

REGLAMENTO TÉCNICO PARA EVALUACIÓN DE HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA



Reglamento Técnico para
Evaluación de Humos Metálicos de Soldadura

DIRECCIÓN

José Manuel López Camargo

REDACCIÓN DEL TEXTO

Edna Iveth Leguizamón Amaya
Omar Enrique Restrepo Padilla

INTERVENTORIA

Unidad de Interventorías
Facultad de Salud Pública
Universidad de Antioquia

2002

***REGLAMENTO TÉCNICO
PARA EVALUACIÓN DE
HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA***



JUAN LUIS LONDOÑO DE LA CUESTA
MINISTRO DE SALUD
ENCARGADO DE LAS FUNCIONES
DEL DESPACHO DEL
MINISTRO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL

LUZ STELLA ARANGO DE BUITRAGO
VICEMINISTRA
MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL

JOSE VICENTE CASAS DÍAZ
SECRETARIO GENERAL

NESTOR ARTURO HERRERA ARENALES
DIRECTOR GENERAL DE SALUD
OCUPACIONAL Y RIESGOS
PROFESIONALES



JOSÉ MANUEL LOPEZ CAMARGO
DIRECTOR GENERAL

EDNA IVETH LEGUIZAMON AMAYA
INGENIERA
ESPECIALISTA EN MEDIO AMBIENTE

OMAR ENRIQUE RESTREPO PADILLA
INGENIERO
ESPECIALISTA EN HIGIENE INDUSTRIAL

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. OBJETO	15
3. CAMPO DE APLICACIÓN.....	17
4. FUNDAMENTO DEL MÉTODO.....	19
5. CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO	21
DEFINICIONES	21
ACTUACIÓN EN HIGIENE INDUSTRIAL	24
RECONOCIMIENTO	24
<i>Procedimientos para el reconocimiento</i>	25
<i>Priorización cualitativa</i>	27
<i>Informe final de Reconocimiento</i>	30
ELECCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO A MUESTREAR	30
ELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MUESTREO	34
ELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL TREN DE MUESTREO.....	36
VOLUMEN MÍNIMO REQUERIDO DE MUESTRA	37
EQUIPOS PARA EL MUESTREO	38
<i>Bomba de muestreo</i>	38
<i>Medios de retención</i>	38
<i>Cargadores</i>	39
<i>Equipos para calibración</i>	40
<i>Otros accesorios</i>	42
<i>Mantenimiento de Equipos</i>	42
MONTAJE DEL TREN DE MUESTREO	43
<i>Montaje del filtro de membrana en un portafiltros de dos secciones</i>	43
<i>Montaje del filtro de membrana en un portafiltros de tres secciones</i>	44
<i>Instalación del tren de muestreo</i>	45
CALIBRACIÓN DEL TREN DE MUESTREO	45
<i>Descripción de la calibración por el método de burbuja</i>	46
<i>Descripción de la calibración por el método electrónico de burbuja</i>	47
<i>Cálculo del caudal del tren de muestreo</i>	48
<i>Postcalibración</i>	49
TÉCNICA DE MUESTREO.....	50
<i>Preparación previa al muestreo</i>	50
<i>Ubicación del tren de muestreo</i>	50
<i>Manejo del portafiltros</i>	51
<i>Recolección de la muestra</i>	51
<i>Recolección de las Muestras “Blanco”</i>	52
<i>Número mínimo de muestras</i>	52
<i>Manejo de las muestras</i>	53
<i>Muestras rechazadas</i>	53
TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS AL LABORATORIO	53
ANÁLISIS DE LABORATORIO	53
<i>Concentración de los humos metálicos de soldadura</i>	54
ERRORES QUE PUEDEN AFECTAR EL RESULTADO DEL MUESTREO	56
VALORES LÍMITE PERMISIBLES	57
<i>Valores recomendados</i>	57
<i>Valor límite permisible corregido por tiempo de exposición</i>	57
<i>Valor límite corregido por temperatura y presión</i>	58

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	59
<i>Criterio estadístico</i>	59
<i>Nivel de intervención (NIOSH)</i>	64
<i>Registro y Notificación</i>	64
MÉTODOS DE CONTROL PARA LOS HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA	64
<i>Controles administrativos</i>	64
<i>Controles de ingeniería</i>	65
<i>Controles en el individuo</i>	68
<i>Verificación de controles</i>	68
6. IDONEIDAD DEL HIGIENISTA	69
7. VIGILANCIA Y CONTROL.....	71
8. REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN	73
9. DEROGATORIA	75
10. VIGENCIA	77
11. RÉGIMEN SANCIONATORIO.....	79
12. BIBLIOGRAFÍA.....	81
13. ANEXOS.....	85

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Representación Gráfica de los Muestreos.....	36
Figura 2. Bomba de muestreo.....	38
Figura 3. Portafiltros para filtros de membrana de dos y tres piezas.....	39
Figura 4. Cargadores para bombas de muestreo.....	40
Figura 5. Calibrador de burbuja (Primario).....	40
Figura 6. Calibrador electrónico de burbuja.....	41
Figura 7. Calibrador electrónico de burbuja.....	41
Figura 8. Calibrador seco (Dry – Cal).....	41
Figura 9. Adaptador.....	42
Figura 10. Ensamble del portafiltros de dos secciones.....	43
Figura 11. Ensamble del filtro de membrana en un portafiltros de tres secciones.....	44
Figura 12. Tren de muestreo.....	45
Figura 13. Esquema de calibración del tren de muestreo por el método de burbuja.....	47
Ubicación del tren de muestreo en el operario.....	51
Figura 15. Efecto del número de muestras consecutivas de periodo completo para la demostración de no conformidad cuando el criterio de prueba es del 50%.....	61
Figura 16. Influencia del número de muestras y el tiempo cubierto en el muestreo para demostración de No Conformidad.....	62
Figura 17. Efecto del número de muestras puntuales para la demostración de conformidad.....	63
Figura 18. Clasificación de acuerdo a los límites de confianza.....	64
Figura 19. Sistemas de extracción localizada para puestos de trabajo fijos.....	66
Figura 20. Sistemas de extracción localizada en puestos de trabajo móviles.....	66
Figura 21. Esquema de extracción en la pistola de soldadura.....	67
Figura 22. Esquema de extracción incorporada a la pantalla protectora.....	67

LISTA DE TABLAS

TABLA I.	<i>Nivel de Efecto en Salud del Factor de Riesgo Ocupacioal</i>	28
TABLA II.	<i>Tipos de Exposición a los Factores de Riesgo Ocupacionales</i>	28
TABLA III.	<i>Matriz de Trascendencia para la Calificación Cualitativa de los Factores de Riesgo</i>	29
TABLA IV.	<i>Tamaño de Muestra Cuando se Estima como Grupo de más Alto Riesgo el 10% - Límite de Confianza 90%</i>	32
TABLA V.	<i>Números Aleatorios</i>	33
TABLA VI.	<i>Propiedades físicas del aire a diferentes alturas</i>	49
TABLA VII.	<i>Valores Limite Permisibles para los Humos Metálicos de soldadura</i>	55

1. INTRODUCCIÓN

En la unión de piezas metálicas, la soldadura es uno de los procesos industriales utilizados con mayor frecuencia, desarrollándose una gran variedad de tipos de soldadura, siendo así mismo numerosos los metales y aleaciones que pueden unirse por medio de estos procesos.

Existen dos grandes grupos en los que se pueden agrupar todos los tipos de soldadura metálica, estos son:

- . Soldadura con aportación de metal, entre las que se pueden destacar las soldaduras blandas y duras, con soplete y con arco.
- . Soldadura sin aportación de metal, entre las que se encuentran, soldadura eléctrica por puntos, soldadura por inducción, por frotamiento, rayo láser, etc.

Un análisis detallado de los riesgos que surgen en los procesos de soldadura es bastante laborioso; en este reglamento técnico se analizan solo aquellos contaminantes, que, en los procesos de soldadura, se generan en forma de humos metálicos y los factores que influyen en el riesgo higiénico.

Este reglamento técnico especifica la metodología para la toma de muestras de los humos metálicos de soldadura, con el fin de unificar criterios y que se pueda realizar la comparación de los resultados encontrados en la evaluación de éste agente contaminante con los valores límite permisibles.

El reglamento toma como base los procedimientos de muestreo recomendados por NIOSH y OSHA, los cuales señalan la clase de equipos empleados e indicados por estos organismos y que permiten una aplicación sencilla en la recolección de las muestras, con la posibilidad del empleo de nuevas tecnologías que vayan surgiendo en el campo de la higiene ocupacional.

El reglamento contempla los procedimientos seguidos para la calibración de los equipos, los procedimientos para la evaluación del contaminante y además se enuncian los sistemas para el control de los humos metálicos de soldadura.

Este reglamento hace parte de una serie de normas relacionadas con la metodología empleada en higiene ocupacional, dirigida a la armonización de técnicas y procedimientos que se deben seguir en la identificación, evaluación y control de riesgos físicos y químicos en los puestos de trabajo.

La aplicación de los procedimientos de evaluación de contaminantes, se ajusta a los lineamientos exigidos por las normas referidas a los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (NTC-OHSAS 18000) y Sistemas de Gestión Ambiental (NTC-ISO 14000) en cuanto a los programas de monitoreo y medición que deben incluir las industrias dentro de sus procesos de mejoramiento continuo y que desean ser certificadas.

2. OBJETO

El objeto de este reglamento técnico es especificar el equipo, los materiales y procedimientos necesarios , que deben ser empleados para el muestreo de los humos metálicos generados en las operaciones de soldadura.

Establecer una guía detallada de las actividades que se deben llevar a cabo para la realización del muestreo, y que debe ser aplicada por profesionales y tecnólogos dedicados a realizar las evaluaciones en Higiene Industrial de este tipo de agentes contaminantes.

Brindar al Sistema General de Riesgos Profesionales del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, una herramienta útil para la verificación de la correcta aplicación de los procedimientos de evaluación de estos contaminantes

Como parte de los objetivos de prevención y promoción de la salud de los trabajadores, constituye un mecanismo fundamental para el Sistema General de Riesgos Profesionales, en el sentido que suministra información necesaria para tomar decisiones más acertadas, en torno a la evaluación de exposición ocupacional y ambiental a los humos metálicos de soldadura con el fin de prevenir las enfermedades profesionales.

3. CAMPO DE APLICACIÓN

El presente reglamento técnico es aplicable en el campo de la higiene industrial, para la determinación de concentraciones de humos metálicos en los ambientes de trabajo, generados en las operaciones de soldadura, incluyendo las operaciones de corte de metales.

La aplicación del reglamento representa un gran beneficio tanto para los empleados como para los empleadores del sector metalmeccánico, ya que permite la obtención de resultados confiables que servirán como base para la toma de decisiones en cuanto a las medidas correctivas y preventivas que deben ser aplicadas.

