar los humos que se escapan.

Piezas pequeñas:

- **Mesas de soldadura con aspiración frontal.** Las rendijas de aspiración deben situarse en un plano perpendicular al de la mesa, en el lado opuesto a la de la posición del soldador, de forma que se origine un flujo de aire horizontal que aleje los humos del soldador.

Piezas medianas:

- **Cabinas de aspiración** en las que la pieza y el soldador puedan situarse en su interior. El aire se ha de aspirar por la cara opuesta a la boca de la cabina, de forma que se origine un flujo de aire horizontal.

Es conveniente disponer de medios mecánicos, como polipastos o plataformas giratorias, que permitan modificar con facilidad la posición de la pieza para que siempre la corriente de aire aleje los humos de la posición del soldador.

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, de forma que la posición de la campana pueda modificarse con facilidad para situarla junto al punto donde se realiza la soldadura. Este tipo de campanas tienen caudales intermedios entre 500 y 700 m³/h y para que sean eficaces se han de situar muy próximas al punto de soldadura, a unos 20 o 25 cm como máximo.

Piezas muy grandes:

Cuando se suelda sobre piezas muy grandes que no pueden moverse, solo pueden usarse sistemas de aspiración portátiles como los descritos anteriormente:

- **Campanas de aspiración conectadas a conductos articulados**, instaladas sobre unidades de aspiración portátiles, que consisten en un ventilador y un filtro de humos.

En estos casos es conveniente complementar la aspiración mediante **sistemas de impulsión de aire**, situándolos de forma que originen en el puesto de trabajo corrientes de aire de entre 0,5 a 1,5 m/s, que alejen los humos generados.

Estos equipos de impulsión de aire deben ser muy ligeros para que puedan cambiarse fácilmente de lugar según la posición ocupada por el operario, y a su vez deben ser suficientemente robustos y estar debidamente protegidos para no dar lugar a riesgos mecánicos. Si se utilizan estos sistemas en el interior de naves industriales, es imprescindible que el sistema de ventilación general de las mismas sea suficiente para eliminar la contaminación dispersada por las impulsiones individualizadas.

Procesos de oxicorte realizados en espacios confinados y lugares de reducidas dimensiones

En los espacios confinados y en los lugares que, por sus reducidas dimensiones, se reduzca la eficacia de los sistemas de impulsión de aire descritos anteriormente, deben utilizarse **conductos flexibles para la impulsión de aire**. Estos conductos deben conectarse a ventiladores situados en el exterior, en zonas donde puedan captar aire limpio y fresco.

La impulsión debe hacer llegar el aire hasta el fondo del recinto donde se esté soldando, de forma que, en su recorrido de regreso hasta la entrada del recinto, pueda arrastrar los humos de soldadura, alejándolos de zona donde se sitúe el soldador. Para la ventilación general del recinto es preferible utilizar conductos de impulsión de aire, frente a conductos de extracción, ya que pueden ser mucho más ligeros, manteniéndose hinchados por la propia presión del ventilador. Los conductos de extracción, aunque sean flexibles han de mantener las paredes rígidas, con lo que es más difícil orientarlos de forma precisa para que las corrientes de aire dentro del recinto produzcan el efecto deseado de alejar los humos de la posición del soldador.

En los espacios confinados en que se realicen operaciones de oxicorte, puede acumularse dióxido de nitrógeno formado por la llama oxiacetilénica, por lo que debe instalarse siempre una adecuada ventilación aun cuando la cantidad de cortes de piezas de hierro sea reducida.

Protección respiratoria

Siempre que se trabaje con aceros que puedan tener contenidos de manganeso ligeramente superiores a los aceros dulces normales y en todos los casos en que las piezas cortadas tengan revestimientos y pinturas, debe utilizarse **Protección Respiratoria con filtros mecánicos contra partículas finas**, aunque preferentemente se aconseja la utilización de **Mascarillas provistas de sistemas mecánicos de impulsión de aire** para crear "presión positiva" en la zona de respiración.

Normalmente estos sistemas disponen de unos filtros que se sitúan en la espalda del soldador, de forma que están menos expuestos a los humos y gases generados, y de un ventilador alimentado por baterías recargables que impulsa el aire filtrado a la mascarilla a través de un conducto flexible, generando una presión positiva en su interior que impide la entrada de los humos.

- Alteraciones neurológicas periféricas (parálisis radial)
- Alteraciones renales (insuficiencia renal crónica)
- Alteraciones metabólicas (cuadros de gota)
- Alteraciones de la fertilidad

Pruebas complementarias

- Hemograma completo
- Funcionalidad hepática y renal
- Determinación de la uricemia
- Determinación del plomo en sangre (VLB en España, 2009 del plomo en sangre es de 70 µg/dl)

Exposición a humos de hierro

Aunque los humos de óxido de hierro pueden ocasionar una neumoconiosis ésta no es fibrogénica. Pero la siderosis está dentro del cuadro de enfermedades profesionales por lo que sería recomendable hacer control de la funcionalidad respiratoria (Espirometría) y Radiología de Tórax (como mínimo una vez cada tres años).

Exposición a humos de óxidos de nitrógeno

Anamnesis y exploración física dirigida a detectar:

- Alteraciones respiratorias (acción irritante): tos, disnea, dolor torácico

Pruebas complementarias

- Estudio de la funcionalidad respiratoria (espirometría dinámica)



■ INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de soldadura de metales se pueden producir riesgos higiénicos químicos debidos a productos que se utilizan para asegurar la calidad del producto antes, durante y después del proceso de soldadura, además de los debidos al propio proceso de soldadura y que se tratan en otras fichas. Los riesgos también pueden proceder del material base que se suelda.

En esta serie de fichas se explican estos riesgos, su evaluación cualitativa y las medidas de control que se deben tomar para tenerlos bajo control.

01 Contaminantes procedentes de la composición del metal base

1.1 Descripción

El proceso de soldadura produce la fusión y volatilización de los metales que integran el metal base, dando lugar a la formación de sus óxidos respectivos, que son emitidos en forma de humos metálicos.

Metal base	Contaminante obtenido
Acero al carbono	Óxidos de hierro, mezcla de ferrosos y férricos, y manganeso
Aceros inoxidables	Óxidos de hierro, mezcla de ferrosos y férricos, y manganeso, óxidos de níquel y cromo en cantidades apreciables; óxidos de molibdeno, óxidos de vanadio y otros en pequeñas cantidades, según el tipo de inoxidable
Aluminio	Aluminio

1.2 Evaluación cualitativa

La cantidad y peligrosidad de las emisiones debidas al metal base están relacionadas con el tipo de metal, el tipo de soldadura y la cantidad de metal soldado.

Por tanto, la cantidad de humos y partículas generadas durante el proceso de soldadura debidas al material base está relacionada con la cantidad de electrodo o material que se utiliza en la soldadura. Así, la evaluación y las medidas de protección definidas en las fichas de cada proceso de soldadura sirven para proteger de los humos y partículas emitidos por el material base.

1.3 Medidas de control

Las determinadas en la ficha pertinente de evaluación cualitativa de riesgos higiénicos por tipo de soldadura. En dichas fichas ya se ha tenido en cuenta el aporte del material base.

02 Contaminantes procedentes del recubrimiento del metal base

2.1 Descripción

El recubrimiento del metal base también influye en el tipo de humos, partículas y productos volátiles que se generan durante el proceso de soldadura. Entendemos por recubrimiento cualquier aplicación sobre el metal base destinada a proteger el propio metal o a darle un acabado estético determinado.

Distinguiremos entre los siguientes tipos de recubrimientos:

- 2.1.1. Recubrimiento metálico
- 2.1.2. Recubrimiento fosfatado
- 2.1.3. Pintura
- 2.1.4. Recubrimiento plástico

2.1.1 Si el metal base presenta recubrimiento metálico:

Recubrimiento del metal base	Contaminante obtenido
Galvanizado (o hot-metal spraying)	Óxido de cinc (fiebre del metal)
Cromado	Óxido de cromo
Niquelado	Óxido de níquel
Cobreado	Óxido de cobre
Cadmiado (ahora prohibido)	Óxido de cadmio

2.1.1.1 Evaluación cualitativa

La cantidad y peligrosidad de las emisiones debidas al recubrimiento metálico base están relacionadas con el tipo de metal, el tipo de soldadura y la cantidad de metal soldado.

Por tanto, la cantidad de humos y partículas generadas durante el proceso de soldadura debidas al recubrimiento metálico está relacionada con la cantidad de electrodo o material que se utiliza en la soldadura. Así, la evaluación y las medidas de protección definidas en las fichas de cada tipo de soldadura sirven para proteger de los humos y partículas emitidos por el material base.

Para escoger la ficha adecuada se obtendrá primero la ficha que corresponde según el tipo de soldadura por un lado y la que corresponde según el contaminante que genera el recubrimiento metálico. Entre ellas se escogerá la más restrictiva.

2.1.1.2 Medidas de control

Al hablar de recubrimientos cabe distinguir entre los recubrimientos de metal nuevo y los recubrimientos de metal viejo o antiguo. Los recubrimientos sobre metal viejo o antiguo pueden ser de materiales prohibidos en la actualidad y el soldador quizás no sabrá identificar.

En el caso de que el soldador no pueda identificar el tipo de recubrimiento aplicaremos siempre las medidas de control de ventilación y protección respiratoria tipo IV definidas en las fichas de evaluación cualitativa.

En caso de que el tipo de recubrimiento esté identificado, actuaremos según indicación de la ficha de prevención que hemos escogido siguiendo las indicaciones del apartado de Evaluación cualitativa.

En cualquier caso, es interesante sacar primero el recubrimiento antes de soldar, lo que nos permitirá evitar la sobreprotección del soldador y nos conducirá a un ambiente de trabajo más limpio.

2.1.2 Si el metal base presenta recubrimiento fosfatado:

Durante el proceso de soldadura se puede producir fosfamina (también llamada fosfina), producto tóxico y que puede inflamarse espontáneamente en el aire.

Este tipo de recubrimiento se utiliza en algunas imprimaciones protectoras para aceros en los talleres (*shop primers*).

2.1.2.1 Evaluación cualitativa

La generación de fosfina es mínima, por lo que el riesgo debido a este producto está controlado si se controla el propio proceso de soldadura.

2.1.2.2 Medidas de control

Las definidas en la ficha de control de los procesos de soldadura.

En cualquier caso, es interesante sacar el recubrimiento antes de soldar, si es posible, lo que nos permitirá evitar la sobreprotección del soldador y nos conducirá a un ambiente de trabajo más limpio.

2.1.3 Si el metal base está pintado o barnizado:

La pintura que se aplica a un metal es muy variada y depende de la función que se quiera obtener.

Se distinguen dos tipos de capas de pintura sobre el metal:

- *Primer* (imprimación): es una primera capa a la que se le requiere una acción protectora del metal.
- *Top coat* (recubrimiento externo): es una segunda capa que se aplica sobre la imprimación.

El *primer*, en función del efecto protector deseado se distingue en:

- Prevención de la corrosión en taller (*shop primer*). Capa fina de 15-30 micras
- Pintura del metal (capa de 200 micras o más)

Tanto el *primer* como el *top coat* pueden contener:

- Pigmentos
- Un ligante (o *binder*, que es un material polimérico), y
- Un disolvente. El disolvente se evapora después de la aplicación y no presenta ningún problema en la operación de soldadura.

Pigmento:

Los pigmentos suelen ser compuestos metálicos, a veces en estado oxidado, o combinado con otro tipo de átomo.

Ejemplos:

Cinc, aluminio, magnesio, titanio;

Óxidos de hierro y antimonio;

Cromato de bario;

Compuestos organometálicos de estaño, mercurio y cobre (para pinturas *anti-fouling* – desincrustantes, en barcos).

En la actualidad está prohibido el uso de pigmentos en base plomo (minio; cromato de plomo) y cadmio (sulfuro de cadmio), pero estos metales se pueden encontrar en metales antiguos.

Secado del *primer*:

El primer se puede secar de tres maneras:

1. Por evaporación del solvente; lo que no da ningún problema durante la operación de soldadura
2. Por reacción química con el aire
3. Por adición de un agente *cross-linking* que haga un curado químico. Estos productos son sistemas de epoxi-poliámidas de dos componentes. Hay uno de especial que contiene un sistema fenólico polivinil-butiral que se llama *wash primer*. Estos *cross-linking*, durante el proceso de soldadura emiten VOC's (COV en castellano; Compuestos Orgánicos Volátiles): acetona, acetato de etilo, isopropiltolueno, alcohol isobutílico, etilbenceno, xileno, etc.

Ligante (*binder*):

A la temperatura de soldado (1.000-3.000 °C) se destruye completamente y da moléculas más pequeñas, entre ellas: agua, anhídrido carbónico (CO₂), ácido cianhídrico.

A una distancia corta del punto de soldadura, la temperatura es de centenares de grados centígrados (no de miles). A esta temperatura el *binder* forma resinas de bajo peso molecular (fracciones) que condensan y forman gotitas en la atmósfera.

Un poco más lejos del punto de soldadura, la temperatura no pasará de los 80 °C. A esta temperatura empieza la degradación del ligante en monóxido de carbono (CO), ésteres, cetonas y aldehídos (Ej. Formaldehído).

Si el ligante contiene polivinil butiral se forma acroleína, muy irritante.

Otros aditivos de la pintura:

Según qué aditivos contenga la pintura, se obtendrán otros contaminantes:

Pintura contiene	Contaminante obtenido
Cloruro de polivinilo (PVC) (Contiene cloro)	Ácido clorhídrico, cloro, benceno, fosgeno
Acetato de polivinilo (Contiene cloro)	Ácido clorhídrico, cloro, benceno, fosgeno
Poliuretano (Contiene nitrógeno)	Dióxido de nitrógeno, amoníaco, ácido cianhídrico, isocianatos

2.1.3.1 Evaluación cualitativa

Lo que nos va a determinar la peligrosidad del proceso es el pigmento metálico de la pintura, por lo que el tipo de evaluación que haremos será del mismo tipo que la del recubrimiento metálico: para escoger la ficha adecuada se obtendrá primero la ficha que corresponde según el tipo de soldadura por un lado y por otro lado la que corresponde según el pigmento de la pintura. Entre ellas se escogerá la más restrictiva.

2.1.3.2 Medidas de control

Al hablar de pinturas cabe distinguir entre las pinturas sobre metal nuevo y las pinturas sobre metal viejo o antiguo. Las pinturas sobre metal viejo o antiguo pueden ser de materiales prohibidos en la actualidad y el soldador quizás no sabrá identificar.

En este último caso aplicaremos siempre las medidas de control de ventilación y protección respiratoria tipo IV definidas en las fichas de operaciones por tipo de soldadura.

En el primer caso actuaremos según indicación de la ficha de prevención que hemos escogido siguiendo las indicaciones del apartado de Evaluación cualitativa.

En cualquier caso, es interesante sacar primero la pintura antes de soldar, lo que nos permitirá evitar la sobreprotección del soldador y nos conducirá a un ambiente de trabajo más limpio.