Los humos metálicos que son considerados en este reglamento técnico son:

- Aluminio
- Antimonio
- Berilio
- Cadmio
- Cromo
- Cobalto
- Cobre
- Hierro
- Manganeso
- Molibdeno
- Níquel
- Plomo
- Titanio
- Vanadio
- Zinc

Este reglamento es aplicable en todo el territorio nacional a todo lugar de trabajo donde se realicen operaciones de soldadura, incluyendo las operaciones de corte de metales, cualquiera que sea la forma jurídica de la empresa.

4. FUNDAMENTO DEL MÉTODO

Para verificar el cumplimiento de la normativa nacional referida a Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales, las empresas deben establecer programas de evaluación de las condiciones de higiene en sus instalaciones y la realización de actividades de promoción y prevención en función de la salud del trabajador expuesto. Este soporte legal comprende fundamentalmente lo siguiente:

- Resolución 2400/79 Cáp.9. (Art.155-156): Contaminación Ambiental
- Ley 9/79 (Art.110): De los Valores Límites en lugares de trabajo
- Decreto 614/84 Cáp.2, Art.24: Responsabilidades de los Empleadores y Art. 28: Programas de Salud Ocupacional en las Empresas.
- Decreto 1295/94 Cáp.6 (Art.56-57): Prevención y Promoción de Riesgos Profesionales

La base para la evaluación de las condiciones ambientales de los puestos de trabajo, es el muestreo personal y ambiental de estos. Para cumplir con este fin, se utilizan las bombas de muestreo personal calibradas en un caudal exactamente conocido entre 1 y 2 litros por minuto (L/min). Como medios de retención se emplean filtros de membrana de ester de celulosa de 0.8 μm de tamaño de poro y 37 mm de diámetro. Los filtros son colocados en portafiltros de poliestireno de 2 o 3 piezas, y de 37 mm de diámetro.

El análisis de las muestras recolectadas se realiza por medio de la técnica analítica de Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma (ICAP-AES), previo tratamiento del filtro para solubilizar la muestra, procedimiento que es realizado por el laboratorio analítico.

Este método se fundamenta en la información científica dada en las normas NIOSH 7300/94, OSHA-ID 125G/91, OSHA-206/91 y en la información registrada por la ACGIH. Además se tiene en consideración la información científica publicada por entidades reconocidas como el Instituto de Salud Pública de Chile, Fundación Mapfre, entre otras.

5. CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

DEFINICIONES

A

- **ACGIH:** Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
- **AIHA:** Asociación Americana de Higienistas Industriales

B

- **Bomba:** Equipo para el muestreo personal o ambiental y cuyo caudal de muestreo se calibra en un margen específico para cada contaminante.

C

- **Calibrador de Burbuja:** Equipo empleado para ajustar el caudal de una bomba de muestreo con el empleo de una burbuja de jabón.
- **Calibrador Seco (Dry-Cal):** Equipo similar al anterior en el que se suprime la burbuja de jabón por un sistema de émbolo.
- **Caudal:** Volumen de un fluido que se desplaza entre dos señales cualquiera en un tiempo determinado, se expresa en litros/minuto o en metros cúbicos minuto.
- **Contaminante:** Cualquier sustancia tóxica presente en el aire y que es capaz de generar daño a la salud.

E

- **Espectroscopia:** Representación gráfica de la distribución de la radiación electromagnética absorbida o emitida por una muestra en función de la longitud de onda de ésta radiación.
- **Evaluación:** Proceso general de reconocer, medir y comparar estándares para estimar la magnitud de un riesgo y decidir si éste es aceptable o no.
- **Evaluación Ambiental:** Es la emisión de un juicio basado en la observación, medición de la magnitud de un agente de riesgo y la comparación del resultado con criterios higiénicos preestablecidos.

CONTENIDO ESPECÍFICO DE LA NORMA

F

- **Filtro:** Elemento de membrana con un tamaño de poro determinado por el que se hace pasar el aire para retener el contaminante.
- **Formato de Reconocimiento:** Instrumento utilizado para registrar la información recopilada durante la visita de reconocimiento a los lugares de trabajo.

H

- **Humo Metálico:** Suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas generadas en un proceso de condensación del estado gaseoso, partiendo de la sublimación o la volatilización de un metal.

G

- **Gravimetría:** valoración que se hace de un contaminante químico por medio de pesadas.

M

- **Metal:** Cuerpo simple que en combinación con el oxígeno genera óxidos metálicos.
- **Metal Base:** Metal que va a ser soldado.
- **Metal de Aporte:** Metal, que por fusión, entra a formar parte de la unión de piezas en la operación de soldadura.
- **Muestra Ambiental:** Es la muestra que se obtiene de una zona determinada o del ambiente general.
- **Muestra Personal:** Es la muestra recogida a un trabajador en particular a quien se le coloca el dispositivo de muestreo.
- **Muestra Blanco:** Se considera "Blanco" al filtro que se somete a las mismas manipulaciones que el resto de los filtros empleados, excepto que no se pasa aire a través de él.

N

- **NIOSH:** National Institute for Occupational Safety and Health.

O

- **OSHA:** Occupational Safety and Health Administration.

P

- **Peligro:** Situación con potencial de daño en términos de lesión o enfermedad.
- **Precisión:** La precisión de una medida es la suma de todos los valores de los errores absolutos cometidos al efectuar una medición.

R

- **Reconocer:** Etapa de la Higiene Ocupacional dirigida a identificar los agentes de riesgo que se originan en el lugar de trabajo.
- **Riesgo:** Probabilidad de que ocurra un evento peligroso específico.
- **Rotámetro:** Instrumento utilizado para medición de flujo, se basa en el desplazamiento de una esfera a través de una cavidad cilíndrica transparente, la cual se encuentra señalizada en una escala lineal dada en L/min.

S

- **Soldadura:** Término genérico que se aplica a la unión por diversos procesos a piezas metálicas basado en transformar las superficies de unión en estado plástico o líquido utilizando calor o presión o ambos sistemas al mismo tiempo y con o sin el uso de metal de relleno(aporte)
- **Soldadura Eléctrica:** es la unión de metales por calentamiento mediante un arco eléctrico con o sin aporte de gases y fundentes para cubrir la soldadura. También se usa para cortes bastos y para despedazar chatarra por la poca uniformidad del corte.
- **Soldadura Oxiacetilénica (Autógena):** Es la unión de metales por calentamiento mediante gases. El oxígeno y el acetileno proporcionan la llama de mayor temperatura. En operaciones se denomina oxicorte.
- **STEL:** Short Time Exposure Limit – Límite de Exposición de Corta Duración, que refleja la máxima concentración a que puede exponerse el trabajador, de forma continua durante periodos de quince (15) minutos, siempre que no existan mas de cuatro de tales periodos al día y que los intervalos entre los mismos sean de al menos, sesenta minutos y además cuidando que el TLV para la jornada diaria no se sobrepase.

T

- **Tren de Muestreo:** Conjunto formado por la bomba, la manguera y el portafiltro con el filtro retenedor.
- **TWA:** Concentración media calculada, para un día usual de ocho horas de trabajo es el cual se cree que todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día a día sin sufrir efectos adversos.

V

- **Validez:** Es una característica o propiedad de una medición importante y siempre es deseable que esté presente en una medición, hace referencia a si la medición mide realmente lo que se quiere medir.
- **Valor Límite Permisible (TLV-Threshold Limit Value):** Concentración de una sustancia en el aire por debajo de la cual, la mayoría de los trabajadores pueden exponerse sin sufrir efectos adversos para la salud.

ACTUACIÓN EN HIGIENE INDUSTRIAL

Dentro de la higiene industrial se pueden distinguir cuatro etapas fundamentales, en las que se enfocan las actividades desarrolladas por esta disciplina, en la búsqueda del mejoramiento de las condiciones en las que los trabajadores desempeñan su labor. Estas etapas fundamentales son:

- a) Estudio de los contaminantes, para determinar las relaciones dosis – respuesta, relacionadas directamente con el hombre, a través de estudios y experimentaciones, con el fin de establecer unos valores estándar de concentración. Esta etapa de la higiene es conocida como Higiene Teórica.
- b) Estudio de la situación higiénica en el lugar de trabajo, para tal fin se realiza el análisis del puesto de trabajo, la detección de los contaminantes y tiempo de exposición, toma de muestras y comparación de los resultados con los valores establecidos. A esta etapa se le conoce como Higiene de Campo.
- c) Investigación y determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes presentes en el ambiente de trabajo. Esta etapa se conoce como Higiene Analítica y se encuentra estrechamente relacionada con la higiene teórica y la higiene de campo.
- d) Elección y recomendación de los métodos de control que deben ser implementados para reducir los niveles de concentración presentes en el ambiente de trabajo hasta valores no perjudiciales para la salud. esta última etapa se conoce como Higiene Operativa.

El contenido de los capítulos del reglamento, está dirigido a la Higiene de Campo aplicada a la evaluación de los Humos metálicos generados en los procesos de soldadura, estableciendo los métodos para el reconocimiento, elección de lugares donde se debe realizar el muestreo y número de muestras que deben ser tomadas, para que los resultados obtenidos por el Higienista industrial en el proceso de evaluación del contaminante, cumpla con los requisitos necesarios de precisión, exactitud y fiabilidad.

RECONOCIMIENTO

Dentro del ámbito industrial, las operaciones de soldadura, como es bien conocido, están ampliamente extendidas. Como consecuencia de estas operaciones, el soldador está frecuentemente expuesto a humos y gases de soldadura.

El origen de estos contaminantes se encuentra en el material soldado (metal base o su posible recubrimiento), el material aportado (metal de aporte, escorificantes, fundentes, desoxidantes, gas de protección), y en el aire que constituye el entorno de la zona de soldadura, origen en parte de los gases nitrosos, ozono y monóxido de carbono, todos estos aspectos deben ser tenidos en cuenta antes, durante y después del proceso de evaluación de este contaminante en el lugar de trabajo.

Además de estos aspectos se deben tener en cuenta entre otros:

- . Tipo de soldadura empleada.
- . La ventilación y dimensiones del área

- . Condiciones higiénicas del puesto de trabajo de soldadura.(si es al aire libre o dentro de un taller o planta)
- . El tiempo de duración de las tareas realizadas.
- . Posición que adopta el trabajador con respecto al sitio donde aplica la soldadura.
- . Número de trabajadores directa e indirectamente expuestos a los humos metálicos de soldadura.

Esta información debe ser recolectada y analizada por una persona calificada, que con su experiencia en el tema, pueda llegar a conclusiones acertadas sobre los posibles riesgos para la salud que se puedan generar a partir de las actividades desarrolladas en una empresa donde se desarrollen operaciones de soldadura.

En las empresas donde las operaciones de soldadura constituyen una etapa específica dentro de un flujo de proceso que lleva a la obtención de un producto final, (ensamble automóviles, armado de estructuras metálicas, etc), el reconocimiento puede estar dirigido a la totalidad del proceso desarrollado o puede estar dirigido específicamente al puesto de trabajo donde se aplica la soldadura.

Cabe resaltar que dada la forma física en que se presenta el agente contaminante objeto de la evaluación, éste puede estar presente en todo el área de trabajo, afectando tanto al trabajador directamente involucrado con el proceso, como a todos aquellos que comparten la misma área pero en cumplimiento de otras funciones.