2.1.4 Si el metal base presenta recubrimiento plástico:

De manera intencionada nadie soldará encima de un recubrimiento plástico, pero se puede incendiar accidentalmente en reparaciones. Se debe tener cuidado en todas las partes del material a soldar, incluso el reverso de la pieza para asegurar que no hay presencia de espumas aislantes (*wiring coatings*).

Los contaminantes que se obtendrían serían productos muy diversos de la degradación de los plásticos.

2.1.4.1 Evaluación cualitativa

No se puede realizar.

2.1.4.2 Medidas de control

Debido a lo anterior, se debe sacar siempre el recubrimiento plástico del metal antes de soldarlo, y si no es posible, se deben aplicar las medidas de control de ventilación y protección respiratoria tipo IV definidas en las fichas de operaciones básicas de soldadura.

03 Contaminantes debidos al proceso o lugar en el que se realiza la soldadura

Descripción

En operaciones de mantenimiento industrial se pueden encontrar metales a soldar sucios del proceso industrial. La suciedad sobre el metal puede ser muy diversa: Plomo, Cinc, grasa, polvo, etc.

Evaluación cualitativa

No se puede realizar.

Medidas de control

Debido a lo anterior es imprescindible la limpieza del metal, y si no es posible, se deben aplicar las medidas de control de ventilación y protección respiratoria tipo IV definidas en las fichas de operaciones básicas de soldadura.

04 Contaminantes debidos al proceso de decapado del metal

4.1 Descripción

Los términos “descascarillado”, “decapado” y “pasivado” se pueden confundir, pero son procesos diferentes y no todos ellos influyen negativamente en el proceso de soldadura.

Debido a ello, hablaremos primero de cada uno de estos procesos, y de la operación de “Limpieza” del metal, que está relacionada con ellos.

- 4.1.1 Descascarillado
- 4.1.2 Decapado
- 4.1.3 Pasivado
- 4.1.4 Limpieza

4.1.1 *Descascarillado*

Descascarillado es la eliminación de una gruesa capa de óxido visible de la superficie. Este óxido suele ser de color gris oscuro. Este proceso se hace rutinariamente en la planta siderúrgica antes de entregar el acero.

El descascarillado en acería es un proceso que suele constar de dos fases, una para desprender mecánicamente la “cascarilla de laminación”, la segunda para retirar la cascarilla suelta de la superficie metálica.

A continuación la superficie de metal expuesta es normalmente decapada para retirar la capa de metal situada inmediatamente debajo de la cascarilla, pero esta fase del proceso la consideraremos de manera independiente.

Aunque pudiera producirse algún ligero descascarillado en la zona de soldadura afectada por altas temperaturas o durante ciertos procesos de tratamiento térmico en elementos fabricados de acero inoxidable, generalmente no se necesitan operaciones adicionales de descascarillado.

4.1.2 *Decapado*

El decapado es la eliminación de una fina capa de metal de la superficie del acero inoxidable. Es el proceso utilizado para eliminar las manchas de termocoloración por soldadura de la superficie de elementos de acero inoxidable, en los que se ha reducido el contenido de cromo de la superficie del acero.

El decapado de áreas de acero inoxidable pequeñas, especialmente alrededor de las zonas de soldadura, puede realizarse mediante limpieza electroquímica o utilizando pastas o geles de una **mezcla de ácido nítrico y ácido fluorhídrico**.

Pero el decapado con mezcla de ácido nítrico y ácido fluorhídrico no está recomendado por las asociaciones de soldadores, ya que provoca microcorrosiones. Por motivos de calidad prefieren el pulido mecánico, pero, a pesar de ello el uso de mezcla de ácido nítrico y ácido fluorhídrico no está del todo eliminado.

Estos métodos de decapado pueden aplicarse in situ y no requieren conocimientos especializados para su ejecución efectiva y segura, pero, obviamente, es importante disponer de una experiencia y supervisión adecuadas para minimizar los riesgos a la salud, seguridad y medio ambiente al tiempo que se obtiene una superficie correctamente decapada. Puede producirse corrosión en las zonas tratadas si los tiempos de contacto con el ácido y los procedimientos de aclarado final no fuesen controlados adecuadamente conforme a las instrucciones del proveedor del gel.

Los tiempos de contacto para los diferentes tipos de aceros inoxidable pueden variar. Es importante tomar conciencia del tipo particular de acero que se está decapando y los riesgos de los productos empleados, de forma que se obtengan resultados seguros y satisfactorios. Es importante que todos los rastros de productos, residuos y desechos de decapado se eliminen completamente de la superficie de las piezas de acero, para conseguir una superficie completamente resistente a la corrosión y sin manchas de óxido. Los especialistas reconocidos en limpieza y recuperación de acero inoxidable suelen emplear agua destilada (desionizada) en el aclarado final para obtener los mejores resultados en materiales de construcción.

El tratamiento con ácido nítrico y ácido fluorhídrico también puede usarse en los tratamientos para evitar la termocoloración del acero en las soldaduras.

Otros productos que pueden emplearse en el decapado del acero inoxidable son álcalis o sales (bifluoruro amónico o sódico).

4.1.3 Pasivado

El pasivado se suele producir de modo espontáneo en las superficies de acero inoxidable, pero a veces puede ser necesario favorecer el proceso con tratamientos de ácido oxidante.

A diferencia con el decapado, durante el pasivado mediante ácido no se elimina metal alguno de la superficie. En cambio la calidad y el espesor de la capa pasiva crecen rápidamente en el proceso de pasivado mediante ácido. Pueden darse circunstancias en que los procesos de decapado y pasivado se produzcan sucesivamente (en lugar de simultáneamente), durante tratamientos que empleen ácido nítrico, si bien el ácido nítrico por sí mismo sólo podrá pasivar las superficies de acero inoxidable. No es un ácido efectivo para decapar aceros inoxidables.

4.1.4 Limpieza

No puede dependerse solamente de los tratamientos por ácido para la eliminación de aceites, grasas, o contaminantes inorgánicos que podrían también impedir la correcta formación de la capa pasiva. Puede ser necesaria la combinación de tratamientos de desengrasado, limpieza, decapado y pasivado para preparar adecuadamente las superficies de acero inoxidable mecanizadas o manufacturadas para las condiciones de trabajo previstas. Si las piezas de acero inoxidable estuviesen sensiblemente cubiertas de grasa o aceite, entonces deberá realizarse una operación de limpieza antes del tratamiento por ácido.

De todas estas operaciones de tratamiento del acero, la que introducirá nuevos riesgos durante el proceso de soldadura, es el uso de geles o pastas de mezcla de ácido nítrico y ácido fluorhídrico para el decapado.

El decapante se deberá eliminar antes del proceso de soldadura, con un buen lavado con agua de la zona en la que se ha aplicado, por lo que no es de prever riesgos adicionales al soldar, pero sí durante su aplicación debido a las características físico-químicas y toxicológicas del producto.

4.2. Las mezclas de ácido nítrico y ácido fluorhídrico utilizadas en el proceso de decapado

Una pasta decapante tipo puede contener alrededor de un 25% de ácido nítrico y un 7% de ácido fluorhídrico. Lo normal es que en el etiquetado se haya clasificado como tóxica (T) y corrosiva (C), y que tenga asignadas las frases R23/24/25 (tóxico por inhalación, por contacto con la piel y por ingestión) y R34 (Causa quemaduras graves):

Suelen tener una apariencia pastosa, de color rojo oscuro y olor acre. Son pastas muy ácidas, con un pH muy bajo (<1).

Estabilidad y reacciones:

Evitar que el producto se caliente. Por encima de 60°C puede descomponerse y liberar gases tóxicos (fluoruro de hidrógeno y óxidos nitrosos).

Reacciona con sustancias combustibles y con agentes reductores puede reaccionar de manera violenta. El contacto con sustancias alcalinas puede dar lugar a una fuerte explosión. Debe mantener siempre el máximo cuidado al manipular el producto y evitar su contaminación. No deje nunca el envase abierto.

Protección del operario al aplicar el producto:

Debe evitarse siempre el contacto con el producto, por tanto, utilice:

- Ropa de trabajo a prueba de ácidos que cubra el cuerpo,
- Guantes a prueba de ácidos (neopreno, butilo o PVC; no utilice caucho natural o látex, nitrilo o PVA)
- Protección de los ojos: gafas de seguridad o, mejor, pantalla facial
- Si va a trabajar en lugares mal ventilados por tiempo largos, utilice también protección respiratoria (máscara facial con filtros para gases tipo B, de color gris)

Medidas de higiene personal:

- No coma, beba o fume durante el trabajo
- Límpiense la piel a conciencia después del trabajo

Actuación en caso de contacto con el producto:

Estos productos son muy corrosivos, y por tanto su contacto produce quemaduras, y además son muy tóxicos. Si se trabaja con ellos se deberá tener a disposición de los trabajadores un antídoto de gluconato cálcico al 2,5%.

Si contacta con ellos actúe rápidamente de la manera que se indica a continuación:

– Contacto con la piel:

1. Lavado inmediato con agua durante 15-20 minutos
2. Aplicar el antídoto en la piel lesionada (gluconato cálcico al 2,5%)
3. Acudir a un servicio médico con la etiqueta del producto decapante

– Contacto con los ojos:

1. Lavado inmediato con agua durante 15-20 minutos
2. Acudir a un servicio médico de oftalmología con la etiqueta del producto decapante

05 Contaminantes debidos al proceso de protección del metal: grasas y aceites como contaminantes

5.1 Descripción

Se utilizan grasas y aceites como protectores de los aceros, como lubricantes en operaciones de estampado y como lubricantes y refrigerantes en mecanizado de piezas.

Es de prever que los metales de máquinas sometidas durante años a mantenimiento tendrán grasas y aceites debido a dicho mantenimiento.

Si estos aceites son de origen animal o vegetal, si no se eliminan correctamente antes del proceso de soldadura pueden formar contaminantes como la acroleína.

El proceso por el que se eliminan grasas y aceites se denomina desengrasado. Por el mismo proceso también se eliminan partículas de líquidos de corte depositadas sobre los materiales tras su proceso en máquinas herramientas, o bien las aplicadas para evitar la oxidación.

Los contaminantes a base de aceite o grasa deben ser eliminados mediante limpieza con solventes, debido a que no son eliminados mediante tratamiento ácido o con agua. Los trabajos grandes se limpian normalmente mediante paños saturados con solvente. Otros métodos aceptables incluyen inmersión, trapeado o pulverizado con soluciones alcalinas, emulsiones, solventes, detergentes o una combinación de éstos; por limpieza con vapor, con o sin un limpiador, o por agua a alta presión.

Si se eliminan con **disolventes clorados**, y éstos no se eliminan a su vez de manera adecuada, antes del soldado, se producirá **fosgeno** (además de cloruro de tricloroacetilo, cloro gas y ácido clorhídrico).

Un procedimiento típico para eliminar aceites o grasas del metal es el siguiente:

- Eliminar el exceso de contaminante por limpieza con un trapo limpio.
- Limpiar el área a soldar (por lo menos 50 mm a cada lado de la soldadura) con un solvente orgánico, tales como solventes alifáticos, clorados (ver precauciones más adelante) o mezclas de los dos. Usar únicamente solvente limpio y trapos sin uso previo.
- Eliminar los solventes secándolos con un trapo limpio. Si esta operación no se realiza, o se realiza de manera deficiente, se genera un nuevo riesgo provocado por el propio desengrasante, la generación de fosgeno, por ejemplo.
- Asegurarse de la completa limpieza. Un residuo en el trapo de secado puede indicar limpieza incompleta. La limpieza debe ser completa tanto del metal como de la **ropa del soldador**.

Los solventes utilizados en la limpieza previa de las soldaduras incluyen, pero no están limitados a:

- No clorados: tolueno, metil etil cetona, y acetona
- Solventes clorados: percloroetileno, tricloroetileno y 1,1,1-tricloroetano (o metilcloroformo). Se han escrito en orden según su capacidad (de más a menos) de generar fosgeno

La selección de los solventes para limpieza involucra algunas consideraciones, aparte de su habilidad para eliminar grasas o aceites. Dos precauciones son las que siguen:

- Evitar, siempre que sea posible, el uso de solventes clorados: Muchos solventes comerciales contienen clorados y son efectivos en la limpieza de partes maquinadas y componentes libres de fisuras. El problema potencial con solventes clorados es que pueden permanecer y concentrarse en fisuras, y más tarde iniciar procesos de corrosión por rendijas o por estrés: se conocen innecesarias y costosas fallas en el acero inoxidable de intercambiadores de calor después de limpiarlos con solventes clorados.
- La limpieza de áreas abiertas con solventes clorados no presenta problema, pero antes de arriesgar una mala aplicación, algunas organizaciones prohíben el uso de cualquier solvente clorado para cualquier tarea. Los solventes no clorados se prefieren para la limpieza del acero inoxidable, y se debe usar siempre en la limpieza de equipos y piezas con ranuras.

06 Nitrosaminas e hidrocarburos aromáticos policíclicos

6.1 Descripción

Las nitrosaminas son aminas que contienen un grupo funcional nitroso ($-N-N=O$). Estos compuestos se forman cuando un nitrógeno (N) y un oxígeno (O) de un compuesto nitrosante se unen al nitrógeno del grupo amino (N) de un compuesto amínico, por ejemplo en los baños de sal para la fabricación de caucho. Se forman también in vivo durante el metabolismo de los alimentos que contienen nitratos o nitritos.

Se han detectado nitrosaminas en el aire ambiental de fábricas de caucho y neumáticos, así como fábricas de curtidos. La N-dinitrosodietanolamina (cancerígeno animal) se ha hallado a concentraciones de 0,02 a 3% en diversos **aceites de corte sintéticos** no diluidos; esto se debe, sin duda, a que muchos aceites de corte sintéticos contienen hasta el 45% de trietanolamina y el 18% de nitrito de sodio. A pesar del pH alcalino, es posible la formación de derivados nitrosos cuando se emplean aceites de corte sintéticos.

Los **hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)** son compuestos orgánicos formados por tres o más anillos aromáticos condensados, en donde algunos átomos de carbono son comunes a dos o tres anillos. La mayoría de los HAP se fotooxidan originando endoperóxidos, que pueden convertirse a quinonas. Los HAPs se forman por pirólisis o combustión incompleta de materia orgánica que contiene carbono e hidrógeno. A elevadas temperaturas, la pirólisis de compuestos orgánicos produce fragmentos de moléculas y radicales que se combinan para formar HAPs. Los combustibles que forman HAPs son metano, otros hidrocarburos, hidratos de carbono, ligninas, péptidos, etc.

Los HAPs se liberan de la zona de combustión en forma de vapores. Debido a sus bajas presiones de vapor, la mayoría se condensan en el acto sobre partículas de hollín o forman ellos mismos partículas muy pequeñas. La principal fuente de HAP en

el aire de la atmósfera de trabajo es el alquitrán de hulla, que se forma por pirólisis de la hulla en fábricas de gas y coque, donde se producen emisiones de humos procedentes de la brea calentada. Los trabajadores que permanecen cerca de los hornos están altamente expuestos a los HAPs. Aparecen también en la fabricación de colorantes, síntesis química, operaciones de deshollinado y trabajadores del alquitrán. En los trabajos siderometalúrgicos y en las fundiciones se produce exposición a HAPs liberados por los productos del alquitrán al entrar en contacto con el metal fundido. Otras fuentes de HAPs en el trabajo son el negro de humo, la creosota, los humos y hollines procedentes de diversas combustiones y los gases de escape de los vehículos, así como aceites minerales utilizados con fluidos de corte.

Por esta razón, la presencia de nitrosaminas y/o HAPs en puestos de trabajo de soldadura pueden provenir de los aceites minerales y/o taladrinas que recubren las superficies de los materiales a soldar. Aceites de corte con contenidos originarios de carbonos aromáticos en cantidad mayor del 10%, junto con niveles de HAP, como benzo(a)pireno en cantidad superior a 0,03 mg/l pueden suponer riesgo por exposición a HAPs durante la manipulación de piezas impregnadas con estos aceites de corte.

De la misma manera, taladrinas con contenidos en nitritos mayores de 1 mg/l (como NO₂-) y N-nitrosodietanolamina (NDELA) mayores de 0,03 mg/l pueden propiciar la exposición a nitrosaminas en las piezas impregnadas con estas taladrinas.

Excluyendo esta fuente de aporte, y sin mayor información sobre las condiciones de trabajo, podemos considerar muy remota la posibilidad de encontrar niveles de exposición a HAPs y nitrosaminas en las prácticas habituales de trabajo con soldeo. La limpieza de las piezas a soldar y las medidas descritas en las fichas de procesos de soldadura evitan la exposición del soldador a estos compuestos.

07 Desengrasado con compuestos clorados: formación de fosgeno

7.1 Descripción

El fosgeno, o cloruro de carbonilo, es un gas incoloro, no inflamable a temperatura ambiente, huele a heno recién cortado, y es más pesado que el aire.

Se ha indicado que el fosgeno se libera durante la soldadura de metales que han sido limpiados con solventes clorados. La formación del fosgeno se da a 400 °C o del ataque de la radiación UV de la soldadura sobre los vapores de los disolventes clorados (esto último indica la necesidad de soldar "lejos" de las cubas y depósitos de desengrase).

El fosgeno tiene asignado los siguientes valores límite ambientales VLA (2009):

- VLA-ED = 0,02 ppm (0,08 mg/m³)
- VLA-EC = 0,1 ppm (0,4 mg/m³)

Tiene asignado un Valor Límite Indicativo de la Unión Europea.

Es un gas sofocante. La exposición a niveles bajos de fosgeno en el aire puede producir irritación de los ojos y la garganta, haciéndolo toser y jadear.

Exposiciones a niveles altos puede producir daño pulmonar: dilatación de los pulmones, dificultando así la respiración. Los síntomas pueden aparecer horas después de la exposición, incluso uno o dos días. A exposiciones más altas el daño pulmonar puede ser grave e irreversible.

En trabajadores expuestos a bajos niveles de este gas durante largo tiempo NO se ha observado un aumento de problemas pulmonares.

Antes de soldar es imprescindible dejar secar bien todas las chapas hasta que todo el disolventes se haya evaporado, para evitar así la exposición del soldador a este producto.



■ INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de soldadura se generan una serie de riesgos higiénicos, distintos de la generación de humos y vapores, que es necesario controlar mediante el uso de vestimenta adecuada o de Equipos de Protección Individual (EPI) concretos.

En estas fichas se describen estos riesgos y su control mediante EPI. También se explica el control de los humos y vapores de soldadura mediante EPI que se deben utilizar cuando el control mediante ventilación o extracción localizada descrito en las fichas precedentes no ha sido posible.

■ RUIDO

Algunos procesos de soldadura generan ruido; o el ruido puede estar ya en el ambiente, debido al lugar en el que se suelda.

Operaciones que provocan ruido:

- Picado de escorias
- Amoladora
- Cinceladora (preparación de juntas de soldadura)
- Otras máquinas
- TIG, soldadura por espárragos

En función del nivel de ruido presente será conveniente el uso de protectores auditivos (cascos o tapones).

En la ficha Equipos de protección individual 2 se define la protección del oído.

■ PARTÍCULAS ABRASIVAS

La soldadura genera partículas abrasivas que pueden contactar con el soldador, y a pesar de que es éste un riesgo de seguridad y no higiénico, lo nombramos aquí ya que su control define la correcta cobertura del cuerpo y las manos.

En la ficha Equipos de protección individual 3 se define la protección del cuerpo y las manos.

■ RADIACIONES

La soldadura genera radiación ultravioleta (UV), visible e infrarroja (IR). La radiación UV provoca efectos perniciosos sobre la piel y los ojos, por lo que exige una correcta protección del cuerpo (Ficha Equipos de protección individual 3) y de los ojos (Ficha Equipos de protección individual 4).

La generación de luz visible exige el uso de filtros para los ojos que complementen la protección de la luz UV (Ficha Equipos de protección individual 4).

La generación de luz IR exige que se utilice ropa y equipos libres de aceites y grasas.

■ HUMOS Y VAPORES

Para protegerse de los humos y vapores si no es posible conseguir una ventilación general adecuada o una extracción localizada efectiva, se utilizarán equipos de protección individual de las vías respiratorias.

En la ficha Equipos de protección individual 5 se definen diferentes tipos de protección respiratoria.



■ INTRODUCCIÓN

Para proteger el oído del ruido se utilizarán cascos o tapones.

La legislación española actual sobre el ruido (ver anexo legislativo) pretende proteger a los trabajadores del riesgo de hipoacusia o sordera profesional provocada por la exposición a ruidos continuos de nivel sonoro equivalente igual o superior a 80 dB (A).

Algunos procesos de soldadura generan ruido; o el ruido puede provenir del ambiente de trabajo, debido al lugar en el que se suelda.

Operaciones que provocan ruido:

- Picado de escorias
- Amoladora
- Cinceladora (preparación de juntas de soldadura)
- Otras máquinas
- TIG, soldadura por espárragos

No obstante no es fácil evaluar con precisión el nivel de ruido diario equivalente, y éste puede ser muy variable en función del tiempo, del día, y de las operaciones que se realicen, por lo que se recomienda el uso de protectores auditivos (tapones u orejeras) siempre que el operario soldador perciba un ruido que le dificulte la comunicación normal con sus compañeros.

■ MARCADO MÍNIMO DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS

A la hora de escoger un tapón u orejera se asegurará que lleva el marcado mínimo siguiente:

Marcas que aseguran que es un equipo de protección individual certificado:

- Marcado **CE** obligatorio
- Identificación del fabricante
- Norma europea EN 352-2

Marcas que aseguran una protección mínima:

- Valor de reducción del ruido (SNR) mínimo de 28 dB (A)
- Atenuación global en frecuencias altas (H) mínimo de 30 dB (A)
- Atenuación global en frecuencias medias (M) mínimo de 24 dB (A)
- Atenuación global en frecuencias bajas (L) mínimo de 17 dB (A)

Es importante el uso de protectores auditivos que sean resistentes a la llama, para mantener las brasas y chispas fuera de los oídos cuando se suelda, por ejemplo en espacios confinados.

■ ANEXO LEGISLATIVO

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

1. A los efectos de este real decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

- a. Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87$ dB(A) y $L_{pico} = 140$ dB (C), respectivamente;

- b. Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85$ dB(A) y $L_{pico} = 137$ dB (C), respectivamente;
- c. Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dB(A) y $L_{pico} = 135$ dB (C), respectivamente.
2. Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.
3. En circunstancias debidamente justificadas y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que:
- El nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A), y
 - Se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades.

Cuadro resumen de las recomendaciones establecidas por el RD 286/2006

Concepto	$L_{Aeq,d} \geq 87$ dB (A) atenuado	$L_{Aeq,d} \geq 85$ dB (A)	$L_{Aeq,d} \geq 80$ dB (A)
Evaluación inicial	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria
Programa de medidas técnicas y organizativas	Obligatorio	Obligatorio	Recomendado
Evaluación de la exposición	Cada año	Cada año	Cada tres años
Revisión médica de la función auditiva	Cada tres años	Cada tres años	Cada cinco años
Protecciones personales	Uso obligatorio	Uso obligatorio	Suministro obligado
Restricción de acceso	Sí	No	No
Comunicación	Trabajadores afectados, representantes de los trabajadores y a los órganos internos competentes en seguridad e higiene		
Registro y Archivo	Durante al menos 30 años		
Acceso a la información	Inspección de trabajo y seguridad social, INSHT, Órganos competentes de las CCAA, Órganos internos competentes en Seguridad e Higiene y Representantes de los trabajadores		



■ INTRODUCCIÓN

La soldadura genera radiación ultravioleta (UV), visible e infrarroja (IR). La radiación UV provoca efectos perniciosos sobre la piel y los ojos, por lo que exige una correcta protección del cuerpo y de los ojos. Además la generación de partículas abrasivas durante el proceso de soldadura exige también una correcta protección del cuerpo y de las manos.

En esta ficha explicamos cómo debe ser la ropa y los guantes del soldador para protegerlo de la radiación y de las partículas abrasivas. En otra ficha se explica la protección de los ojos.

■ EQUIPO DE PROTECCIÓN DEL SOLDADOR

El equipo completo de protección consta de:

- Ropa de trabajo
- Pantalla de protección de la cara y los ojos, también llamado yelmo del soldador (descrito en la ficha Equipos de protección individual 4)
- Guantes de cuero de manga larga con las costuras en su interior
- Mandil de cuero
- Polainas
- Calzado de seguridad tipo bota, preferiblemente aislante en trabajos sobre elementos metálicos
- Casco y/o cinturón de seguridad, cuando el trabajo así lo requiera. El cinturón se deberá proteger para evitar que las chipas lo puedan quemar.
- Tapones u orejeras, cuando el trabajo así lo requiera
- Para los trabajos de picado o cepillado de escoria se deben proteger los ojos con gafas de seguridad o una pantalla transparente

■ ROPA DE TRABAJO Y GUANTES

Sobre la ropa de trabajo:

- La ropa de trabajo será de pura lana, algodón ignífugo, piel o tejana gruesa
- Debe estar ajustada al cuello o disponer de collarín de protección
- Las mangas serán largas con los puños ceñidos a la muñeca para impedir quemaduras por partículas incandescentes
- Deben evitarse dobleces
- Es conveniente que no lleven bolsillos y en caso contrario deben poderse cerrar herméticamente
- Los pantalones no deben tener dobladillo, pues pueden retener las chipas producidas, pudiendo introducirse en el interior del calzado de seguridad.

Utilización y mantenimiento de la ropa de trabajo:

- El soldador debe tener cubiertas todas las partes del cuerpo antes de iniciar los trabajos de soldadura
- La ropa manchada de grasa, disolvente o cualquier otra sustancia inflamable debe ser desechada inmediatamente
- Asimismo la ropa húmeda o sudada se hace conductora por lo que debe también ser cambiada ya que en esas condiciones puede ser peligroso tocarla con la pinza de soldar
- Por añadidura no deben realizarse trabajos de soldadura lloviendo, o en lugares conductores, sin la protección eléctrica adecuada.

Sobre los guantes:

Los guantes deben proteger al soldador durante el proceso de soldadura y tareas relacionadas de o contra:

- Pequeñas gotas de metal fundido

- Exposición de corta duración a una llama limitada
- Calor convectivo
- Calor de contacto
- Radiación UV emitida por el arco
- Agresiones mecánicas.

Marcado mínimo de los guantes:

Deben disponer de certificado **CE**, por lo que dispondrán de folleto informativo: Ver siempre folleto para asegurar que se cumple la protección anterior.

Asegurar que el guante lleva impreso el pictograma que indica que protege del riesgo contra impacto (Ver anexo de pictogramas) y debajo un número de 4 dígitos. El valor mínimo de cada uno de los dígitos del número debe ser:

3122

(Los dígitos del número indican la protección frente a la abrasión, rasgado, corte por cuchilla y perforación.)

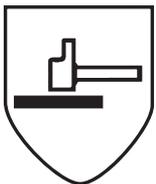
No se deben utilizar húmedos; deben estar exentos de grasa, aceites; sin desgarros o agujeros y que el desgaste no comprometa la protección.

En algunos tipos de soldadura (por ejemplo TIG) se deberán utilizar guantes de alta dexteridad.

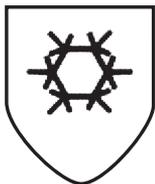
Para colocar el electrodo en la pinza o tenaza, se deben utilizar siempre los guantes. También se usarán los guantes para coger la pinza cuando esté en tensión.

■ ANEXO

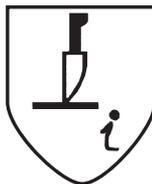
Pictogramas que indican el tipo de riesgo que cubre el guante:



Riesgos mecánicos



Riesgos por frío



Riesgos por impacto



Calor y fuego



Electricidad estática



Riesgos químicos



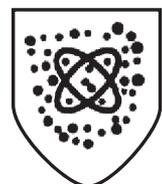
Radiaciones ionizantes



Riesgos bacteriológicos



Baja resistencia a productos químicos



Contaminación radiactiva



■ INTRODUCCIÓN

Para protegerse de la radiación ultravioleta (UV) que produce la soldadura, y que tiene riesgo de provocar hasta ceguera, es imprescindible protegerse la visión con filtros para dicha radiación.

Además se debe tener en cuenta que la radiación que genera la soldadura también contiene luz visible, de la que nos protegeremos con filtros adecuados, y radiación infrarroja (IR). Para este último tipo de radiación es importante utilizar siempre ropa limpia y libre de aceites, tal y como hemos indicado en la ficha correspondiente a la ropa de trabajo.

■ PANTALLA FACIAL DE PROTECCIÓN DE LOS OJOS Y LA CARA CONTRA LA RADIACIÓN EN SOLDADURA ELÉCTRICA

El soldador debe utilizar una pantalla facial certificada para este tipo de soldadura, utilizando un visor de cristal inactivo cuyas características varían en función de la intensidad de corriente empleada.

Pantalla, filtros y placas filtrantes deben reunir una serie de características función de la intensidad de soldeo, según disponen las normas EN 169 y EN 379.

Para elegir el filtro adecuado (nº de escala) en función del grado de protección se utiliza la tabla siguiente que relaciona los procedimientos de soldadura o técnicas relacionadas con la intensidad de corriente en amperios. Se puede observar que el número de escala exigido aumenta según se incrementa la intensidad.

En las pantallas se deberá indicar clara e indeleblemente la intensidad de la corriente en amperios para la cual está destinada.

Las pantallas o gafas deben ser reemplazadas cuando se rayen o deterioren.

Antes de soldar se debe comprobar que la pantalla o careta no tiene rendijas que dejen pasar la luz, y que el cristal contra radiaciones es adecuado a la intensidad o diámetro del electrodo.

Los ayudantes de los soldadores u operarios próximos deben usar gafas especiales con cristales filtrantes adecuados al tipo de soldadura a realizar.