PROCEDIMIENTOS PARA EL RECONOCIMIENTO

Para obtener la mejor y más completa información a partir de la etapa de reconocimiento del lugar de trabajo, el higienista debe tener en cuenta todos los pasos que el operario de soldadura lleva a cabo en el desarrollo de sus tareas. El higienista también debe conocer a fondo este proceso, para poder determinar el momento y el lugar preciso en que se generan los humos metálicos. También se debe realizar la identificación de aquellas condiciones en el lugar de trabajo, que pueden influir en el comportamiento de los humos metálicos en el lugar de trabajo, ya sea aumentando o disminuyendo el grado de riesgo, como son la ventilación del lugar de trabajo, las prácticas de trabajo del operario y el tiempo de exposición, entre otros.

La preparación previa de las actividades a desarrollar en esta etapa es fundamental, en orden de obtener la mejor información acerca de las condiciones de higiene en las que este se encuentra el puesto de trabajo¹. Las etapas en las que se divide el proceso de reconocimiento de lugares de trabajo son:

- 1) Actividades previas al reconocimiento
- 2) Actividades durante el reconocimiento
- 3) Actividades posteriores al reconocimiento

¹ Universidad del Bosque. Salud Ocupacional. Procedimientos para el Reconocimiento. Bogotá, Colombia. 2000

Actividades previas a la visita de reconocimiento

Estas actividades son las de mayor importancia para el higienista, en orden a tener el mejor desempeño durante su visita a las instalaciones. Dentro de estas actividades se incluyen:

- 1) Definir el objetivo del reconocimiento, ya que de ello dependerá, el planteamiento de la visita.
- 2) Documentarse acerca de los tipos de soldadura que se emplean en la empresa que va a ser visitada y en particular de los posibles riesgos generados por las actividades realizadas en las operaciones de soldadura. La revisión bibliográfica comprende: tipos de soldadura, operaciones realizadas, metales que van a someterse al proceso de soldadura, posibles emisiones producidas en estos procesos, y normas o disposiciones legales vigentes. Además se debe solicitar asesoría de personas o entidades conocedoras del tema. Lo anterior dará un conocimiento inicial que podrá ayudar en la determinación del riesgo presente en el lugar de trabajo.
- 3) Revisar la documentación técnica de la empresa referida a los panoramas de riesgo, estadísticas de morbilidad, ausentismo, entre otros.

Previo a la visita de reconocimiento se deben realizar los contactos con los representantes de la empresa que estén encargados de la coordinación de estas actividades, para definir fecha y hora de la visita, además de establecer los recursos necesarios que se demanden en la visita.

Actividades durante la visita de Reconocimiento

La obtención de resultados confiables en los procesos de evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores, a causa de los humos metálicos, depende en gran parte de la información que se recolecte sobre la empresa en la que se realiza la evaluación, los tipos de soldadura que allí se aplican, las aleaciones que se trabajan, tipo de equipos empleados y sistemas preventivos implementados.

La visita de reconocimiento se inicia solicitando la información general sobre la empresa, estos datos se anotarán en un formato especial diseñado para tal fin. VER ANEXO 1. FORMATO DE RECONOCIMIENTO.

Durante esta visita, es necesario el acompañamiento del personal de la planta involucrado en el tema (departamento de salud ocupacional) y del personal con el mayor conocimiento acerca de las actividades, procesos y materiales que allí se emplean (departamento de producción). las actividades dentro de la visita se pueden resumir en:

- 1) Recorrido. Se efectuará de acuerdo al flujo del proceso.
- 2) Elaborar diagramas con la ubicación de equipos y materiales, además de la ubicación del personal potencialmente expuesto.
- 3) Registrar datos. La información recolectada debe ser lo más completa posible y debe ser registrada de forma inmediata en el sitio donde se realizó la inspección. El formulario que se utilice se llenará completamente; en el caso que en algún tipo de información no quede completa, se hará la anotación, para obtenerla después del recorrido. En los casos que el higienista no entienda alguna parte del proceso evaluado, este debe pedir las aclaraciones necesarias. Los aportes dados por el personal que labora en el área, son de gran ayuda para

el hallazgo de otras condiciones que puedan influir en el aumento o disminución de la presencia del agente contaminante en el lugar de trabajo.

- 4) Observar cuidadosamente cada una de las operaciones para identificar los riesgos actuales o potenciales que puedan derivarse y el número de expuestos.
- 5) En lo posible, averigüe y anote las reacciones que puedan tener lugar en el área de trabajo, como consecuencia de las operaciones de soldadura allí realizadas.(Transformaciones químicas). Este es el caso de los gases y óxidos altamente tóxicos generados por la acción química de las radiaciones ultravioleta visibles (RUV), producidas por la soldadura de arco, como son el gas fosgeno, generado por la reacción química entre las RUV y productos de limpieza o desengrasantes empleados y que contienen cloro; el gas ozono, generado por la reacción entre las RUV y el oxígeno; y por último los óxidos de nitrógeno generados por la reacción entre el ozono y el nitrógeno del aire.
- 6) Observar los hábitos de los trabajadores y tratar de enterarse por su intermedio de las principales incomodidades en su lugar de trabajo.
- 7) Observar los sistemas utilizados para el control del agente contaminante .

Actividades posteriores al Reconocimiento

En esta etapa, se definen aquellos puntos donde se hace más necesaria la toma de muestras del contaminante, para así determinar el riesgo real y fundamentar acciones y recursos de control. Esta definición es primordial en orden a racionalizar inversión y recursos necesarios en una adecuada relación de costo – beneficio.

PRIORIZACIÓN CUALITATIVA

Los criterios para la priorización preliminar de los riesgos generados por la presencia de humos metálicos de soldadura en el ambiente de trabajo, se fundamentan en las recomendaciones evaluadas por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Estos criterios son magnitud, trascendencia y factibilidad de evaluación y control enunciados a continuación:

Magnitud

Tamaño de la población expuesta: número de trabajadores.

Trascendencia

La trascendencia del riesgo ocupacional se califica según el nivel de efecto den la salud y el tipo de exposición.

Nivel del efecto en salud: Estimación dada por la toxicidad potencial del agente. Considera también efectos agudos o crónicos.

TABLA I. Nivel de Efecto en Salud del Factor de Riesgo Ocupacional²

NIVEL DE EFECTO	DETALLE
0 = Nulo:	No se describen efectos permanentes en salud No requiere tratamiento. No causa incapacidad
1 = Leve:	Efecto reversible, posibles consecuencias. Usualmente no necesita tratamiento para recuperación. Incapacidad rara
2 = Serio:	Efectos severos reversibles. Requiere tratamiento para recuperación. Produce incapacidad.
3 = Crítico:	Efectos irreversibles. No tratable. Cambia estilo de vida para adaptarse a la discapacidad.
4 = IDLH:	Inmediatamente peligroso para la vida y la salud. Incapacidad total. (Immediately Dangerous for Life or Health).

Tipo de exposición: Combina frecuencia y duración de la exposición en la jornada con un estimativo del nivel de la contaminación.

TABLA II. Tipos de Exposición a los Factores de Riesgo Ocupacionales^{3 4}

TIPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
0 = Exposición mínima:	Exposición ocasional de muy corta duración a muy bajas concentraciones. Dilución ambiental grande. No hay percepción organoléptica del contaminante. No amerita evaluación. Concentraciones menores al 10% del TLV
1 = Exposición baja:	Exposición ocasional o infrecuente a bajos niveles. Se percibe el factor. Evaluación a juicio del profesional dependiendo del peso de las demás variables. Concentraciones menores al 50% del TLV.
2 = Exposición Moderada:	Exposición relativamente frecuente a bajos niveles o poco frecuente a altos niveles. Se percibe o molesta. Debe evaluarse si coincide con demás variables. Concentraciones entre el nivel de acción y el TLV.
3 = Exposición Alta:	Exposición frecuente 2 veces /día o total hasta 4 horas /día a altas concentraciones. Debe evaluarse, excepto si es muy bajo el efecto o escasa población. Concentraciones cerca al TLV o por encima del TLV.
4 = Exposición Muy alta:	Más de 2 veces /día o más de 4 horas /día a concentraciones o niveles muy por encima del TLV. Debe evaluarse.

TLV: Valor Limite Permissible

Se debe tener presente que la utilización de estos criterios exige observadores con formación y experiencia en Higiene Industrial, de otra forma se corre el riesgo de llegar a conclusiones desviadas de la realidad objetiva.

² TALTY, J.T. P.E. Industrial Hygiene Engineering Recognition, Measurement, Evaluation and Control Ed. Ohio. 1985

³ TALTY, J.T. P.E. Industrial Hygiene Engineering Recognition, Measurement, Evaluation and Control Ed. Ohio. 1985

⁴ ACGIH, Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants Ohio. 8th Ed. 1995

TABLA III. Matriz de Trascendencia para la Calificación Cualitativa de los Factores de Riesgo^{5 6}

		Tipo de Efecto				
		0=Exposición Mínima	1=Exposición Baja	2=Exposición Moderada	3=Exposición Alta	4=Exposición Muy Alta
Nivel del Efecto	4 = IDLH	Media	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
	3 = Critico	Baja	Media	Alta	Alta	Muy Alta
	2 = Serio	Baja	Media	Media	Alta	Alta
	1 = Leve	Mínimo	Baja	Media	Media	Alta
	0 = Nulo	Mínimo	Mínimo	Baja	Baja	Media

Factibilidad de Evaluación y Control

Está dado por la disponibilidad de recurso económico y tecnológico para realizar las evaluaciones necesarias.

Con la información obtenida en el reconocimiento de los lugares de trabajo, el higienista puede calificar la exposición ocupacional a humos metálicos de soldadura en la empresa visitada. Esta calificación la puede realizar trasladando los datos obtenido a un cuadro de resumen diseñado para tal fin, este cuadro se dividirá en cinco columnas de acuerdo con:

- 1) Puesto de trabajo o sección
- 2) Número de trabajadores expuestos
- 3) Nivel de efecto
- 4) Tipo de exposición
- 5) Valoración cualitativa aplicando los valores de Trascendencia (Tabla III).

En la calificación preliminar se emplea un método en el cual para cada área donde se presenta la exposición a humos metálicos, se anota el número de trabajadores según la calificación de trascendencia (Ver Tabla III). La suma de los expuestos en calificación alta y media representa el indicador conjunto para los criterios de magnitud y trascendencia y en consecuencia que lugar de trabajo se puede considerar de manera prioritaria.

Para los lugares de trabajo que resulten prioritarios, se procederá en orden secuencial a estudiar la información técnica disponible relacionada con panoramas de riesgos, estudios de Higiene Ocupacional e información biomédica existente.

Ejemplo:

Un determinado grupo de trabajadores de soldadura, de tres áreas diferentes dentro de una empresa, se encuentran expuestos a óxidos de hierro. Para realizar la priorización cualitativa, se procede de la siguiente forma, empleando los datos de clasificación dados en las tablas I, II, y III.