Números de tonos de oscurecimiento según el estándar EN 379:2003

Procedimientos de soldadura	Corriente y Amperajes																				
	A																				
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600
MMAW (Electrodo)						8		9	10			11		12			13			14	
MAG							8	9	10			11			12				13	14	
TIG				8		9		10			11		12		13						
MIG								9	10			11		12		13	14				
Mig con aleaciones ligeras									10			11		12		13		14			
Air-arc gouging											10	11	12		13		14			15	
Plasma corte									9	10	11		12		13						
Plasma soldadura		4	5	6	7	8	9	10			11		12								
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600

En esta tabla se recomienda el tono de oscurecimiento más adecuado del filtro para soldar para varias aplicaciones. Según las condiciones de uso, puede utilizarse el número mayor o menor siguiente de la escala.

Significado de las abreviaciones o conceptos utilizados en la tabla precedente:

- **MIG:** Arco con protección de gas inerte, la transferencia de metal tiene lugar por pulverización axial
- **MAG:** Arco con protección de anhídrido carbónico puro o mezclado
- **TIG:** Arco con electrodo de tungsteno con protección de gas inerte
- **Ranurado por arco de aire:** Empleo de un electrodo de carbono y un chorro de aire comprimido para eliminar el metal en fusión

En la siguiente tabla se indican los valores y tolerancias de transmisión de los distintos tipos de filtros y placas filtrantes de protección ocular frente a la luz de intensidad elevada (ISO 4007, ISO 4854 e ISO 4850).

N.º de escala	Transmisión máx. en el espectro ultravioleta $\tau(\lambda)$		Transmisión en la banda visible del espectro τ_v		Valor medio máximo de la transmisión infrarroja	
	313 nm %	365 nm %	máx %	mín %	τ_{NIR}	τ_{NIR}
					IR próximo 1.300 a 780 nm %	IR medio 2.000 a 1.300 nm %
1,2	0,0003	50	100	74,4	37	37
1,4	0,0003	35	74,4	58,1	33	33
1,7	0,0003	22	58,1	43,2	26	26
2,0	0,0003	14	43,2	29,1	21	13
2,5	0,0003	6,4	29,1	17,8	15	9,6
3	0,0003	2,8	17,8	8,5	12	8,5
4	0,0003	0,95	8,5	3,2	6,4	5,4
5	0,0003	0,30	3,2	1,2	3,2	3,2
6	0,0003	0,10	1,2	0,44	1,7	1,9
7	0,0003	0,037	0,44	0,16	0,81	1,2
8	0,0003	0,013	0,16	0,061	0,43	0,68
9	0,0003	0,0045	0,061	0,023	0,20	0,39
10	0,0003	0,0016	0,023	0,0085	0,10	0,25
11	Nota 1	0,00060	0,0085	0,0032	0,050	0,15
12		0,00020	0,0032	0,0012	0,027	0,096
13		0,000076	0,0012	0,00044	0,014	0,060
14		0,000027	0,00044	0,00016	0,007	0,04
15		0,0000094	0,00016	0,000061	0,003	0,02
16		0,0000034	0,000061	0,000029	0,003	0,02

NOTA 1. Valor inferior o igual al factor de transmisión admitido para 365 nm.

Especificaciones complementarias:

Entre 210 y 313 nm, la transmisión no debe sobrepasar el valor admisible para 313 nm.

Entre 313 y 365 nm, la transmisión no debe sobrepasar el valor admisible para 365 nm.

Entre 365 y 400 nm, la transmisión espectral media no debe sobrepasar la transmisión media en la banda visible τ_v .

■ PANTALLA FACIAL DE PROTECCIÓN DE LOS OJOS Y LA CARA CONTRA LA RADIACIÓN EN SOLDADURA OXIACETILÉNICA

Las radiaciones emitidas al utilizar la soldadura oxiacetilénica también son muy importantes por lo que los ojos y la cara del operador deberán protegerse adecuadamente contra sus efectos utilizando gafas de montura integral combinados con protectores de casco y sujeción manual adecuadas al tipo de radiaciones emitidas.

El material puede ser el plástico o nylon reforzados, o las fibras vulcanizadas.

Para elegir el filtro adecuado (n° de escala) en función del grado de protección se utilizan dos tablas que relacionan el tipo de trabajo de soldadura realizado con los caudales de oxígeno (operaciones de corte) o los caudales de acetileno (soldaduras y soldadura fuerte con gas). Se puede observar que el número de escala exigido aumenta según aumenta el caudal por hora.

Escalonado de protección que debe utilizarse en operaciones de soldadura y soldadura fuerte con gas

Tipo de trabajo	I = Caudal de acetileno en litros por hora			
	I = 70	70 < I ≤ 200	200 < I ≤ 800	I > 800
Soldadura y soldadura fuerte de metales pesados	4	5	6	7
Soldadura con flux (aleaciones ligeras, principalmente)	4a	5a	6a	7a

NOTAS

1. Cuando en la soldadura con gas se emplea un flux la luz emitida por la fuente es muy rica en luz monocromática correspondiente al tipo de flux empleado. Para suprimir la molestia debida a esta emisión monocromática, se recomienda utilizar filtros o combinaciones de filtros que tengan una absorción selectiva según el tipo de flux empleado. Los filtros indicados con la letra "a" cumplen estas condiciones.
2. Según las condiciones de uso, puede emplearse la escala inmediatamente superior e inferior.

Escalonado de protección que deben utilizarse en operaciones de oxicorte

Tipo de trabajo	Caudal de oxígeno en litros por hora		
	900 a 2000	2000 a 4000	4000 a 8000
Oxicorte	5	6	7

NOTAS

1. Según las condiciones de uso, puede emplearse la escala inmediatamente superior o inferior.
2. Los valores de 900 a 2000 y de 2000 a 8000 litros por hora de oxígeno corresponden muy aproximadamente al uso de orificios de corte de 1,5 y 2 mm de diámetro, respectivamente.

Marcado de oculares:

Debe asegurarse que los oculares están marcados, y por tanto, presentan los siguientes datos técnicos:

- Clase de protección de los filtros
- Identificación del fabricante
- Clase de óptica. Es un número del 1 al 3, siendo el 1 el mejor (representa la neutralidad óptica)
- Símbolo de resistencia mecánica, si fuese aplicable, y que viene determinado por las siguientes letras:
 - Sin símbolo: resistencia mecánica mínima
 - Letra S: resistencia mecánica incrementada
 - Letra F: resistencia mecánica a impacto de baja energía
 - Letra B: resistencia mecánica a media energía
 - Letra A: resistencia mecánica a alta energía
- Símbolo de no adherencia de metales fundidos y resistencia a la penetración de sólidos calientes, si fuese aplicable, y que se determina por el número 9
- Símbolo de resistencia al deterioro superficial por partículas finas, si fuese aplicable, y que se determina por la letra K
- Símbolo de resistencia al empañamiento, si fuese aplicable, y que se determina por la letra N
- Oculares laminados: ciertos oculares planos laminados pueden requerir una orientación especial en la montura con el fin de colocar hacia el exterior las capas susceptibles de romperse de forma peligrosa: Tales oculares deben ser identificados con una señal en la parte nasal de la cara anterior para evitar un montaje incorrecto.

Ejemplos:

Filtro de soldadura de protección 12 y clase óptica 1 **12X1** (X es la identificación del fabricante).

Filtro de soldadura de protección 5, clase óptica 2 y resistencia mecánica incrementada **5X2S**.

Filtro de soldadura de protección 7, clase óptica 2 y resistencia mecánica frente a impacto de baja energía y resistencia al deterioro superficial por partículas finas **7X2FK**.

Marcado de la montura:

Debe asegurarse que la montura está marcada, y por tanto, presenta los siguientes datos técnicos:

- Identificación del fabricante
- Inscripción EN 166:1995
- Campo de uso:
 - Sin símbolo, para uso básico, cuando dicho uso puede conllevar riesgos mecánicos no especificados y riesgos engendrados por la radiación UV, IR, solar y visible
 - Nº 3, para líquidos (gotas o salpicaduras)
 - Nº 4, para partículas de polvo gruesas, es decir, polvo > 5mm
 - Nº 5, para gas y partículas de polvo finas, es decir, gas, vapores, gotas vaporizadas, humo y polvo con grosor < 5mm
 - Nº 8, para arco eléctrico de cortocircuito, es decir, arco eléctrico causado por un cortocircuito
 - Nº 9, para metal fundido y sólidos calientes, es decir, salpicaduras de metal fundido y penetración de sólidos calientes
- Resistencia al impacto de partículas a gran velocidad, en su caso, cuya indicación podrá ser las letras F, B y A indicadas anteriormente en el apartado de la resistencia mecánica de los oculares.

Marcado de los protectores oculares cuando los oculares y la montura forman un todo:

Se deben marcar en la montura con los códigos del ocular, un guión separador, el número de norma EN 166:1995 y los símbolos apropiados indicando el campo de uso y el nivel de impacto.

Casco con filtros autooscurecibles

Actualmente se recomienda el uso de placas filtrantes fabricadas con cristales que se oscurecen y aumentan la capacidad de protección en cuanto se enciende el arco de soldadura. Tienen la ventaja que el oscurecimiento se produce casi instantáneamente, y en algunos tipos en tan sólo 0,1 ms.

El uso de estos filtros con función de autooscurecimiento es especialmente recomendable para soldadores que realizan operaciones de corta duración.

Los cascos con filtros autooscurecibles (Autodarkening filters (ADF), en inglés) constan de:

- Un paquete de filtros no electrónicos (que equivalen a una protección 13 o 14 convencional)
- 1 o más cristales líquidos obturadores
- 1 fotosensor y en algunos casos 1 sensor magnético

En caso de fallo da una protección de luz convencional de nº de escala 5 o 6.

¿Cómo funcionan los ADF?

A) Antes de empezar a soldar:

Con el casco bajado, en la posición de seguridad, el soldador posee una visión clara a través del filtro. Tiene las dos manos libres y el electrodo puede colocarse con precisión.

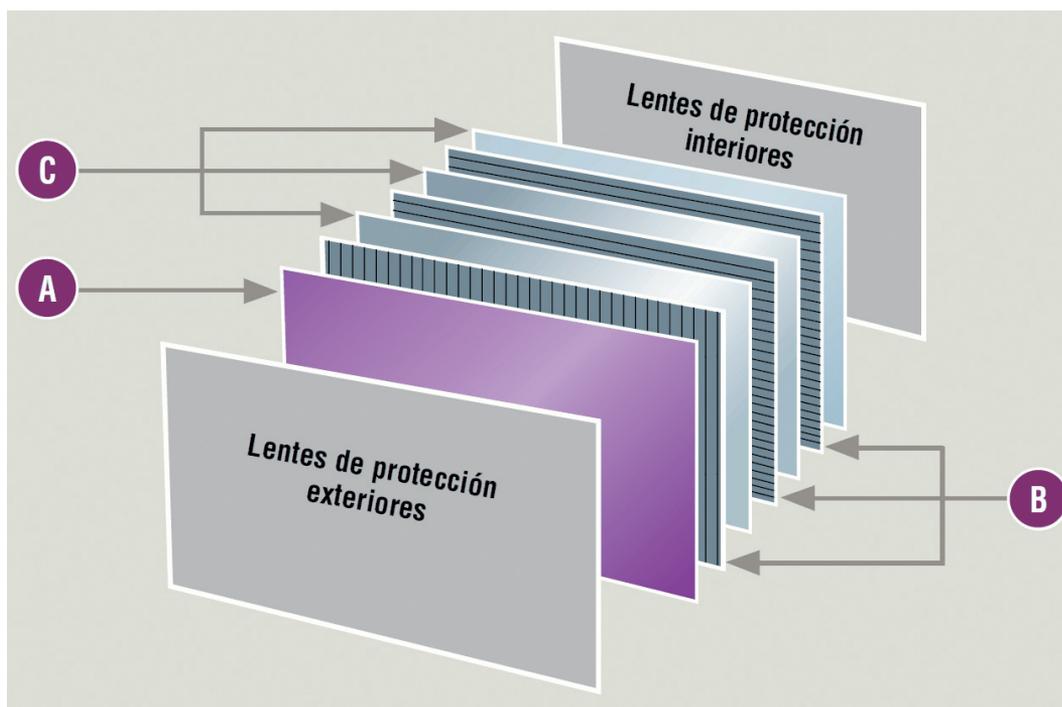
B) Durante la soldadura:

A los 0,1 milisegundos del inicio del arco, el filtro se oscurece.

C) Después de la soldadura:

El filtro vuelve a aclararse automáticamente cuando finaliza el arco, permitiendo una inspección inmediata y segura de la zona soldada y posibilita la preparación de la soldadura siguiente.

Ejemplo de Speedglas:*



- A – Filtro contra radiaciones UV / IR
- B – Polarizadores (3)
- C – Elementos de cristal líquido (3)

■ INTRODUCCIÓN

En las fichas de prevención sobre cada tipo de soldadura se han definido los controles de ingeniería y de proceso (ventilación general, extracción localizada, etc.) necesarios para evitar la inhalación de humos y vapores generados durante el proceso de soldadura.

Pero si no pueden seguirse las recomendaciones de las fichas de prevención de este manual en cuanto a ventilación y extracción necesaria (por ejemplo, porque se trabaja en una instalación de proceso ya montada, o en un espacio confinado, deberá proveerse al soldador de un sistema de protección del sistema respiratorio (Filtro de aire o Equipo de Respiración Autónoma). Este sistema mirará de integrarse en el casco de soldador y se le requerirá lo siguiente:



Pantallas de protección para soldadura Speedglas¹

P Filtro de partículas P3 A B E Filtro de gases Universal C Aire comprimido		Buen entorno laboral con ventilación forzada	Entorno laboral con ventilación limitada	Espacio reducido ²	Entorno clasificado como de peligro inmediato para la vida o la salud
Aluminio	MIG	P	P / P + A B E	C	Consulte con especialista en seguridad laboral antes de iniciar el trabajo
	TIG	P	P / P + A B E	C	
	ELECTRODO	P	P / P + A B E	C	
Acero inoxidable	MIG	P	P / P + A B E	C	
	TIG	P	P / P + A B E	C	
	ELECTRODO	P	P / P + A B E	C	
	PLASMA (soldadura y corte)	P	P + A B E / C	C	
Acero sin revestir ni pintar	MIG/MAG	P	P	C	
	ELECTRODO	P	P	C	
	PLASMA (soldadura y corte)	P	P / C	C	
Acero pintado (minio como imprimación)	MIG/MAG	P	P	C	
	ELECTRODO	P	P	C	
	PLASMA (soldadura y corte)	P	P / C	C	
Acero galvanizado	MIG/MAG	P	P	C	
	ELECTRODO	P	P	C	
	PLASMA (soldadura y corte)	P	P / C	C	
Acero pintado/aislado con pintura de dos componentes o poliuretano (isocianatos)	MIG/MAG	C	C	C	
	ELECTRODO	C	C	C	
	PLASMA (soldadura y corte)	C	C	C	
Todos los materiales limpiados con tricloretileno	MIG	P + A B E	P + A B E / C	C	
	TIG	P + A B E	P + A B E / C	C	
	ELECTRODO	P + A B E	P + A B E / C	C	
	PLASMA (soldadura y corte)	P + A B E	P + A B E / C	C	

¹ Speedglas es una marca registrada por 3M ESPAÑA, S.A. (Imagen reproducida con autorización de 3M ESPAÑA, S.A.).