⁵ TALTY, J.T. P.E. Industrial Hygiene Engineering Recognition, Measurement, Evaluation and Control Ed. Ohio. 1985

⁶ ACGIH, Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants Ohio. 8th Ed. 1995

PRIORIZACIÓN CUALITATIVA

Puesto de Trabajo No.	Factor de Riesgo	No de Trabajadores Expuestos	Nivel de Efecto en la Salud (Según Tabla I)	Tipo de Exposición (Según Tabla II)	Valor Cualitativo (Según Tabla III)
1	Oxido de Hierro	3	3	1	MEDIA
2	Oxido de Hierro	5	3	2	ALTA
3	Oxido de Hierro	2	3	0	BAJA

De acuerdo a la Tabla I el nivel de efecto en la salud se califica como crítico (3). Con los datos de la Tabla II, se califican todos los sitios de trabajo según el tipo de exposición, así: baja para el primer caso, moderada para el segundo y mínimo para el tercero; con los datos anteriores, se ingresa a la Tabla III y se cruzan los dos valores encontrando finalmente la calificación cualitativa del factor de riesgo para cada uno de los tres puestos evaluados.

INFORME FINAL DE RECONOCIMIENTO

Después de realizado el reconocimiento, el higienista debe presentar en un documento, los resultados de esta calificación preliminar de las condiciones de los lugares de trabajo evaluados, presentando los criterios de juicio empleados para dicha calificación. Además, el informe final de reconocimiento debe incluir el listado de aquellos lugares de trabajo, en orden de prioridad, que deben ser sujetos a una evaluación ambiental y sobre aquellos que no siéndolo, ameritan y son susceptibles de rápida y fácil solución⁷.

De los resultados de la calificación preliminar se derivan dos tipos de decisiones:

- 1) Evaluación ambiental y monitoreo biológico del problema con:
 - a) Estudios cuantitativos de Higiene Industrial sobre los sitios de trabajo considerados prioritarios para establecer las condiciones ambientales.
 - b) Monitoreos biológicos de la población expuesta para definir el compromiso o efecto en la salud.
- 2) Aplicación de medidas correctivas pertinentes para situaciones con efectos severos.

ELECCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO A MUESTREAR

Para la elección de los trabajadores o áreas que se deben muestrear de forma ocupacional o ambiental, en los puestos definidos como prioritarios en el reconocimiento, para la realización de la evaluación de higiene industrial de humos metálicos en la empresa, el procedimiento consiste en identificar aquellos en los que se presentan las más elevadas concentraciones de humos metálicos.

Algunos aspectos que se deben tener en cuenta para identificar a los trabajadores de más alta exposición, son:

- 1) *Tipo de Soldadura Aplicada.*
- 2) *Naturaleza del Material Base.* Además se deben conocer las características del recubrimiento de éste metal.
- 3) *Clase de electrodo que se utilice y de su recubrimiento.*

⁷ Universidad del Bosque. Salud Ocupacional. Procedimientos para el Reconocimiento. Bogotá, Colombia. 2000

- 4) *Distancia a la fuente* : A mayor distancia existe menor probabilidad de exposición debido a la dilución de los humos por dispersión en el área de trabajo.
- 5) *Movilidad del trabajador*: Esto causa que se presenten variaciones entre las concentraciones encontradas en los soldadores y ayudantes.
- 6) *Movimiento del aire*: En los procesos como el de soldadura, donde los contaminantes generados se mantienen en suspensión, la circulación del aire puede ser tal que el trabajador expuesto a la mas alta concentración, puede estar ubicado a una distancia considerable de el sitio donde se realiza la operación de soldadura. Se debe considerar, además, los sistemas de ventilación mecánica o natural.
- 7) *Prácticas de Trabajo*: Los prácticas individuales de trabajo, pueden ser factor determinante en los niveles de exposición encontrados, aunque sean diferentes trabajadores que realicen las mismas labores.
- 8) *Tiempo de Exposición*: Este aspecto es fundamental en el momento de seleccionar trabajadores a muestrear.

No debe sacarse un promedio de las exposiciones individuales de cada trabajador en relación con el número total de trabajadores. Solo cuando la desviación geométrica estándar (D.G.S) es muy pequeña puede asignarse un promedio del grupo a cada trabajador con un error de menos 20%.

Si no es posible identificar al trabajador o trabajadores con la más alta exposición, debe emplearse un método de elección aleatoria, que tome un grupo al azar, suponiendo que dentro del mismo se encuentran éstos.

El procedimiento para realizar la elección por este método es el siguiente⁸:

- 1) Se asume que dentro de cada operación, hay un porcentaje de trabajadores con más alta exposición a concentraciones de humos metálicos, de acuerdo con la observación y la experiencia se encuentra que los porcentajes estimados de mayor uso son los del 10% y 20%, esto quiere decir que se pone un tope dentro de cada grupo. (Ver tabla IV)

El 10% indica que en cada grupo, solamente este porcentaje está expuesto a las más altas concentraciones. Es decir si el grupo es de 30, habrá tres (3) en condiciones de más alta exposición. El problema es saber cuantos trabajadores de los 30 se deben muestrear para tomar por lo menos uno de los tres (3) de mayor riesgo.

La tabla IV permite una determinación rápida del tamaño de un grupo de trabajadores a ser muestreado, con los siguientes rangos:

Límite de trabajadores altamente expuestos:	10%
Límite de confianza:	90%
N = Tamaño del grupo	
n = Número de trabajadores del grupo a muestrear	

Ejemplo:

Suponer que el grupo de trabajadores expuesto a un riesgo es 12 = N., Cuántos trabajadores se deberán muestrear de los 12?:

El procedimiento para encontrar el número de trabajadores que se deberán muestrear, es el siguiente:

⁸ Moreno Rafael. Métodos y Estrategias para el Muestreo de Contaminante Químicos. Bogotá 1989.

- 1) Asumiendo que el límite es del **10%** de trabajadores altamente expuestos, significa que habría en estas condiciones un (1) trabajador de más alta exposición. Esto indica que el trabajador altamente expuesto estará incluido dentro del subgrupo a seleccionar.
- 2) Se elige un límite de confianza del 90% esto significa que existe un **90%** de probabilidades de encontrar en el subgrupo a seleccionar al menos al trabajador del grupo de 10% con mas exposición.
- 3) Como se tiene que el límite de alto riesgo es 10%, y el límite de confianza es del 90%, el grupo de trabajadores (N) es 12; de la tabla IV se determina que el número de trabajadores a muestrear es **10**.
- 4) Después de haber determinado el número apropiado de trabajadores a muestrear, se debe hacer la elección aleatoria y medir su exposición.

TABLA IV. Tamaño de Muestra Cuando se Estima como Grupo de más Alto Riesgo el 10% - Límite de Confianza 90%⁹

($\lambda = 0,1$) y confianza 0,90 ($\alpha = 0,1$) (Usar $n = N$, sí $N \leq 7$)

Tamaño del Grupo (N)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 - 12	13 - 14	15 - 17	18 - 20	21 - 24	25 - 29	30 - 37	38 - 49	50	∞
No de Trabajadores Necesarios a medir (n)	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22

Para hacer la elección de los trabajadores se emplea la tabla V de números aleatorios y se procede así:

- 1) Asignar a cada uno de los trabajadores del grupo que está expuesto a los humos metálicos un número del 1 al N (de 1 a 12), siendo N el número total de grupo.
- 2) Elegir arbitrariamente un punto de partida en una fila (fila 2).
- 3) Elegir arbitrariamente una columna (columna 3). Y desde el punto donde se interceptan la fila 2 y la columna 3, recorrer hacia abajo, seleccionando los números menores e iguales a N; para el ejemplo **N = 12**
- 4) Continuar la búsqueda hasta que se halla reunido la muestra n (**n = 10**), si es necesario se debe continuar en la fila siguiente. Si se ha llegado a la fila 50 y no se ha logrado reunir el subgrupo, se debe continuar en la columna 4.
- 5) En este ejercicio los números seleccionados son: **3, 2, 12, 8, 6, 1, 7, 11, 10 y 9**
- 6) Los trabajadores previamente identificados con estos números deben ser muestreados para evaluar su exposición al contaminante.