² En los casos que pueda existir una deficiencia de oxígeno, debe utilizarse un equipo de respiración autónoma.

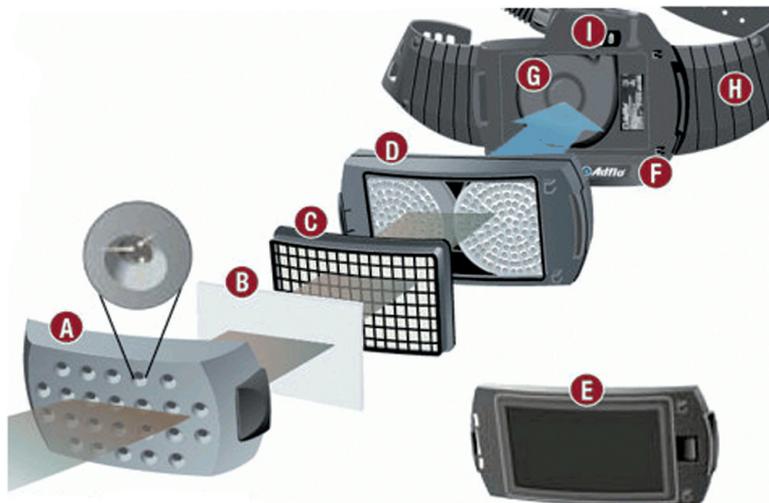
MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA

La tabla siguiente puede servir de guía para definir la periodicidad del mantenimiento de los componentes de los sistemas de protección respiratoria:

Componente	Frecuencia normal de cambio	Notas
Pre-filtro	Cada semana.	El cambio regular del pre-filtro alarga la vida del filtro de partículas y disminuye los costes de producción.
Filtro de partículas	Cada mes como mínimo.	Cambiar cuando el tiempo de funcionamiento de la batería sea demasiado corto o cuando se dispare la alarma de «filtro completamente lleno» de línea de aire baja.
Filtro de gases	Cada 3 o 4 semanas como mínimo.	Cambiar inmediatamente el filtro de gases cuando huela olores mientras trabaja con el sistema.
Filtro de olores	Cada vez que huela olores desagradables.	No se requiere filtro de olores si se utiliza el filtro de gases.
Protector de chispas	Cuando sea necesario.	Cambiar si está deformado o no se ajusta correctamente.
Manguera de aire	Cuando esté deformada, dañada o pierda aire.	Para aumentar la vida de la manguera de aire, utilice una funda para la manguera o una de caucho reforzado.
Sellado facial	Cada 2 meses como mínimo.	En entornos muy sucios, cámbielo si no es higiénico.

INFORMACIÓN IMPORTANTE

Observe qué niveles de contaminantes superiores a los normales, calor y chispas requerirán un cambio más frecuente de los componentes. La tabla enseña las recomendaciones por una utilización mínima diaria de 4 horas.



- Ⓐ Cubierta de filtro protector contra chispas
- Ⓑ Prefiltro
- Ⓒ Filtro de partículas
- Ⓓ Filtro de gases orgánicos
- Ⓔ Filtro contra olores

- Ⓕ Batería de NiMH
- Ⓖ Ventilador
- Ⓗ Cinturón de cuero ergonómico
- Ⓘ Indicador del estado del filtro de partículas

- **Electrodos con torio en la soldadura TIG**

Para soldadura TIG se comercializa un tipo de electrodo que contiene torio, producto radioactivo. El torio mejora el proceso de cebado del arco eléctrico, por lo que este tipo de electrodos es apreciado por los soldadores.

Pero durante el pulido de los electrodos en el taller con la amoladora, se producen partículas del metal del electrodo que contienen torio, y que el soldador puede llegar a inhalar. Debido al alto riesgo potencial que esto significa, recomendamos que no se utilice este tipo de electrodo con torio.

Si no puede evitarse su uso, el proceso de pulido debe realizarse bajo un sistema de extracción localizada diseñado específicamente para evitar la contaminación con torio.

En última instancia, y si no se dispone de las medidas anteriores, el soldador se protegerá con un sistema de protección respiratoria con presión positiva.



El **ácido fluorhídrico** es utilizado para la limpieza y como decapante de las superficies metálicas.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

La fluoruria es un buen marcador biológico de la exposición laboral a los compuestos inorgánicos de flúor. Las concentraciones de flúor en orina después de la jornada laboral deben ser inferiores a los 8 mg/l.

En las medidas terapéuticas se deberá lavar la zona afectada con agua corriente entre 15 y 20 minutos. Después del lavado se debe administrar un gel al 2.5% de gluconato cálcico y una amina cuaternaria de elevado peso molecular (cloruro de benzolconio).

Si persiste un dolor de tipo severo después de 45 minutos de la aplicación del tratamiento tópico, se deberá administrar gluconato cálcico al 5% por vía subcutánea. Las ampollas producidas por quemaduras con ácido fluorhídrico deben considerarse contaminadas y hay que desbridarlas.

Si afecta la zona ungueal debe quitarse la uña antes de empezar el tratamiento tópico. El no realizarlo podría ocasionarse una ulceración del lecho ungueal y deformación de la uña e incluso necrosis de la falange distal.

En la absorción ocular se deben lavar inmediatamente los ojos como mínimo durante 15 minutos.

Seguidamente se coloca una compresa fría. Se le administra varias gotas de una solución estéril de gluconato cálcico al 10%, para neutralizar cualquier residuo de fluoruro que haya quedado en el ojo.

Se pueden administrar varias gotas de corticoides para reducir la inflamación.

Posteriormente debe de ser controlado por un oftalmólogo.

El laboratorio francés PREVOR ha comercializado una solución llamada Hexafluorine® con la finalidad de realizar un lavado activo de las proyecciones de ácido fluorhídrico, tanto las cutáneas como las oculares. Preferentemente se debe de utilizar antes del primer minuto desde que se ha producido el contacto con ácido fluorhídrico.

Greco y Cols han descrito los criterios que se debería utilizar para derivar un intoxicado por ácido fluorhídrico hacia un centro hospitalario, dependiendo principalmente de la concentración y de la extensión de la superficie corporal que ocupan las quemaduras (Tabla I).

TABLA I. RIESGOS DE PRODUCIRSE UNA HIPOCALCEMIA TRAS EL CONTACTO CON ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Quemaduras > 1% superficie corporal producidas por contacto con ácido fluorhídrico concentrado (> 50%).

Quemaduras > 5% de la superficie corporal producidas por ácido fluorhídrico a cualquier tipo de concentración.

Inhalación de vapores de ácido fluorhídrico superiores al 60%.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Fluoruros
MEDIO	Orina
MUESTREO	Final de la semana laboral
VLB (2009)	8 mg/l. Orina. Fluoruros

VLB: Valor Límite Biológico.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-EC	3 ppm
VLA-ED	1,8 ppm

VLA-EC: Valor Límite Ambiental de corta duración.

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

Los trabajadores que manipulen el ácido fluorhídrico deberán utilizar guantes resistentes a sustancias corrosivas hechos de caucho de butilo.

■ PRINCIPALES RIESGOS DE LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS CÁUSTICOS UTILIZADOS EN SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

El ácido fluorhídrico es muy corrosivo. Penetra rápidamente a través de la piel y llega al tejido subcutáneo, ocasionando necrosis de los tejidos blandos, descalcificación y corrosión del hueso.

El intenso dolor que producen las quemaduras es debido a los precipitados de calcio que ocasiona el ión flúor. El ión fluoruro puede hacer descender las concentraciones de calcio en el organismo, siendo causante de severas hipocalcemia que pueden conllevar a la muerte por fibrilación ventricular.

Soluciones inferiores al 50% de ácido fluorhídrico producen ulceraciones que son aparentes entre 1 y 24 horas después del contacto cutáneo.

Soluciones más concentradas producen intenso dolor y rápida destrucción de los tejidos que contacta, apareciendo enrojecimiento, decoloración blanca, ampollas, maceración o carbonización. A nivel ocular puede aparecer una irritación severa de los ojos, enrojecimiento, edema de los párpados e incluso una grave queratitis.

Las gafas protectoras deberán estar homologadas con marcaje **CE** para productos químicos corrosivos y deberán llevar una careta facial completa.

En el etiquetaje de los envases de ácido fluorhídrico deberá contener los pictogramas de una sustancia muy Tóxica (T+), C (Corrosiva) y las frases R (26/27/28) y la R 35 que indica que pueden ocasionar quemaduras severas.



MUY TÓXICO T+



CORROSIVO C

R26 Muy tóxico por inhalación.

R27 Muy tóxico en contacto con la piel.

R28 Muy tóxico por ingestión.

R35 Provoca quemaduras graves.



El **cadmio** se utiliza en la composición de los electrodos de cadmio-plata.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Las concentraciones máximas permisibles son de 5 µg/l en sangre y de 5 µg/g de creatinina. En la valoración de estos pacientes se utilizan marcadores de daño renal; así, las concentraciones de albuminuria deben de ser inferiores a 20 mg/l, las de beta-microglobulina y de la proteína transportadora del retinol en orina deben de ser inferiores a 300 µg/g creatinina.

No está demostrada la eficacia del tratamiento quelante.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Cadmio
MEDIO	Orina y sangre
MUESTREO	No crítico. Vida media de eliminación larga
VLB (2009)	5 µg/g creatinina. Orina 5 µg/l. Sangre

VLB: Valor Límite Biológico.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED (2009)	0,01 mg/m ³ . Fracción inhalable 0,002 mg/m ³ . Fracción respirable
---------------	--

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS A LA EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

■ TOXICOCINÉTICA

La vía principal de absorción del cadmio es la respiratoria. Una vez en sangre, entre el 90 y el 95% se encuentra dentro de los eritrocitos y se fija a la hemoglobina y a la metalotionina, una proteína de bajo peso molecular rica en grupos SH. El cadmio tiene una semivida de eliminación muy larga, 9 semanas en sangre, 15 años en el hígado y 40 años en los riñones. La mayor parte se deposita en el hígado y en los riñones, y se elimina esencialmente por la vía renal, intestinal y por las faneras.

El cadmio inhibe a los grupos SH que intervienen en la mayoría de procesos enzimáticos de nuestro organismo.

• Intoxicación aguda

La absorción por vía digestiva ocasiona náuseas, vómitos, diarreas y dolores abdominales. La absorción por vía respiratoria puede producir desde un cuadro de hipertermia (“fiebre de los metales”) hasta una neumonitis química y un edema agudo de pulmón, que incluso puede ser mortal.

• Intoxicación crónica

La exposición crónica puede ocasionar una pigmentación amarilla del esmalte y alteraciones respiratorias en forma de rinitis, anosmia, bronquitis y enfisema.

La nefropatía cádmica se caracteriza por una tubulopatía proximal con una proteinuria anómala.

La aparición de la proteinuria está generalmente asociada a cadmiurias que sobrepasan los 10 µg/g de creatinina. También se pueden asociar alteraciones glomerulares.

Se considera al cadmio como un cancerígeno de pulmón y de próstata.



El **cloruro de metileno** es un líquido incoloro, volátil utilizado principalmente como disolvente y como propelente en aerosoles.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Se puede determinar cloruro de metileno en sangre y en el aire espirado de los trabajadores expuestos como marcador biológico a la exposición de dicha sustancia.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Diclorometano
MEDIO	Orina
MUESTREO	Final de la jornada laboral
VLB (2009)	0,3 mg/l Diclorometano (Orina)

VLB: Valor Límite Biológico.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED	50 ppm
--------	--------

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS DE LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS DISOLVENTES UTILIZADOS EN SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

El cloruro de metileno se absorbe principalmente por vía inhalatoria y secundariamente por vía cutánea.

Alrededor del 40% se metaboliza a través de dos vías, una es a través de la citocromo P450 formando monóxido de carbono (CO) y éste a su vez forma carboxihemoglobina (su vida media es entre 7 y 10 horas), la otra es a través del glutatión metabolizándose en forma de aldehídos y ácido fórmico (vida media menor de 1 hora).

El cloruro de metileno es depresor del sistema nervioso central. Es irritante de piel y mucosas (dermatitis de contacto) y alteraciones respiratorias (tos, disnea, dolor torácico).

Si aparecen alteraciones hepáticas o renales suelen ser leves.

En los estudios en animales de experimentación se ha encontrado que es cancerígeno pulmonar y hepático.

En el etiquetaje de los envases de cloruro de metileno (diclorometano) deberá contener el pictograma de una sustancia nociva Xn y la frase R 40.



NOCIVO Xn

R40 Posibles efectos cancerígenos.



El **cobre** se utiliza en numerosas aleaciones con otros metales, con el zinc para obtener latón y con el estaño para la obtención del bronce, en la industria eléctrica, construcción, conducciones de gas, soldadura de cobre.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Las concentraciones normales de cobre en suero van desde 100 a 140 µg/dl.

La cupruria normal es inferior a los 60 µg/l.

El tratamiento de la intoxicación por la vía digestiva es mediante el lavado gástrico más la administración de una solución de ferrocianuro de potasio de 1/1000.

Se puede administrar como quelante del cobre a la d-penicilamina.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED (2009)

0,2 mg/m³ Cobre en humos

1 mg/m³ Cobre, polvo y nieblas

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS A LA EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

• Toxicidad aguda

La absorción digestiva puede ocasionar un cuadro gastrointestinal, alteraciones hepáticas (necrosis hepática) y una insuficiencia renal aguda. La absorción respiratoria produce una irritación de las vías respiratorias altas y cuadros de hiperpirexia (fiebre de los metales).

• Toxicidad crónica

La absorción prolongada por vía digestiva de compuestos de cobre pueden ocasionar una encefalopatía y/o cirrosis hepática.

La absorción crónica de compuestos de cobre puede darnos coloración verdosa de mucosas, faneras y dientes. Cataratas, perforación del septum nasal y dermatitis de contacto.

Características toxicológicas de otros metales

Metal	Toxicidad	VLB (2009) marcadores biológicos	VLA (2009) mg/m ³
Aluminio (Al)	– Enfermedad de Shaver (Neumoconiosis)	Al (orina) BAT < 60 µg/g (Alemania 2008)	10 (metal) 5 (humos)
Antimonio (Sb)	– Dermatitis de contacto – Neurológica – Respiratoria – Otorrinolaringológica		0,5
Berilio (Be)	– Neumonitis química – Granulomatosis cutánea y pulmonar – Cáncer de pulmón		0,0002
Boro (B)	– Baritosis (neumoconiosis benigna)		0,5
Cobalto (Co)	– Fibrosis pulmonar	Co en sangre: 1 µg/l Co en orina: 15 µg/l	0,02
Estaño (Sn)	– Neumoconiosis benigna		2
Hierro (Fe)	– Siderosis pulmonar		5
Magnesio (Mg)	– Fiebre de metales – Úlceras cutáneas		10
Plata (Ag)	– Argirosis		0,1
Titanio (Ti)	– Neumoconiosis benigna		10
Vanadio (Va)	– Alteraciones respiratorias (irritante y asma) – Alteraciones neurológicas – Lengua (color verde negruzca)	Va en orina: 50 µg/l	0,05
Wolframio (W)	– Potencia la fibrosis pulmonar producida por el cobalto de la aleación cobalto-tungsteno		5 (insolubles) 1 (solubles)
Zinc (Zn)	– Fiebre de los metales		5



El **cromo** es uno de los principales metales que forman parte de la constitución de los aceros.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Según la Comisión de la Comunidad Europea, las concentraciones máximas permisibles de cromo en orina después de la jornada laboral son de 15 µg/ g creatinina. La población no expuesta laboralmente a los compuestos de cromo presenta concentraciones de cromo en orina inferiores a los 5 µg/g creatinina. El VLB (valor límite biológico) en España es de 25 µg/l.

En las intoxicaciones agudas por compuestos hexavalentes de cromo se debe administrar ácido ascórbico (1-3 g/IV/hora, durante 5 a 10 horas) ya que, reduce rápidamente el cromo hexavalente a la forma trivalente.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Cromo VI
MEDIO	Orina
MUESTREO	Final de la semana laboral. Principio y final jornada
VLB (2009)	10 µg/l. Orina. Principio y final de jornada laboral. (2009) 25 µg/l. Orina. Final jornada laboral

VLB: Valor Límite Biológico.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED	50 µg/m ³ para los compuestos hexavalentes, a excepción de los pigmentos 12 µg/m ³ para el cromato de plomo 10 µg/m ³ para el cromato de zinc 1 µg/m ³ para el cromato de calcio 0,5 µg/m ³ para el cromato de estroncio
--------	---

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS A LA EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

En el medio laboral la principal vía de entrada es la respiratoria, el cromo se absorbe rápidamente, penetrando en el interior de los eritrocitos, donde se combina con la fracción globínica de la hemoglobina, reduciéndose posteriormente al estado trivalente; en esta forma tienen una gran afinidad por las proteínas plasmáticas, en especial, por la transferrina. La eliminación se produce principalmente por la vía renal.

La toxicidad de los compuestos hexavalentes de cromo está muy relacionada con su acción irritante y sensibilizante.

• Toxicidad aguda

La ingesta de compuestos hexavalentes de cromo ocasiona un cuadro gastrointestinal en forma de vómitos, dolores abdominales, diarreas y hemorragias intestinales.

En algunos casos, se puede producir la muerte por colapso cardio-circulatorio, si el paciente sobrevive puede aparecer una insuficiencia renal debido a la necrosis tubular aguda. También pueden ocasionar un fallo hepático, coagulopatía o hemólisis intravascular.

• Toxicidad crónica

Las exposiciones crónicas a los compuestos hexavalentes de cromo pueden producir principalmente: alteraciones dermatológicas, perforación del septum nasal y bronco-pulmonares.

La dermatitis alérgica eczematiforme se presenta en forma de erupciones eritematosas o vesículo-papulares, muy pruriginosas, que suelen afectar a las manos y antebrazos. El cromo hexavalente puede penetrar la piel, donde es reducido a cromo trivalente, que juega el papel de hapteno; en esta forma se une a una proteína, formándose un antígeno completo.

La dermatitis irritativa aguda se produce por el contacto directo de la piel con diversos compuestos de cromo.

El contacto de la piel con compuestos hexavalentes de cromo puede ocasionar úlceras de 5 a 10 mm, no dolorosas, a veces pruriginosas, que suele afectar al dorso de los dedos o manos, y se denominan úlceras en "nido de paloma".

La exposición a compuestos hexavalentes de cromo se les ha relacionado con cuadros de asma y bronquitis crónica.

La lesión que aparece en la mucosa nasal, llamada "úlceras de Hajek", se inicia en la parte anteroinferior del tabique nasal, ya que en esta localización está la zona más frágil de la mucosa. El punto de partida de la ulceración sería una microhemorragia, seguida de un microesfacelo local de la mucosa, extendiéndose las lesiones vasculares, llegando a producir una perforación por falta de riego sanguíneo.

Algunos pigmentos de cromo (cromato de calcio, estroncio y zinc) se les considera cancerígenos pulmonares, así como los trabajadores expuestos en algunos procesos industriales como en la industria productora de cromatos.

También se considera que el cromo puede ocasionar cáncer de los senos paranasales.



El **dióxido de nitrógeno** es un gas a temperatura ambiente, más pesado que el aire, que se puede desprender en la soldadura con arco y la llama de oxiacetileno.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

El tratamiento de la intoxicación aguda se basa en la administración de corticoides, diuréticos y oxigenoterapia.

En caso de producirse una metahemoglobinemia utilizar azul de metileno (1-2 mg/Kg/iv).

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED

50 ppm

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS DE LA EXPOSICIÓN A GASES IRRITANTES EN SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

El dióxido de nitrógeno es oxidante (induce una lipoperoxidación a nivel de las membranas de las células alveolares).

• Toxicidad aguda

Inicialmente produce tos, laringitis y conjuntivitis, después de varias horas (de 6 a 24 horas) puede aparecer un edema agudo de pulmón.

Como secuelas posteriores pueden aparecer una bronquiolitis obliterante, enfisema, fibrosis pulmonar, etc.

Absorbido además por vía sistémica, producirá hipotensión al comportarse como un vasodilatador directo, y metahemoglobinemia al oxidar la hemoglobina.

• Toxicidad crónica

La exposición crónica al dióxido de nitrógeno favorece la aparición de un enfisema pulmonar.

Además exposiciones crónicas a concentraciones bajas de NO_2 (0,5 a 3,5 ppm) favorece la aparición de infecciones pulmonares.



El **manganeso** en procesos de soldadura proviene de la composición de los aceros y también puede estar presente en los electrodos de soldadura.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Las concentraciones normales de manganeso en sangre oscilan entre los 0,7 y los 1,5 µg/dl.

Las concentraciones normales de manganeso en orina son inferiores a 1 µg/g creatinina (existe una gran variabilidad individual).

En las fases iniciales de la intoxicación es efectivo administrar EDTA Ca Na₂ (aumenta la eliminación de manganeso).

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Manganeso (Alemania)
MEDIO	Sangre
MUESTREO	Al final de la jornada laboral

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED (2009)	200 µg/m ³
BAT (Alemania 2008)	20 µg/l

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS A LA EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

Se absorbe principalmente por vía digestiva y respiratoria. En el plasma el manganeso se fija principalmente en la transferrina y se redistribuye por todo el organismo encontrándose concentraciones más elevadas en hígado, riñón y glándulas endocrinas. El manganeso es capaz de atravesar la barrera hemato-encefálica y la placentaria. Se excreta principalmente a través de la vía biliar eliminándose gran parte de manganeso por la vía fecal.

El órgano diana es el sistema extrapiramidal, los efectos neurológicos probablemente son debido a la deplección de dopamina y eventualmente serotonina en ciertos núcleos de la base.

• Toxicidad aguda

La inhalación de humos de manganeso puede producir un cuadro que va desde un síndrome pseudogripal hasta una neumonía química severa.

• Toxicidad crónica

La exposición crónica de manganeso puede producir alteraciones neurológicas, respiratorias y de la reproducción.

Alteraciones neurológicas:

El principal órgano diana es el sistema nervioso central, en particular el sistema extrapiramidal pudiendo dar un cuadro similar a la Enfermedad de Parkinson.

Puede desarrollarse en tres fases: prodrómica, fase clínica precoz y de estado.

La fase prodrómica se manifiesta en forma de: anorexia, astenia, somnolencia, insomnio, mialgias, cefaleas, alteraciones sexuales.

En la fase clínica precoz aparecen manifestaciones extrapiramidales (disartria, incoordinación motora, temblores, facies anímica “jugador de póquer”, reflejos tendinosos exaltados e hipermotividad).

En la fase de estado aparecen alteraciones psicomotoras asociadas a un cuadro extrapiramidal severo. En esta fase pueden aparecer cuadros graves de tipo psiquiátrico (psicosis maníaco-depresivas).

En estudios anatomo-patológicos de pacientes fallecidos que presentaban una intoxicación crónica por manganeso, se han descrito lesiones degenerativas en ciertos núcleos de la base (caudado, putamen y sobre todo en el globus pallidus), estando la sustancia negra raramente afectada.

Alteraciones respiratorias:

Se puede presentar en forma de bronquitis agudas y crónicas, neumonías y síndromes de disfuncionalidad ventilatoria de tipo obstructivo todas ellas se han descrito en trabajadores expuestos laboralmente al manganeso.

Alteraciones de la reproducción:

Lo más característico son la pérdida de la lívido e impotencia. Así como un exceso de abortos espontáneos han sido encontrados en mujeres embarazadas expuestas laboralmente al manganeso.



El **metil-cloroformo** es un líquido volátil, utilizado como disolvente para la limpieza de piezas metálicas, acabados textiles, en tintes y en pinturas.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

La inhalación de elevadas concentraciones de tricloroetano es depresora del sistema nervioso central.

Por su acción irritativa puede ocasionar edema agudo de pulmón, además puede producir arritmias cardíacas.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	1,1,1 Tricloroetano
MEDIO	Sangre
MUESTREO	Principio de la última jornada de la semana laboral
VLB (2009)	0,55 mg/l 1,1,1-Tricloroetano (Sangre)

VLB: Valor Límite Biológico.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED	100 ppm
--------	---------

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS DE LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS DISOLVENTES UTILIZADOS EN SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

El tricloroetano en el medio laboral se absorbe principalmente por vía inhalatoria y secundariamente por vía cutánea.

La absorción del metil-cloroformo se cifra entre el 25 al 40% de la cantidad inhalada.

La vida media del metil-cloroformo en sangre oscila entre 4 y 26 horas.

La mayor parte se elimina por la vía pulmonar a través del aire espirado.

Entre el 2 y el 5% se metaboliza en forma de tricloroetanol en orina, siendo su vida media de unas 12 horas, entre el 1 y el 2% se metaboliza en forma de ácido tricloroacético en orina tenido una vida media entre los 3 y 4 días.

El metil-cloroformo pasa con facilidad la barrera hematoencefálica pudiendo ocasionar un cuadro depresor del sistema nervioso central (cefaleas, somnolencia, cansancio), es irritante de las vías respiratorias (tos, disnea, dolor torácico), puede aumentar la excitabilidad del miocardio (arritmias cardíacas), las alteraciones hepato-renales, si aparecen, generalmente son leves.

En el etiquetaje de los envases de metilcloroformo (1,1,1 tricloroetano) deberá contener los pictogramas de una sustancia nociva (Xn) y peligrosa para el medio ambiente (N) y las frases R 20-59.



NOCIVO Xn



PELIGROSO PARA EL
MEDIO AMBIENTE N

R20 Nocivo por inhalación.

R59 Peligroso para la capa de ozono.



El **monóxido de carbono** es un gas incoloro, inodoro, no irritante, de densidad algo inferior al aire (0,96).

Las fuentes contaminantes principales provienen de la combustión incompleta de materias carbonadas orgánicas (carbón, madera, papel, aceites, gases, gasolinas, etc.), los fogones a gas, el gas procedente de los motores de explosión contiene hasta un 8% de CO (riesgo en los parkings).

En la industria metalúrgica el gas de los altos hornos contiene alrededor del 30% del CO, producción de gas de calefacción, incendios y explosiones, en espacios.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Las medidas terapéuticas se basan en evacuar lo más rápidamente posible al paciente de la fuente contaminante y en administrar oxígeno. La vida media del monóxido de carbono es de 250 minutos cuando el paciente respira el aire ambiental, si se le administra oxígeno al 100% la vida media se reduce a unos 40 minutos y si se administra oxígeno mediante cámara hiperbárica al 100% y 3 atmósferas absolutas de presión la vida media se reduce a unos 20 minutos.

La utilización de oxígeno mediante cámara hiperbárica es muy importante ya que mejora el pronóstico de la intoxicación reduciendo la mortalidad y la aparición de secuelas sobre todo las de tipo neurológico. La utilización de la cámara hiperbárica está indicada principalmente en los pacientes que presentan carboxihemoglobinemias superiores al 25%, a los intoxicados por CO que se encuentren en alguna de las siguientes situaciones: coma, pacientes con edad avanzada o con cardiopatía de base y a todo paciente que presente sintomatología moderada o grave.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Carboxihemoglobina
MEDIO	Sangre
MUESTREO	En los reconocimientos periódicos de los trabajadores expuestos profesionalmente al monóxido de carbono las concentraciones de carboxihemoglobina en sangre han de ser inferiores al 3,5%

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED	25 ppm
--------	--------

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS DE LA EXPOSICIÓN A GASES TÓXICOS EN SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

La principal acción tóxica del CO resulta de la anoxia provocada por la conversión de la oxihemoglobina en carboxihemoglobina.

La afinidad de la hemoglobina por el CO es de unas 210 veces más que por el oxígeno.

También el CO tiene una mayor afinidad que el O₂ en unirse a la mioglobina (puede inhibir la entrada de O₂ a las mitocondrias de las células musculares, sobresaliendo el miocardio).

También se cree que la exposición crónica al CO puede favorecer el desarrollo de aterosclerosis por modificación de la permeabilidad endotelial y estimulación de depósitos de colesterol.

- **Toxicidad aguda**

Carboxihemoglobinemias del 10% pueden ocasionar cefaleas y disnea a esfuerzos intensos, carboxihemoglobinemias de alrededor del 20% pueden producir cefaleas, disnea a esfuerzos moderados y disminución de la velocidad de conducción nerviosa, alrededor del 30% de COHb presenta cefaleas intensas, irritabilidad y alteraciones visuales, entre el 40 y el 50% desencadena un cuadro clínico caracterizado por cefaleas, confusión agitación, crisis histéricas, náuseas, vómitos, taquicardia, taquipnea y pérdida de la conciencia, concentraciones de COHb entre el 50 y 60% producen coma, convulsiones y respiración irregular y por encima del 60% pueden desencadenar un paro cardio-respiratorio y la muerte.

Las secuelas que pueden aparecer posteriormente en los pacientes que sobreviven son secundarias a la anoxia prolongada y son principalmente de dos tipos: cardíacas y/o neurológicas.

En las alteraciones cardíacas pueden aparecer alteraciones en el electrocardiograma e infartos de miocardio.

Las alteraciones neurológicas pueden manifestarse en forma de: cuadros de tipo parkinsoniano, sordera, síndrome de Menière, reducción de las capacidades intelectuales, alteraciones del comportamiento y de la personalidad, desorientación tempo-espacial, demencia, polineuritis. La importancia de las secuelas generalmente está relacionada con la gravedad de la intoxicación y si se ha realizado o no un tratamiento rápido y adecuado.

- **Toxicidad crónica**

La exposición prolongada al monóxido de carbono puede ocasionar: alteraciones del sistema cardio-vascular (mayor predisposición a padecer anginas de pecho e infartos de miocardio), alteraciones neuro-psiquiátricas y excepcionalmente pueden producir ampollas en la piel y hemorragias retinianas.