⁹ NIOSH. Manual of Analytical Methods. 4th Ed. 1994

TABLA V. Números Aleatorios

		COLUMNAS																								
		1	5	10	15	20	25																			
FILAS	1	5	57	23	6	26	23	8	66	16	11	73	28	81	56	14	62	82	45	65	80	36	2	76	55	63
		37	78	16	6	57	12	46	22	90	97	78	67	39	6	63	60	51	2	7	16	75	12	90	41	16
		23	71	15	8	82	64	87	29	1	20	46	72	5	80	19	27	47	15	76	51	58	67	6	80	34
		42	67	98	41	67	44	28	71	43	8	19	47	76	30	26	72	33	69	92	51	95	23	26	85	76
		5	83	3	84	32	62	83	27	48	83	9	19	84	90	20	20	50	87	74	93	51	62	10	23	30
	6	60	46	18	41	23	74	73	51	72	90	40	52	95	41	20	89	48	98	27	38	81	33	83	82	94
		32	80	64	75	91	98	9	40	64	89	29	99	46	35	69	91	50	73	75	92	90	56	82	93	24
		79	86	53	77	78	6	62	37	48	82	71	0	78	21	65	65	88	45	82	44	78	93	22	78	9
		45	13	23	32	1	9	46	36	43	66	37	15	35	4	88	79	83	53	19	13	91	59	81	81	87
		20	60	97	48	21	41	84	22	72	77	99	81	83	30	46	15	90	26	51	73	66	34	99	40	60
	11	67	91	44	83	43	25	56	33	28	80	99	53	27	56	19	80	76	32	53	95	7	53	9	61	98
		86	50	76	93	86	35	68	45	37	83	47	44	52	57	66	59	64	16	48	39	26	94	54	66	40
		56	73	38	38	23	36	10	95	16	1	10	1	59	71	55	99	24	88	31	41	0	73	13	80	62
		55	11	50	29	17	73	97	4	20	39	20	22	71	11	43	0	15	10	12	35	9	11	0	89	5
		23	54	33	87	92	92	4	49	73	96	57	53	57	8	93	9	69	87	83	7	46	39	50	37	85
	16	41	48	67	79	44	57	40	29	10	34	58	63	51	18	7	41	2	39	79	14	40	68	10	1	61
		3	97	71	72	43	27	36	24	59	88	82	87	26	31	11	44	28	58	99	47	83	21	35	22	88
		90	24	83	48	7	41	56	68	11	14	77	75	48	68	8	90	89	63	87	0	6	18	63	21	91
		98	98	97	42	27	11	80	51	13	13	3	42	91	14	51	22	15	48	67	52	9	40	34	60	85
		74	20	94	21	49	96	51	69	99	85	43	76	55	81	36	11	88	68	32	43	8	14	78	5	34
	21	94	67	48	87	11	84	0	85	93	56	43	99	21	74	84	13	56	41	90	96	30	4	19	68	73
		58	18	84	82	71	23	66	33	19	25	65	17	90	84	24	91	75	36	14	83	86	22	70	86	89
		31	47	28	24	88	49	28	69	78	62	23	45	53	38	78	65	87	44	91	93	91	62	76	9	20
		45	62	31	6	70	92	73	27	83	57	15	64	40	57	56	54	42	35	40	93	55	82	8	78	87
		31	49	87	12	27	41	7	91	72	62	63	42	6	66	82	71	28	36	45	31	99	1	3	35	76
26	69	37	22	23	46	10	75	83	62	94	44	65	46	23	65	71	69	20	89	12	16	56	61	70	41	
	93	67	21	56	98	42	56	53	14	86	24	70	25	18	23	23	56	24	3	86	11	6	46	10	23	
	77	56	18	37	1	32	20	18	70	79	20	85	77	89	28	17	77	15	52	47	15	30	35	12	75	
	37	7	47	79	60	75	24	15	31	63	25	93	27	66	19	53	52	49	98	45	12	12	6	0	32	
	72	8	71	1	73	46	39	60	37	58	22	25	20	84	30	2	3	62	68	58	38	4	6	89	94	
31	55	22	48	46	72	50	14	24	47	67	84	37	32	84	82	64	97	13	69	86	20	9	80	46	75	
	69	24	99	90	70	29	34	25	33	23	12	69	90	50	38	93	84	32	28	96	3	65	70	90	12	
	1	86	77	18	21	91	66	11	84	65	48	75	26	94	51	40	51	53	36	39	77	69	6	25	7	
	51	40	94	6	80	61	34	28	46	28	11	48	48	94	60	65	6	63	71	6	19	35	5	32	56	
	58	78	2	85	80	29	67	27	44	7	57	23	20	28	22	62	97	59	62	13	41	72	70	71	7	
36	33	75	88	51	0	33	56	15	84	34	28	50	16	65	12	81	56	43	54	14	63	37	74	97	59	
	58	60	37	45	62	9	95	93	16	59	35	22	91	78	4	97	98	80	20	4	38	93	13	92	30	
	72	13	12	95	32	87	99	32	83	69	40	17	92	57	22	68	98	79	16	23	53	56	56	7	47	
	22	21	13	16	10	52	57	71	40	49	95	25	55	36	95	57	25	25	77	5	38	5	62	57	77	
	97	94	83	67	90	68	74	88	17	22	38	1	4	33	49	38	47	57	61	87	15	39	43	87	0	
41	9	3	68	53	63	29	27	31	66	53	39	34	88	87	4	35	80	69	52	74	99	16	52	1	65	
	29	95	61	42	65	5	72	27	28	18	9	85	24	59	46	3	91	55	38	62	51	71	47	37	38	
	81	96	78	90	47	41	38	36	33	95	5	90	26	72	85	23	23	30	70	51	56	93	23	84	80	
	44	62	20	81	21	57	57	85	0	47	26	10	87	22	45	72	3	51	75	23	38	38	56	77	97	
	68	91	12	15	8	2	18	74	56	79	21	53	63	41	77	15	7	39	89	11	19	25	62	19	30	
46	29	33	77	60	29	9	25	9	42	28	7	15	40	67	56	29	58	75	84	6	19	54	31	16	53	
	54	13	39	19	29	64	97	73	71	61	78	3	24	2	93	86	69	76	74	28	8	98	4	8	23	
	75	16	85	64	64	93	85	68	8	84	15	41	57	84	45	11	70	13	17	60	47	80	10	13	0	
	36	47	17	8	78	3	92	85	18	42	95	48	27	37	99	98	81	94	44	72	6	95	42	31	17	
	29	61	8	21	91	23	76	72	84	98	26	23	66	54	86	88	95	14	82	57	17	99	16	28	99	

ELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MUESTREO

Los procesos de evaluación en higiene industrial, de la exposición ocupacional de los humos metálicos generados en las operaciones de soldadura está dividido en varias etapas como son: reconocimiento, evaluaciones cuantitativas (evaluaciones ambientales), manejo de las muestras, análisis de laboratorio e interpretación de resultados con la ayuda de consideraciones técnicas de intervención y estadísticas aplicadas a la higiene industrial.

La experiencia del higienista ocupacional, y la correcta aplicación que este haga de los pasos mencionados, lo llevarán a conocer con precisión las concentraciones de humos metálicos a las que están expuestos los trabajadores en sus lugares de trabajo.

El National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH propone algunas directrices que se deben tener en cuenta para la elección de una estrategia de muestreo. Estas directrices están relacionadas con¹⁰:

- 1) Disponibilidad y costo de los equipos que indica la técnica para la recolección y análisis de las muestras. (Bombas, Filtros, Calibradores, Etc.).
- 2) Disponibilidad del personal capacitado en las operaciones de la toma de muestras y de igual forma para su análisis.
- 3) Disponibilidad y costo de servicios de laboratorio reconocidos para el análisis confiable de muestras.
- 4) Consideración de las fluctuaciones en la concentración de los contaminantes durante una misma jornada y de una jornada a otra.
- 5) Precisión y exactitud de los métodos de medición y análisis empleados.
- 6) Número de muestras necesarias para lograr la confiabilidad del muestreo.

La precisión y exactitud de los métodos de muestreo y análisis se conoce generalmente en forma previa en la mayoría de los procedimientos recomendados por NIOSH con un coeficiente de variación de un 5% a 10%.

Para la planificación del muestreo del agente contaminante, se deben tener en cuenta todos los aspectos que ayuden a tomar la mejor decisión acerca de la estrategia de muestreo que será aplicada en la evaluación de los humos metálicos. Para esto deben quedar definidos los siguientes aspectos¹¹.

- 1) Puestos de trabajo que deben ser muestreados
- 2) Ubicación del tren de muestreo
- 3) Número de muestras que se deben tomar en la jornada
- 4) Duración del muestreo
- 5) Momento dentro de la jornada en que se dará inicio al muestreo

¹⁰ Fundación Mapfre. Cursos de Higiene Industrial. Introducción a la Higiene Industrial. España 1988

¹¹ Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

- 6) Influencia de los errores de los instrumentos utilizados en el resultado
- 7) Cumplimiento de la exposición promedio ocupacional del trabajador, con la norma colombiana.
- 8) Verificación de los controles de ingeniería

Existen diferentes métodos desarrollados para la determinación de las estrategias de muestreo y la toma de muestras, sin embargo no existe una estrategia específica para la evaluación de los humos metálicos. Es en este momento cuando la experiencia del higienista industrial, juega un papel importante, en la elección de aquella estrategia que le proporcione los estimativos válidos y representativos de la exposición real.

Las estrategias de muestreo planteadas son:

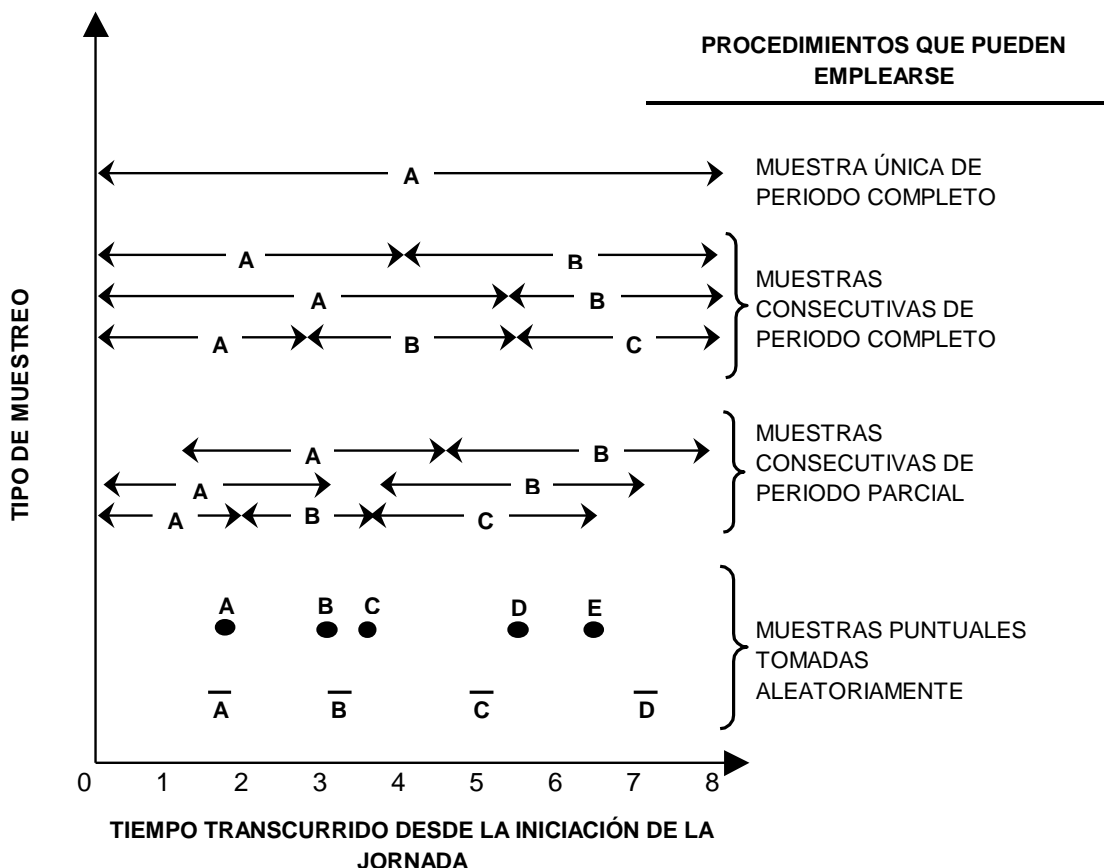
- 1) **Muestras consecutivas de periodo completo:** Consiste en tomar varias muestras consecutivas de igual o distinta duración, durante toda la jornada de trabajo (8 horas). Es la mejor estrategia para obtener una evidencia del riesgo higiénico, ya que proporciona el menor intervalo de confianza, en el cual se encuentra el verdadero valor de la concentración media. La precisión de los resultados obtenidos, crece con el número de muestras tomadas, pero hay que tener en cuenta que al aumentar el número de muestras aumenta también el costo del procedimiento de evaluación. Lo más recomendable para una jornada de 8 horas es tomar 2 muestras de 4 horas cada una.
- 2) **Muestra única de periodo completo:** Como el mismo nombre lo dice, se trata de tomar una única muestra durante todo el periodo para el cual está definido el estándar, así se hará una muestra de 8 horas si se trata de conocer la exposición promedio ocupacional. En el caso en que se deseen conocer las concentraciones en el ambiente para aquellos componentes de los humos metálicos que tienen límites de exposición de corta duración (Short Time Exposure Limit – STEL), como el Zinc, el Berilio y el Manganeso, se tomarán adicionalmente cuatro muestras durante la jornada laboral de 15 minutos cada una y con un intervalo de tiempo entre ellas de una hora o más. Como complemento, se debe verificar que la concentración media ponderada durante la jornada laboral sea igual o menor al TWA dado por la ACGIH para los componentes evaluados. Esta sumatoria se obtiene a partir de la Ecuación 15. En el caso de los humos metálicos considerados en este reglamento, ninguno de sus componentes tiene valor dado por la ACGIH como límite Techo (Ceiling).
- 3) **Muestras consecutivas de periodo parcial:** Esta estrategia, consiste en captar una o varias muestras, durante un tiempo inferior a la jornada laboral (8 horas). Los resultados obtenidos por este método, son válidos únicamente si el muestreo se realiza por lo menos en el 80% de la jornada.
- 4) **Muestras puntuales:** Consiste en tomar una o varias muestras de corta duración, desde segundos hasta 15 minutos, a intervalos de tiempo elegidos aleatoriamente a lo largo de la jornada laboral. Es la estrategia menos recomendable, si se desea comparar con el valor de la exposición durante toda la jornada. El muestreo puntual (aleatorio) se aplica principalmente para menos del 80% del tiempo de la norma, pero debe abarcar por lo menos dos (2) horas. Es importante considerar que estas muestras puntuales deben ser representativas de la jornada de trabajo. Si se toma menos de 15 muestras instantáneas, debe usarse el modelo lognormal y si son más de 15 muestras se usa la curva normal.

Los periodos de muestreo que cubren la totalidad de la jornada, permiten evaluar de forma exacta, la concentración total de humos metálicos de soldadura a la que el trabajador está expuesto durante la realización de la tarea, a partir de la cual se puede obtener un cálculo con mayor confiabilidad de la exposición promedio ocupacional (TWA). Para este tipo de muestreo, es posible

emplear, tanto la muestra única de periodo completo, como las muestras consecutivas de periodo completo.

En la figura siguiente se pueden observar en forma esquemática las estrategias de muestreo^{12,13,14}.

Figura 1. Representación Gráfica de los Muestreos



ELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL TREN DE MUESTREO

La elección de la ubicación del tren de muestreo, depende del objetivo específico del muestreo. Según la ubicación se consideran tres tipos de muestra¹⁵:

- 1) Muestra Personal:** El tren de muestreo se ubica en el trabajador quien lo lleva continuamente hasta periodos de 8 horas de la jornada de trabajo. Este muestreo es el de mayor interés en este momento. Y los TLV tienen fórmulas aplicables para la corrección de estas muestras. También llamada ocupacional.

¹² Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

¹³ Leidel N.A., Validez y Representatividad de las Mediciones Ambientales en higiene Industrial. II Simposium de Higiene Industrial. Fundación Mapfre. España. 1979

¹⁴ Perkins, J.L. Modern Industrial Hygiene Recognition and Evaluation of Chemical Agents. Vol 1 N.Y. 1997

¹⁵ Leidel N.A., Validez y Representatividad de las Mediciones Ambientales en higiene Industrial. II Simposium de Higiene Industrial. Fundación Mapfre. España. 1979

- 2) **Muestra Ambiental** El tren de muestreo se ubica en una posición fija, representativa del ambiente general del trabajo o se hace un barrido completo de la zona. El objetivo es conocer la distribución del agente contaminante en el espacio.

VOLUMEN MÍNIMO REQUERIDO DE MUESTRA

De acuerdo a la técnica analítica empleada en el laboratorio, es necesario calcular un volumen mínimo de muestra, ya que esta técnica puede no ser lo suficientemente sensible para detectar pequeñas cantidades del contaminante, dando resultados negativos¹⁶. En casos extremos, se debe tener en cuenta la temperatura y la presión del lugar donde se realizó el muestreo. El volumen mínimo requerido se calcularía con la fórmula:

Ec. 1

$$V_{mr} = \left\{ \frac{S * 22,4 * 760 * (273 + t^{\circ}) * 10^6}{PM * TLV * P * 273} \right\}$$

Donde:

- Vmr** = Volumen Mínimo Requerido.
S = Cantidad mínima detectable por el método instrumental (mg).
PM = Peso molecular del contaminante (gr/mol)
TLV = Valor Límite Permisible del contaminante en mg/m³
P = Presión barométrica (mm. Hg) del lugar de muestreo.
t° = Temperatura del aire del lugar de muestreo en °C.

Se entiende por lo tanto que el mínimo volumen requerido será el volumen del aire que permitirá un mejor análisis de condiciones en el laboratorio.

Para condiciones estándar la formula es la siguiente¹⁷:

Ec. 2

$$V_{mr} = \left\{ \frac{S * 1000}{TLV} \right\} \text{ (Litros de aire)}$$

Donde:

- S** = Cantidad mínima detectable por el método analítico (mg).
TLV = Valor Límite Permisible del contaminante en mg/m³.

¹⁶ Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

¹⁷ ACGIH. Cualitative Industrial Hygiene. A. Formula Workbook Caravanos, j. Dr.PH. Cincinnati. 1991

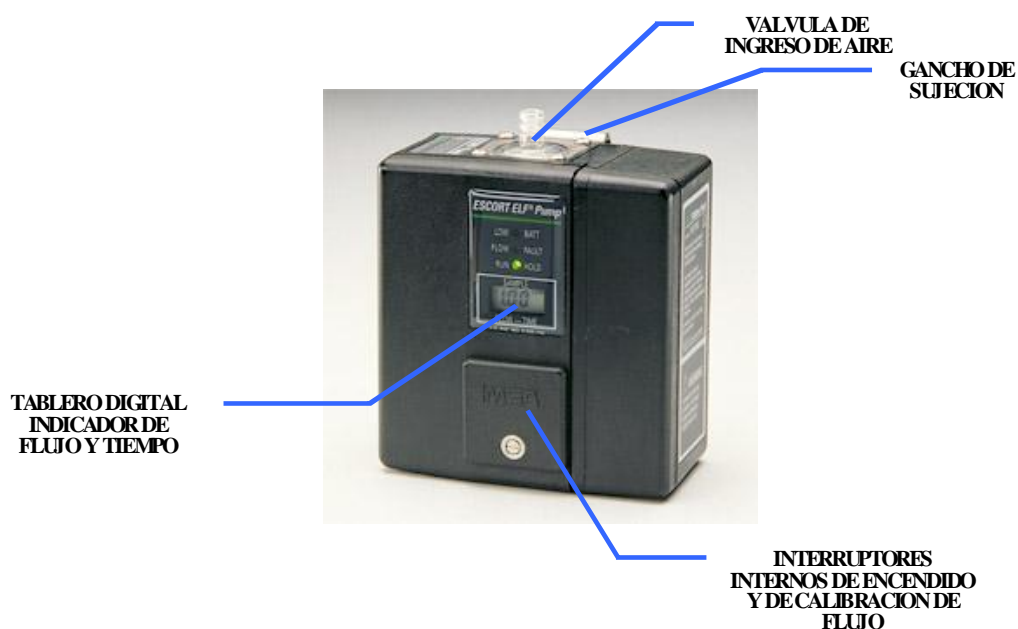
EQUIPOS PARA EL MUESTREO

BOMBA DE MUESTREO

Se debe emplear una bomba portátil para el muestreo personal y ambiental. La bomba debe ser calibrada antes y después de cada muestreo, a un caudal exactamente conocido entre 1 y 2 litros por minuto. La calibración de la bomba se realiza en línea con el mismo tipo de filtro que se empleará en la captación, con el fin de que la pérdida de carga sea similar a la que se tendrá en la toma de muestras.

En la figura siguiente se ilustra uno de los tipos de bomba de muestreo más reciente, que cuenta con un sistema digital que indica el flujo al que está funcionando.

Figura 2. Bomba de muestreo



También son útiles otros modelos de bomba que en lugar de tener un tablero digital indican el flujo por medio de un rotámetro, el cual está integrado al cuerpo de la bomba.

MEDIOS DE RETENCIÓN

Filtro

Los filtros a emplear en la recolección de las muestras de humos metálicos de soldadura, son filtros de membrana de éster de celulosa (MEC), de 37 mm de diámetro y de 0.8 μ m de tamaño de poro.

Soporte del Filtro

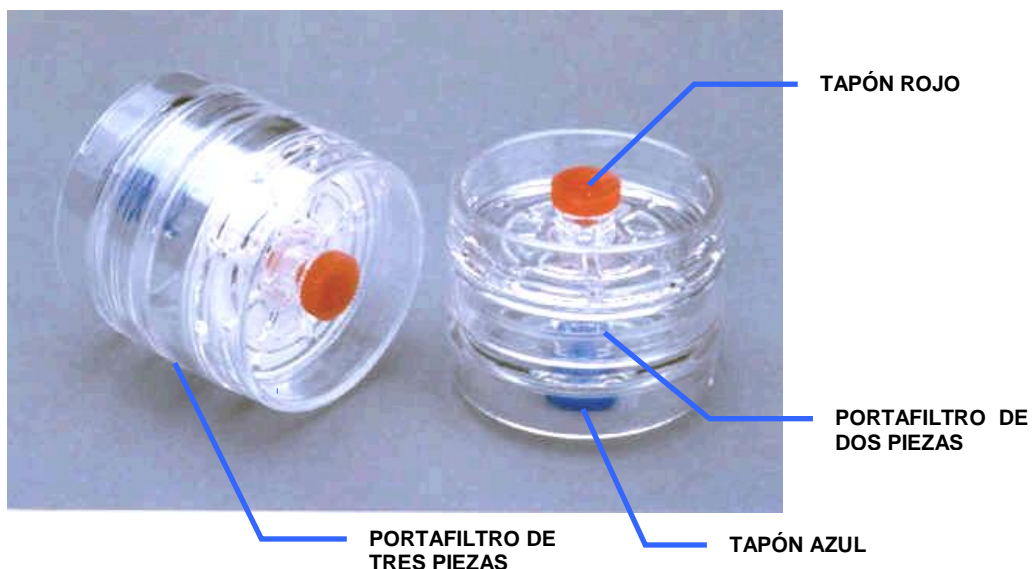
El soporte del filtro es empleado para lograr una distribución más uniforme del paso del aire a través del filtro, además de evitar la deformación del filtro durante la recolección de la muestra. El

soporte puede ser una rejilla metálica o un disco de celulosa, del mismo diámetro del filtro y que es ubicado antes del filtro, dentro del portafiltros. Ver posición del soporte del filtro en el ensamble para el muestreo.

Portafiltro

Los portafiltros empleados son de 37 mm de diámetro, de plástico transparente de poliestireno que puede ser de dos o tres piezas.

Figura 3. Portafiltros para filtros de membrana de dos y tres piezas



CARGADORES

Son utilizados para cargar las baterías de la Bomba. El cargador se conecta directamente a la corriente alterna de 110 voltios y este al enchufe de carga de la Bomba.

El cargador tiene un selector de rango de dos posiciones: alto y bajo, en la posición “alto” se logra una carga completa de las baterías en 14 horas; Cuando funciona en la posición “bajo” se pueden cargar las baterías por un tiempo indefinido, con un mínimo de 64 horas. Una carga completa permite un funcionamiento continuado de la bomba durante 8 horas.

Figura 4. Cargadores para bombas de muestreo



EQUIPOS PARA CALIBRACIÓN

Entre los equipos para la calibración más frecuentemente empleados en el campo de la higiene industrial, se encuentran: calibradores de campo, rotámetros y las buretas con solución jabonosa conocidas como calibradores primarios, que se han sustituido en algunos casos con equipos electrónicos bajo los mismos principios como el calibrador digital de burbuja y el calibrador seco "Dry-Cal" en el que se elimina el jabón y está equipado con registrador de datos.