El **níquel** es uno de los componentes de los aceros inoxidable.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

MEDIO

Orina: < 5 µg/l en población no expuesta laboralmente
Plasma: 0,2 – 0,4 µg/l en población no expuesta laboralmente

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED (2009)

0,2 mg/m³ para compuestos insolubles
0,1 mg/m³ para compuestos solubles

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS A LA EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

La absorción del níquel por vía respiratoria depende principalmente de las propiedades físico-químicas y de la granulometría de las partículas, se absorbe entre el 20 y el 35% del níquel inhalado.

El contacto con compuestos de níquel puede ocasionar: rinitis, sinusitis, anosmia y perforación del tabique nasal.

Se puede absorber por la vía cutánea y depende fundamentalmente de la solubilidad del compuesto de níquel.

La vida media plasmática es de 20 a 35 horas y se elimina principalmente por la vía renal.

Su acción sensibilizante puede ser causante de cuadros de asma bronquial y de dermatitis alérgicas.

Los compuestos solubles de níquel como son el óxido de níquel y el bisulfuro de níquel se les considera cancerígenos de senos paranasales y de pulmón.

Los valores de níquel en orina de la población general no expuesta laboralmente al níquel varía entre los fumadores y los no fumadores. En los fumadores los valores de níquel en orina se encuentran por debajo de los 4 µg/l, mientras que en los no fumadores son inferiores a los 2 µg/l.

En España no se ha determinado un valor límite biológico para la exposición al níquel y sus compuestos.



El **ozono** es un gas muy inestable, se descompone rápidamente, el calor y algunos catalizadores aceleran esta degradación. En condiciones normales es incoloro o con cierta tonalidad azulada, el olor es perceptible a 0,01 ppm (olor a pescado podrido).

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

- El ozono se utiliza como bactericida en:
 - Esterilización de material quirúrgico.
 - Purificación de las aguas de consumo.
 - Saneamiento de piscinas.
 - Tratamiento de aguas residuales para la eliminación del contenido de cianuros y fenoles.
- Se utiliza como blanqueante del papel y de las fibras textiles.
- Fabricación de agua oxigenada.
- Soldadura con arco.
- Secado de pinturas en las que se utilizan lámparas ultravioletas.
- En descargas eléctricas.

La sintomatología ocasionada por el ozono puede afectar a los sistemas: respiratorio, ocular, neurológico central y renal.

El tratamiento es sintomático a base de oxígeno, diuréticos y corticoides.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED	0,05 ppm para trabajo pesado 0,08 ppm para trabajo moderado 0,10 ppm para trabajo ligero 0,20 ppm para trabajos pesados, moderados o ligeros con exposición menor de 2 horas
--------	---

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS A LA EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

Los estudios experimentales permiten establecer dos hipótesis referente al mecanismo de acción del ozono en el organismo.

Una es que el ozono es muy oxidante por lo que, actúa sobre los grupos SH de las enzimas y de las proteínas produciendo un desequilibrio celular y lesión celular.

La segunda es que el ozono reacciona con los lípidos insaturados para formar peróxidos que se descompondrán en radicales libres responsables de las lesiones histológicas observadas.

La sintomatología ocasionada por el ozono puede afectar a los sistemas: respiratorio, ocular, neurológico central y renal.

- **Alteraciones respiratorias.** En la Tabla se relacionan las concentraciones ambientales y las manifestaciones clínicas de tipo respiratorio.

Concentraciones ambientales de ozono (ppm)	Manifestaciones clínicas respiratorias
0,1	Irritante de las vías respiratorias altas
0,5	Tos, disnea
2	Dolor retroesternal intenso, tos persistente
5	Edema agudo de pulmón

- **Alteraciones oculares:** Entre las 0,2 y 0,5 ppm es irritante ocular. La exposición aguda al ozono puede ocasionar una disminución de la visión nocturna, aumento de la visión periférica y modificaciones del equilibrio muscular periorbitario.
- **Alteraciones neurológicas:** Se han descrito cefaleas, debilidad, excitabilidad muscular y pérdida de memoria.
- **Alteraciones renales:** Se han descrito casos aislados de glomerulonefritis aguda.



El **plomo** en procesos de soldadura puede estar presente en aceros, galvanizados y en la composición de bronces.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Para confirmar el diagnóstico de saturnismo se utilizan marcadores del efecto toxicológico y los de dosis interna. Los marcadores del efecto tóxico están basados en el efecto del plomo sobre el metabolismo de las protoporfirinas (ALA-d eritrocitaria, ZPP, ALA-U).

La actividad de la ALA-d eritrocitaria, se correlaciona inversamente con las concentraciones de plomo en sangre y empieza a ser significativa cuando las plumbemias sobrepasan los 25 µg/dl. El aumento de la protoporfirina libre o la unida al zinc (ZPP), se correlaciona también con el aumento de la plumbemia. El aumento del ácido amino-levulínico urinario (ALA-U) es debido a la acción del plomo sobre la síntesis del grupo hemo.

Los marcadores de dosis interna son la plumbemia, el plomo basal en orina y el plomo en orina tras la administración de EDTA monocálcico disódico. La plumbemia es un marcador actual de la exposición. Se consideran plumbemias aceptables hasta 40 µg/dl (10 µg/dl, en niños según la CDC, 1991). La determinación de plomo en orina tras la administración de EDTA monocálcico disódico es un buen marcador de la exposición crónica al plomo. Se consideran valores aceptables hasta los 600 µg de plomo en orina de 24 horas.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Plomo
MEDIO	Sangre
MUESTREO	No crítico
VLB (2009)	70 µg/dl

VLB: Valor Límite Biológico.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED (2009)	150 µg/m ³
---------------	-----------------------

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS A LA EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

Las vías de entrada del plomo inorgánico en el organismo son fundamentalmente la respiratoria y la digestiva. Por vía respiratoria se absorbe entre el 30 y el 50% del plomo inhalado. Por vía digestiva se absorbe el 10% (50% en los niños). El plomo absorbido es vehiculado por la sangre y alrededor del 90% se fija en los glóbulos rojos.

El plomo en el organismo sigue un modelo tricompartmental: sangre (2% del contenido total, con una vida media de unas 5 semanas), tejidos blandos (8% y con una vida media de unas 6-8 semanas) y huesos (90% del contenido total y con una vida media que oscila entre 10 y 28 años).

La vía principal de eliminación es la renal. El plomo que se elimina por la saliva puede llegar a pigmentar el borde marginal de las encías (ribete de Burton).

- **Manifestaciones clínicas (Saturnismo)**

Los compuestos inorgánicos de plomo pueden ocasionar alteraciones digestivas, hematológicas, neurológicas, renales, endocrinas y del sistema reproductor.

Las alteraciones digestivas se pueden manifestar en forma de un cuadro abdominal agudo (“cólico seco”), con dolores intensos y difusos, vómitos y constipación. También se han descrito casos de hepatitis tóxica.

La anemia del saturnismo es debida a dos mecanismos, uno por inhibición de la síntesis de la hemoglobina (inhibiendo las enzimas delta-aminolevulínico dehidrasa y la ferroquelatasa) y otro por aumento de la destrucción de hematíes.

El punteado basófilo de los hematíes, se forma por depósitos de ácidos nucleicos al inhibir el plomo la pirimidin-5'-nucleotidasa, enzima encargada de la metabolización de los nucleótidos residuales eritrocitarios.

El plomo puede afectar al sistema nervioso central en forma de cefaleas, insomnio, alteraciones del carácter y de la memoria. También se ha relacionado la exposición al plomo con disminución del rendimiento escolar en niños. El plomo puede ocasionar una polineuropatía de predominio motor que afecta principalmente a las extremidades superiores.

La evolución crónica puede desencadenar una nefropatía plúmbica (destrucción de las células tubulares con la aparición posterior de fibrosis). También se ha relacionado la exposición al plomo con la aparición de hipertensión arterial y gota.

Se han descrito casos de impotencia y alteraciones en los espermiogramas. Las mujeres expuestas al plomo presentan una mayor incidencia de esterilidad y abortos espontáneos.



El **tetracloroetileno** es un líquido incoloro, volátil, utilizado como disolvente para el lavado en seco y desengrasante de piezas metálicas.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Los vapores de tetracloroetileno son irritantes de piel y mucosas.

Concentraciones elevadas pueden ocasionar una depresión del sistema nervioso central y un edema hemorrágico de pulmón.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Tetracloroetileno, ácido tricloroacético
MEDIO	Orina, sangre y aire exhalado
MUESTREO	Final de la semana laboral (Orina) Principio de la última jornada de la semana laboral (Sangre y Aire Exhalado)
VLB (2009)	3.5 mg/l Ácido tricloroacético (Orina) 0,5 mg/l Tetracloroetileno libre (Sangre) 5 ppm (Aire Exhalado)

VLB: Valor Límite Biológico.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED	25 ppm
--------	--------

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS DE LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS DISOLVENTES UTILIZADOS EN SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

La mayor parte del tetracloroetileno absorbido es eliminado por el aire espirado, únicamente alrededor del 10% es biotransformado siendo el metabolito mayoritario el ácido tricloroacético.

Las concentraciones de tetracloroetileno en el aire espirado durante la jornada laboral es el mejor marcador de exposición a este contaminante, éstas no deben de sobrepasar las 60 ppm.

La exposición crónica puede producir alteraciones neuro-psíquicas (fatiga, vértigos, alteraciones de la memoria e intolerancia alcohol).

También se han descrito casos de hepatitis tóxica debida a la exposición al tetracloroetileno y también se le relaciona con una mayor incidencia de nefropatías.

En el etiquetaje de los envases de tetracloroetileno (percloroetileno) deberá contener los pictogramas de una sustancia nociva (Xn) y peligrosa para el medio ambiente (N) y las frases R 40-51/53.



NOCIVO

Xn

PELIGROSO PARA EL
MEDIO AMBIENTE N

R40 Posibles efectos cancerígenos.

R51 Tóxico para los organismos acuáticos.

R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.



El **torio** puede estar presente en algunos electrodos de soldadura y debido a que es un cancerígeno importante se debe controlar al máximo su utilización (se recomienda, en la medida de lo posible, su sustitución por otros electrodos carentes de torio en su composición).

El dióxido de torio es altamente radiactivo con una vida media física de $1,39 \times 10^{10}$ años, desintegrándose el 90% en partículas alfa, 9% en partículas beta y el 1% rayos gamma.

La vida media biológica del torio en el organismo es de unos 400 años.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

A través de la radiología y de la tomografía axial computarizada (TAC) se pueden detectar acúmulos de densidad metálica en hígado, bazo y riñones.

En el estudio histopatológico se pueden apreciar acúmulos de gránulos de color parduzcos, empleando técnicas de microanálisis de rayos X podemos identificar el espectro del torio y mediante la autorradiografía se pueden detectar las partículas alfa, que son emitidas por los depósitos de torio.

■ PRINCIPALES RIESGOS A LA EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

Las afectaciones clínicas del dióxido de torio son principalmente sus efectos cancerígenos.

El cáncer hepatobiliar es el más frecuente. También se han descrito discrasias sanguíneas (anemias aplásticas, leucemias, linfomas) y otros tipos de cánceres (pulmón, esófago, estómago, mama, páncreas, colon, hueso, tiroides, riñón, etc.).

El torio se puede absorber por vía respiratoria, digestiva y excepcionalmente por vía cutánea.

Una vez absorbido pasa al torrente circulatorio y se acumula principalmente en el hígado, tejido óseo y en riñones.

La exposición natural (en población no expuesta laboralmente al torio y sus compuestos) es de unos 0,03 mBq por vía inhalatoria y por la vía digestiva ingerimos alrededor de los 4 mBq (diarios).

Una fracción de la actividad absorbida se elimina por la orina y a través de la vía intestinal por las heces.

El resto se redistribuye por el organismo (hígado, médula ósea, riñones).

La toxicidad de origen químico del torio es muy similar a la del uranio siendo su órgano diana el riñón (el torio es nefrotóxico).

La toxicidad a largo plazo se debe a la acción radioactiva del torio siendo un cancerígeno multisistémico.



El **tricloroetileno** es un excelente disolvente, no inflamable y reciclable, muy utilizado para desengrasar metales.

■ DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Las intoxicaciones agudas severas son actualmente raras. El coma surge en algunos minutos y las alteraciones del ritmo cardíaco así como el paro respiratorio pueden desencadenar rápidamente la muerte.

Para las exposiciones menos importantes aparecen alteraciones del SNC, asociadas a signos irritativos respiratorios y digestivos.

Se deben tener en cuenta la aparición de una hiperexcitabilidad miocárdica y alteraciones de la conducción, favorecidas por las condiciones de hipoxia. Las lesiones hepáticas y sobretodo renales son raras.

El contacto con el líquido provoca irritaciones manchas, ampollas cutáneas, y a más largo plazo dermatosis.

Los signos de intoxicación crónica son esencialmente signos neurológicos centrales y periféricos, asociados a unas perturbaciones de las pruebas neuropsíquicas, debe esperarse que a largo plazo aparezca un psicosisíndrome orgánico.

Está descrita como secuela de una intoxicación aguda la afectación de los nervios craneales, pero puede encontrarse en intoxicaciones crónicas, y la neuralgia del trigémino parece ser particularmente frecuente y precoz.

También se han detectado casos de afectación del nervio sural.

Las anomalías sanguíneas están descritas (trombocitemia, anemia, modificación de subpoblaciones linfocitarias) así como una vasodilatación cutánea, tras la ingestión de etanol.

En caso de los ratones se constata el aumento de la incidencia de cánceres hepáticos y pulmonares.

Se le considera cancerígeno de categoría 2.

■ CONTROL BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN

INDICADOR BIOLÓGICO	Tricloroetileno
MEDIO	Orina y sangre
MUESTREO	Final de la semana laboral
VLB (2009)	100 mg/g creatinina. Ácido tricloroacético (Orina)
	300 mg/g creatinina. Ácido tricloroacético + tricloroetanol (orina)
	4 mg/l tricloroetanol libre (Sangre)

VLB: Valor Límite Biológico.

■ CONTROL AMBIENTAL DE EXPOSICIÓN

VLA-ED	50 ppm
--------	--------

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

■ PRINCIPALES RIESGOS DE LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS DISOLVENTES UTILIZADOS EN SOLDADURA

■ METABOLISMO Y TOXICIDAD

La absorción del tricloroetileno (TCN) inhalado es del 70 al 80%, y se distribuye en todo el organismo con una acumulación principalmente en el tejido adiposo, lo que explica que la concentración sanguínea del TCN sea más elevada en los sujetos obesos.

Menos del 10% de la dosis absorbida es eliminada por el aire espirado, bajo la forma de intercambio, el resto es metabolizado esencialmente a nivel hepático, pero también a nivel pulmonar y renal.

Es oxidado por la vía del citocromo P-450, por medio de un derivado epoxidado en hidrato de cloral, que es asimismo transformado en ácido tricloroacético (TCA) y en tricloroetanol (TCE).

La mayoría de TCE es eliminado por vía urinaria, bajo la forma libre de glucuroconjugado, en las primeras 24 horas (vida media entre 10 y 15 horas).

Asimismo el TCA es eliminado sobretodo en el curso del segundo, tercer día (vida media entre 70 - 100 horas) pero su excreción puede prolongarse durante 10 días, de hecho por su gran afinidad por las proteínas plasmáticas.