A continuación se ilustran los equipos que pueden ser empleados para la calibración de las bombas:

Figura 5. Calibrador de burbuja (Primario)

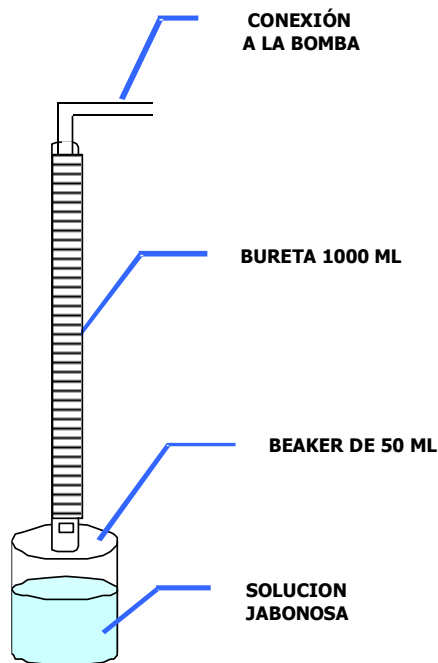


Figura 6. Calibrador electrónico de burbuja



Figura 7. Calibrador electrónico de burbuja



Figura 8. Calibrador seco (Dry - Cal)



OTROS ACCESORIOS

Termómetro y Barómetro

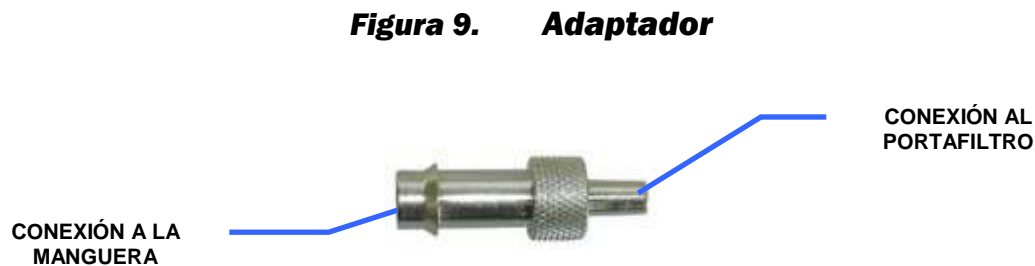
Se emplean para hacer las correspondientes mediciones de temperatura y presión, del lugar donde se realiza el muestreo, necesarias en algunas ocasiones para corregir las concentraciones del contaminante.

Manguera Flexible

Es un tubo flexible, no quebradizo, empleada para realizar la conexión entre el portafiltros y la bomba de muestreo, su longitud es de aproximadamente 90 cm de largo, y de 6 a 8 mm de diámetro interior

Adaptador

Es el elemento metálico o plástico que facilita la conexión de la manguera al portafiltros.



MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Los equipos utilizados para calibración y medición deben ser objeto de un programa de mantenimiento periódico con el fin de prevenir daños que puedan presentarse o corregir defectos en su funcionamiento, para esto se deben seguir las recomendaciones del fabricante.

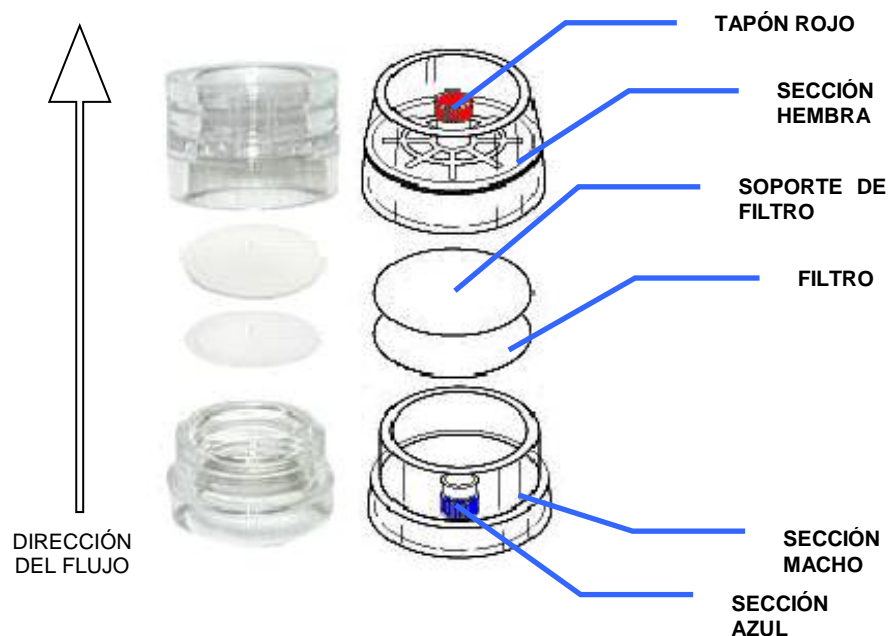
Para el caso de las bombas de muestreo es importante tener en cuenta:

- 1) Mantener siempre la Bomba y el cargador limpios y secos.
- 2) Si no los está usando, mantenga la Bomba y el cargador en un lugar seco.
- 3) Aún cuando no se emplee la Bomba con frecuencia, se debe cargar y descargar las baterías con cierta periodicidad para evitar el agotamiento de éstas.
- 4) Conviene sacar periódicamente los vástagos de las válvulas y soplarlos para evitar la acumulación de partículas

MONTAJE DEL TREN DE MUESTREO

MONTAJE DEL FILTRO DE MEMBRANA EN UN PORTAFILTROS DE DOS SECCIONES

Figura 10. Ensamble del portafiltros de dos secciones

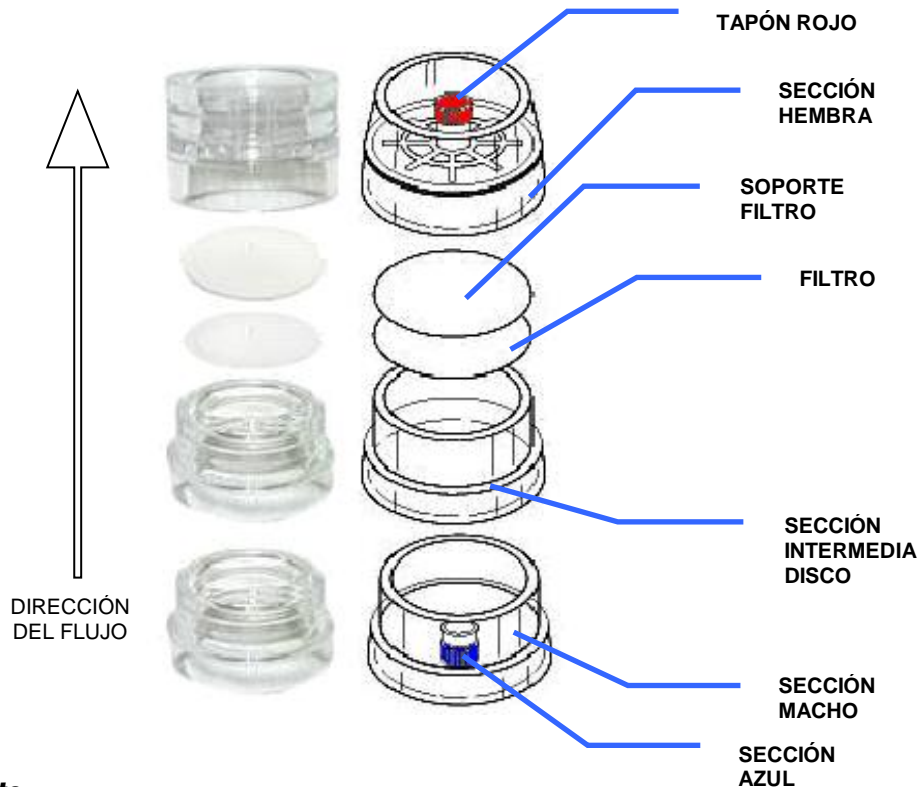


Procedimiento

- 1) Se coloca el tapón azul en el orificio de la sección macho, que corresponde a la entrada del contaminante al portafiltros (sección lisa).
- 2) Se coloca el tapón rojo en el orificio de la sección hembra, salida del aire limpio del portafiltros después de pasar a través del filtro (sección con estrías).
- 3) Se coloca el soporte de filtro (rejilla metálica perforada o disco de celulosa), en la sección hembra del portafiltros (sección con estrías).
- 4) Se toma el filtro de la caja de filtros y se coloca encima de la rejilla metálica o del disco de celulosa en la sección hembra. Para la manipulación de los filtros, se emplea una pinza especial, de mandíbulas lisas, y se toma el filtro solamente por los bordes. El filtro no se debe tocar con los dedos, en orden de evitar una contaminación de éste.
- 5) Se coloca inmediatamente la sección macho del portafiltros dentro de la sección hembra del mismo, presionándola para que haga un contacto uniforme a lo largo de todo el borde del filtro. Como medida de precaución para evitar la entrada de aire por las uniones y asegurar su estanqueidad, se sellan con una cinta de teflón o banda adhesiva, que cubra las uniones entre las secciones. (Existen bandas de celulosa que se contraen al evaporarse el disolvente con que van impregnadas). Esta operación debe efectuarse con mucho cuidado.
- 6) Se coloca un trozo de papel autoadhesivo en la parte superior de la sección macho del portafiltros y se numera para identificarlo de la muestra o utilice cualquier otra forma de identificación.