La concentración sanguínea de TCN es específica y refleja la exposición de las horas precedentes.

En resumen la dosis urinaria de TCE es el reflejo de la exposición del día anterior, a la vez que el TCA es el reflejo de la exposición de la semana precedente anterior.

En el etiquetaje de los envases de tricloroetileno deberá contener el pictograma de una sustancia tóxica T y las frases R 45-68-36/38-67-52/53.



TÓXICO T

- | | |
|--------|---|
| R45 | Puede causar cáncer. |
| R68 | Posibilidad de efectos irreversibles. |
| R36/38 | Irrita los ojos y la piel. |
| R67 | La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo. |
| R52/53 | Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. |



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A ÁCIDO FLUORHÍDRICO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

- Valor ambiental de flúor

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas respiratorios (tos, disnea, dolor torácico)
- Síntomas otorrinolaringológicos (rinitis, faringitis, epistaxis)
- Síntomas dermatológicos (dermatitis de contacto, quemaduras)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración dermatológica
- Exploración orofaríngea
- Auscultación cardiorrespiratoria

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Espirometría
- Rinoscopia anterior
- Electrocardiograma
- Exploración oftalmológica
- Determinación del flúor en orina (Al final de la jornada laboral)

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A CADMIO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

- Valor ambiental de Cadmio:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas respiratorios (Disnea, sibilancias, tos seca, expectoración...)
- Síntomas osteoarticulares (Dolor pélvico, dolor extremidad inferior...)
- Síntomas orofaríngeos (Disfonía, laringitis, faringitis...)
- Síntomas urinarios (Poliúria, nictúria...)
- Síntomas generales (Astenia, pérdida de peso, disminución rendimiento...)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración orofaríngea
- Exploración respiratoria
- Auscultación cardiorrespiratoria
- Tacto rectal

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Hemograma:
- Función renal
- Función hepática
- Cadmio (urinario)
- RX Tórax
- Espirometría
- PSA y/o ecografía prostática

■ MARCADORES BIOLÓGICOS DE AFECTACIÓN RENAL

- Proteinúria / albuminúria
- $\beta 2$ - microglobulina
- RBP

* Protocolo obtenido del publicado por el Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A DICLOROMETANO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

– Valor ambiental de Diclorometano:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas respiratorios (Tos, expectoración, disnea)
- Alteraciones cutáneas (Dermatitis de contacto)
- Síntomas neurológicos centrales (Somnolencia, cefaleas, vértigos, pérdida de la conciencia)
- Efecto Antabus (Si se ingieren bebidas alcohólicas y se está en contacto con el diclorometano puede ocasionar un cuadro de intolerancia al alcohol)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración orofaríngea
- Exploración de la piel
- Auscultación cardiorrespiratoria

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Espirometría
- Determinación de diclorometano en orina al final de la jornada laboral
- Electrocardiograma
- Función hepática
- Función renal

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A COBRE Y OTROS METALES

En la tabla se describe la anamnesis, exploración clínica y estudios complementarios del cobre y otros metales de relevancia médica que pueden estar presentes en los procesos de soldadura.

Metal	Anamnesis	Exploración clínica	Estudios complementarios
Aluminio	– Síntomas respiratorios	– Auscultación cardiorrespiratoria	– Espirometría – Radiografía de tórax** – Determinación de aluminio en orina
Antimonio	– Dermatitis de contacto – Síntomas neurológicos – Síntomas ORL (laringitis, perforación del tabique nasal) – Síntomas respiratorios	– Auscultación cardiorrespiratoria – Exploración orofaríngea – Exploración neurológica – Exploración cutánea	– Rinoscopia anterior – Espirometría – Radiografía de tórax**
Berilio	– Granulomatosis cutánea – Sintomatología respiratoria – Cancerígeno pulmonar	– Exploración cutánea – Exploración respiratoria	– Espirometría – Radiografía de tórax**
Cobalto	– Dermatitis de contacto – Fibrosis pulmonar (tos, disnea, dolor torácico)	– Exploración cutánea – Exploración respiratoria	– Espirometría – Radiografía de tórax** – Determinación de cobalto en sangre y orina al final de la jornada laboral
Cobre	– Dermatológica (pigmentación verdosa de piel y faneras, dermatitis de contacto) – Fiebre de los metales – Sintomatología ORL (rinitis, perforación del tabique nasal) – Afectaciones oculares	– Exploración cutánea – Exploración ORL – Exploración respiratoria	– Control oftalmológico – Espirometría
Hierro	– Siderosis pulmonar	– Exploración respiratoria	– Espirometría – Radiografía de tórax**
Plata	– Argirosis (piel y mucosas)	– Exploración de piel y mucosas	
Vanadio	– Síntomas respiratorios – Alteraciones neurológicas – Pigmentación negruzca de la lengua	– Exploración respiratoria – Exploración orofaríngea – Exploración neurológica	– Espirometría – Determinación de vanadio en orina al final de la semana laboral
Zinc	– Fiebre de los metales – Dermatitis de contacto	– Exploración cutánea – Exploración respiratoria	– Espirometría

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.

** La radiografía de tórax se debe realizar como mínimo cada tres años.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

05

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A CROMO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

- Valor ambiental de Cromo:
- Equipos de protección individual:
- Ropa de trabajo:
- Adopción medidas higiénicas:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas ORL (nasal) (Epistaxis, obstrucción, rinorrea, anosmia...)
- Síntomas oculoconjuntivales
- Síntomas respiratorios (Disnea, sibilancias, tos seca, expectoración...)
- Síntomas digestivos (Odinofagia, disfagia, nauseas, vómitos...)
- Síntomas cutáneos (Eritema, prurito, eczema, úlceras...)
- Síntomas generales (Astenia, anorexia, pérdida de peso, disminución rendimiento...)
- Otros:

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Rinoscopia anterior:
 - Examen compatible con la normalidad
 - Inflamación tabique nasal
 - Crosta
 - Ulceración
 - Perforación
- Exploración respiratoria
- Auscultación cardiorespiratoria
- Exploración cutaneomucosa
- Exploración manos
- Exploración facial
- Exploración conjuntival
- Exploración oral

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Hemograma:
- Función renal
- Función hepática
- Cromo (Urinario)
- Espirometría
- Radiología de Tórax
- Radiología de Senos Nasales y Paranasales

* Protocolo obtenido del publicado por el Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A DIÓXIDO DE NITRÓGENO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

– Valor ambiental de dióxido de nitrógeno:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

– Síntomas respiratorios (tos, laringitis, disnea, dolor torácico)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

– Auscultación cardiorrespiratoria

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Hemograma completo (infecciones recidivantes)
- Espirometría
- Radiografía de tórax (como mínimo 1 cada 3 años)

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A MANGANESO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

– Valor ambiental del Manganeso:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas respiratorios (Disnea, sibilancias, tos, expectoración...)
- Síntomas neurológicos (SNC) (Cefaleas, temblores, alteración del ritmo del sueño,. Cambios de conducta, irritabilidad, apatía,...)
- Síntomas generales (Astenia, anorexia, disminución rendimiento, fatiga, poliartralgias, alteración de la libido,...)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración orofaríngea
- Exploración respiratoria
- Auscultación cardiorrespiratoria
- Exploración neurológica
 - Estudio de la marcha
 - Reflejos osteotendinosos
 - Estudio sensibilidad

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Hemograma:
- Función renal
- Función hepática

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A METIL-CLOROFORMO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

– Valor ambiental de Metil-Cloroformo:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas respiratorios (Tos, expectoración, disnea)
- Alteraciones cutáneas (Dermatitis de contacto)
- Alteraciones cardíacas (Arritmias)
- Síntomas neurológicos centrales (Somnolencia, cefaleas, vértigos, pérdida de la conciencia)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración orofaríngea
- Exploración de la piel
- Auscultación cardiotorácica

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Electrocardiograma
- Espirometría
- Determinación de metil-cloroformo (sangre) al principio de la última jornada de la semana laboral
- Función hepática
- Función renal

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A MONÓXIDO DE CARBONO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

– Valor ambiental de monóxido de carbono:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas neurológicos centrales (insomnio, cefaleas, vértigos, cambios de conducta, enfermedad de Parkinson)
- Síntomas cardiovasculares y arterioesclerosis (dolor precordial, cuadros de angor pectoris, infarto agudo de miocardio)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración neurológica
- Auscultación cardiorrespiratoria

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Electrocardiograma
- Exploración oftalmológica (fondo de ojo)
- Control de la Tensión Arterial
- Control de la glucemia, colesterol y fracciones, función renal
- Determinación de la carboxihemoglobina (Al final de la jornada laboral)

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A NÍQUEL

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

- Valor ambiental de Níquel:
- Equipos de protección individual:
- Ropa de trabajo:
- Adopción medidas higiénicas:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas ORL (nasal) (Epistaxis, obstrucción, rinorrea, anosmia...)
- Síntomas oculoconjuntivales
- Síntomas respiratorios (Disnea, sibilancias, tos seca, expectoración...)
- Síntomas digestivos (Odinofagia, disfagia, nauseas, vómitos...)
- Síntomas cutáneos (Eritema, prurito, eczema, úlceras...)
- Síntomas generales (Astenia, anorexia, pérdida de peso, disminución rendimiento...)
- Otros:

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Rinoscopia anterior:
 - Examen compatible con la normalidad
 - Inflamación tabique nasal
 - Crostas
 - Ulceración
 - Perforación
- Exploración respiratoria
- Auscultación cardiorespiratoria
- Exploración cutaneomucosa
- Exploración manos
- Exploración facial
- Exploración conjuntival
- Exploración oral

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Hemograma:
- Función renal
- Función hepática
- Espirometría
- Radiología de Tórax
- Radiología de Senos Nasales y Paranasales

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A OZONO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

– Valor ambiental del ozono

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas respiratorios (tos, laringitis, disnea, dolor torácico)
- Síntomas oculares (lagrimeo, fotofobia)
- Síntomas neurológicos (cefaleas, somnolencia)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Auscultación cardiorrespiratoria
- Exploración ocular

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Función renal (glomerulonefritis aguda)
- Espirometría

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A PLOMO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

- Valor ambiental de Plomo:
- Equipos de protección individual:
- Ropa de trabajo:
- Adopción medidas higiénicas:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas digestivos (Náuseas, vómitos, dolor abdominal, restricción, dispepsia, flatulencia,...)
- Síntomas neurológicos (SNC) (Cefaleas, temblores, alteración del ritmo del sueño, cambios de conducta, irritabilidad, apatía,...)
- Síntomas neurológicos (SNP) (Paraestésias, parestias, fasciculaciones,...)
- Síntomas generales (Astenia, anorexia, disminución rendimiento, fatiga, poliartralgias, alteración de la libido,...)
- Otros:

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Piel y mucosas:
- Exploración cardiocirculatoria:
Tensión arterial: (mmHg) y F.C.:
- Auscultación cardiopulmonar:
- Exploración orofaríngea:
- Explorar si existe ribete gingival:
- Exploración ocular:
Movilidad extrínseca:
Movilidad intrínseca:
Polo ocular anterior:
- Exploración neurológica:
Estudio pares craneales:
Estudio disimetría:
Prueba dedo-nariz:
Prueba índice-índice:
Estudio de la marcha:
Reflejos osteotendinosos:
Estudio de la sensibilidad:
- Exploración abdominal:

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Hemograma:
- Función renal
- Función hepática
- Plomo (en sangre)
- ZPP (en sangre)

* Protocolo obtenido del publicado por el Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A TETRACLOROETILENO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

– Valor ambiental de Tetracloroetileno:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas respiratorios (Tos, expectoración, disnea)
- Alteraciones cutáneas (Dermatitis de contacto)
- Síntomas neurológicos centrales (Somnolencia, cefaleas, vértigos, pérdida de la conciencia)
- Alteraciones hepáticas (Aumento de las transaminasas hepáticas)
- Alteraciones renales (Insuficiencia renal)
- Efecto Antabus (Si se ingieren bebidas alcohólicas y se está en contacto con el tetracloroetileno puede ocasionar un cuadro de intolerancia al alcohol)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración orofaríngea
- Exploración de la piel
- Auscultación cardiorrespiratoria

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Función hepática
- Función renal
- Espirometría
- Determinación del ácido tricloroacético en orina (Final de la semana laboral)
- Determinación del tetracloroetileno libre (sangre) al principio de la última jornada laboral de la semana
- Determinación de tetracloroetileno en aire exhalado, al principio de la última jornada laboral de la semana

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A TORIO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

- Cancerígeno de pulmón, hígado, páncreas, riñón y médula ósea

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síndrome tóxico (pérdida de peso, astenia, anorexia)
- Síntomas respiratorios (tos, disnea, dolor torácico)
- Síntomas hepáticos y pancreáticos (síndrome tóxico, ictericia, dolor abdominal)
- Síntomas de afectación medular (anemia, infecciones de repetición, hemorragias)
- Síntomas renales (disuria, anuria, hematuria)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración de la piel y mucosas
- Exploración abdominal (Valorar estudio ecográfico)
- Auscultación cardiorrespiratoria

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Hemograma completo
- Transaminasas hepáticas (Función hepática)
- Amilasas y lipasas séricas (Función pancreática)
- Creatinina sérica (Función renal)
- Estudio cito-químico de orina
- Espirometría
- Radiografía de tórax (Como mínimo 1 cada 3 años)

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.



■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A HUMOS DE SOLDADURA

■ DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre y apellidos:	.....
Edad:	.....
Sexo:	.....
Empresa:	.....
Lugar de trabajo:	.....
Actividad que realiza:	.....
Servicio de prevención:	.....
Tipo de reconocimiento:	Inicial <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Reincorporación <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>

■ PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS A LOS SOLDADORES EXPUESTOS A TRICLOROETILENO

■ DATOS DE RIESGO LABORAL

– Valor ambiental de Tricloroetileno:

■ ANAMNESIS ESPECÍFICA

- Síntomas respiratorios (Tos, expectoración, disnea)
- Síntomas digestivos (Nauseas, vómitos)
- Alteraciones cutáneas (Dermatitis de contacto)
- Alteraciones hematológicas (Anemia, trombocitopenia)
- Alteraciones cardíacas (Arritmias)
- Síntomas neurológicos centrales (Somnolencia, cefaleas, pérdida de la conciencia, neuropatías de trigémino y de otros pares craneales)
- Alteraciones del sistema nervioso periférico (Polineuropatía de extremidades inferiores)
- Alteraciones hepáticas (Aumento de las transaminasas hepáticas)
- Alteraciones renales (Insuficiencia renal)
- Efecto Antabus (Si se ingieren bebidas alcohólicas y se está en contacto con el tricloroetileno puede ocasionar un cuadro de intolerancia al alcohol)

■ EXPLORACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA

- Exploración orofaríngea
- Exploración de la piel
- Auscultación cardiorrespiratoria
- Exploración neurológica

■ ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Hemograma
- Electrocardiograma
- Función hepática
- Función renal
- Espirometría
- Determinación del ácido tricloroacético y tricloroetanol en orina (Final de la semana laboral)
- Determinación del tricloroetanol libre (sangre) al final de la semana laboral

* Protocolo propuesto por los autores de esta Guía.