MONTAJE DEL FILTRO DE MEMBRANA EN UN PORTAFILTROS DE TRES SECCIONES

Figura 11. Ensamble del filtro de membrana en un portafiltros de tres secciones



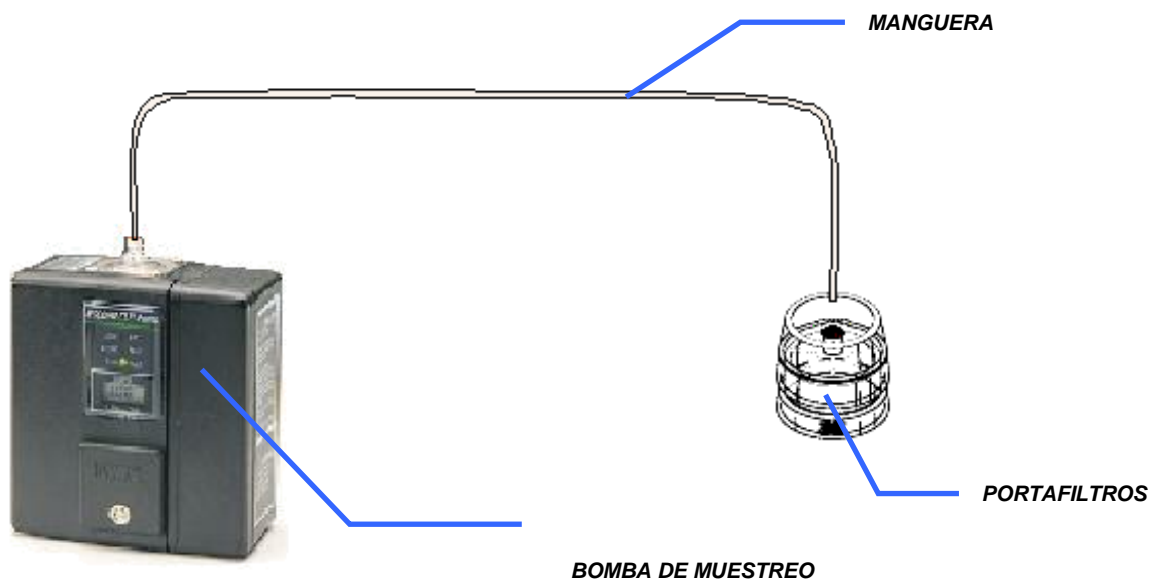
Procedimiento

- 1) Se coloca el tapón azul en el orificio de la sección macho, que corresponde a la entrada de aire al portafiltros (sección lisa)
- 2) Se coloca el tapón rojo en el orificio de la sección hembra (salida) del portafiltros (la sección estriada).
- 3) Se coloca un soporte de filtro (rejilla metálica o almohadilla de celulosa) en la sección hembra del portafiltros.
- 4) Se saca el filtro de la caja de filtros y se coloca encima de la rejilla metálica o la almohadilla de celulosa. La manipulación de los filtros debe hacerse de manera similar a como se indicó para el de dos secciones.
- 5) Se coloca de inmediato la sección anular o ring dentro de la sección hembra del portafiltros, presionándola para que haga un contacto uniforme a lo largo de todo el borde del filtro.
- 6) Se coloca enseguida la sección macho (superior) dentro de la sección anular o ring, presionándola para que ajuste bien y se logre un cierre hermético de todo el portafiltros. Como medida de precaución para evitar la entrada de aire por las uniones y asegurar su estanqueidad, se sellan con una cinta de teflón o banda adhesiva, que cubra las uniones entre las secciones. (Existen bandas de celulosa que se contraen al evaporarse el disolvente con que van impregnadas). Esta operación debe efectuarse con mucho cuidado.
- 7) Se coloca un trozo de papel auto adhesivo en la parte superior de la sección macho del portafiltros y numérelo para la identificación de la muestra o utilice cualquier otra forma de identificación.

INSTALACIÓN DEL TREN DE MUESTREO

La bomba de muestreo mas la manguera y el portafiltros con el correspondiente filtro, constituye el tren de muestreo, y ensamblados como se ha señalado, quedan listos para iniciar la recolección de muestras .

Figura 12. Tren de muestreo



El procedimiento para la instalación del tren de muestreo es el que se describe a continuación:

- 1) Se coloca el tren de muestreo en el lugar que corresponda, según se trate de muestreo personal o de muestreo de ambiental.
- 2) Se retiran los tapones azul y rojo de los orificios de entrada y salida del portafiltros (ya sea de dos o tres piezas) con el filtro ya montado, se guardan los tapones para su reinstalación posterior después del muestreo.
- 3) Se conecta el orificio de la sección hembra del portafiltros (salida de aire limpio) a un extremo de la manguera, empleando el adaptador.
- 4) Se conecta el otro extremo de la manguera de muestreo a la boquilla de succión de la bomba.
- 5) Terminada la instalación, el tren de muestreo queda preparado para la calibración y posterior toma de muestras, como se describe en los capítulos siguientes.

CALIBRACIÓN DEL TREN DE MUESTREO

Por medio de la calibración previa de los equipos que van a ser empleados en la recolección de las muestras, el higienista conoce, de forma exacta, el volumen total de aire muestreado en un tiempo determinado.

DESCRIPCIÓN DE LA CALIBRACIÓN POR EL MÉTODO DE BURBUJA

Consiste en la utilización de un tubo de vidrio graduado en centímetros cúbicos, ubicado verticalmente, con el extremo inferior abierto a la atmósfera, y el extremo superior conectado por medio de una manguera flexible al tren de muestreo. Bajo el extremo abierto, se ubica un recipiente con solución jabonosa, a partir de la cual se genera una burbuja, que por la acción de la succión del tren de muestreo asciende a través del tubo. Con un cronómetro se toma el tiempo que demora la burbuja en desplazarse entre dos marcas señaladas en el calibrador (volumen recorrido) el que se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

Ec. 3

$$Q = \left\{ \left(\frac{V}{T} \right) * 60 \right\}$$

Donde:

Q	= Caudal de muestreo en litros por minuto
V	= Volumen de aire entre las dos marcas en la bureta que recorre la película de jabón (ml)
T	= Tiempo en segundos

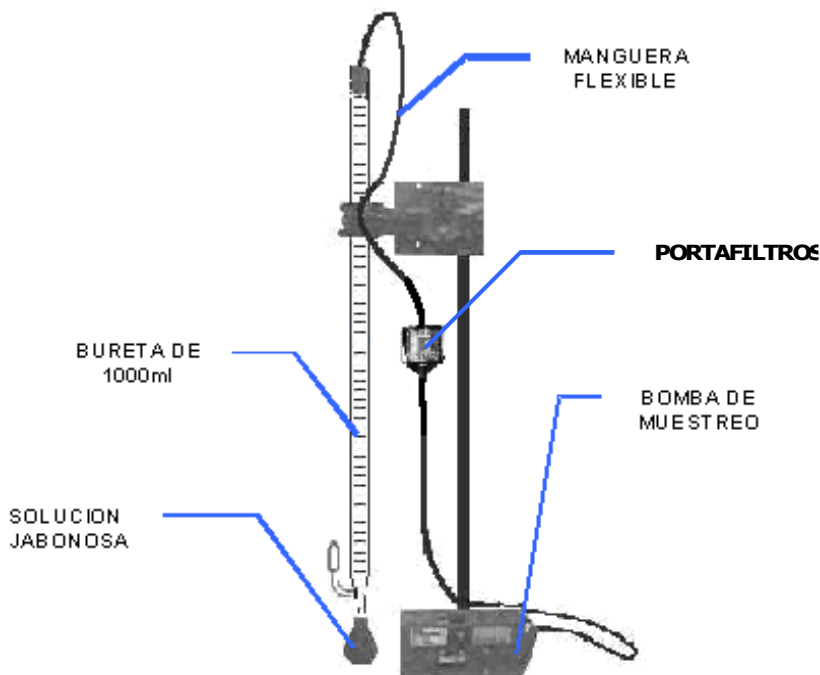
Los datos del muestreo son registrados en el formato del Anexo. No. 2 HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE.

El procedimiento general de calibración del Tren de Muestreo se realiza de la siguiente manera:

- 1) Instalar el calibrador de burbuja en un soporte adecuado
- 2) Conectar el extremo superior del Calibrador de Burbuja al Tren de Muestreo que se quiere calibrar, el cual debe tener un accesorio de muestreo similar (no el mismo) al que se va a utilizar en el muestreo.
- 3) Se pone en funcionamiento la bomba.
- 4) Colocar en el extremo abierto de la bureta un vaso con solución jabonosa, de modo que la succión que ejerce la bomba haga ascender una película. Se mide con un cronómetro el tiempo que demora la película en recorrer una distancia determinada. Con estos datos se hace un cálculo preliminar del flujo o caudal.(Q)
- 5) Se ajusta el flujo tratando de aproximarse al flujo requerido en el muestreo que se va a realizar. Para la bomba con tablero digital, el ajuste se realiza utilizando los interruptores internos de calibración indicados en la figura. Para la bomba con rotámetro, el ajuste se realiza utilizando un destornillador y girando el tornillo ubicado en uno de sus lados.
- 6) Se repiten los pasos 4) y 5) hasta conseguir el flujo requerido.
- 7) Llegando a este punto se procede a la calibración definitiva. Para ello se repiten los pasos señalados en 4) por lo menos tres(3) veces. El flujo definitivo será el promedio de estas tres o más observaciones si es necesaria una mayor precisión.
- 8) Para corregir eventuales variaciones del flujo durante el muestreo por descarga de las pilas u otras causas, es conveniente calibrar el tren de muestreo después del muestreo "calibración

final”. La calibración final debe efectuarse sin modificar la posición en que quedaron las válvula reguladoras de flujo al final del muestreo.

Figura 13. Esquema de calibración del tren de muestreo por el método de burbuja



DESCRIPCIÓN DE LA CALIBRACIÓN POR EL MÉTODO ELECTRÓNICO DE BURBUJA

Este tipo de calibrador indica en un tablero digital el flujo en L/min al que la bomba está funcionando, por lo cual no se hace necesaria la aplicación de fórmulas para el cálculo de caudales, con la aplicación de éste método (Figuras 5 y 6).

El procedimiento para calibrar con el equipo electrónico de burbuja es el siguiente:

- 1) Ubicar el calibrador , la bomba de muestreo y demás accesorios en la mesa de trabajo. Tanto el calibrador como la bomba de muestreo deben poseer una carga de baterías adecuada antes de realizar este procedimiento.
- 2) El tren de muestreo compuesto por el ensamble de bomba de muestreo, manguera plástica flexible, y portafiltro, se debe conectar mediante otro segmento de manguera aproximadamente de 40 cm a la boquilla existente en el equipo calibrador y ubicada en la parte superior del calibrador. El accesorio de muestreo empleado en la calibración debe ser de las mismas características (no el mismo) que los que se van a utilizar para el muestreo,
- 3) Dar encendido al calibrador, e inmediatamente a la bomba de muestreo.
- 4) Inducir la formación de la burbuja jabonosa, accionando el mecanismo manual que el equipo calibrador posee para tal fin. Verificar previamente que al calibrador se le haya adicionado la solución jabonosa necesaria, a través de la boquilla inferior dispuesta para esto.

- 5) Observar la rata de flujo en el tablero de lectura del calibrador, este valor de flujo aparece en el momento en que la burbuja ha ascendido al tope de su desplazamiento.
- 6) Se ajusta el flujo tratando de aproximarse al flujo requerido en el muestreo que se va a realizar. Para la bomba con tablero digital, el ajuste se realiza utilizando los interruptores internos de calibración indicados en la figura. Para la bomba con rotámetro, el ajuste se realiza utilizando un destornillador y girando el tornillo ubicado en uno de sus lados.
- 7) Repetir los pasos 4), 5) y 6) hasta obtener el valor que se busca.

Si se desea comprobar la calibración de la bomba, se emplea el mismo procedimiento, conectando la bomba de muestreo directamente al equipo de calibración. El ajuste del flujo de la bomba se realiza como se describe en el literal 6).

CÁLCULO DEL CAUDAL DEL TREN DE MUESTREO

El caudal de muestreo que se tiene en cuenta para el cálculo final del volumen de aire muestreado, será el promedio de los caudales determinados en ambas calibraciones, inicial y final.

Ec. 4

$$Q_p = \left\{ \frac{Q_i + Q_f}{2} \right\}$$

Donde:

Q_p = Caudal Promedio (L/min)
Q_i = Caudal Inicial (L/min)
Q_f = Caudal Final (L/min)

Corrección de Caudales de Calibración

Cuando la calibración del tren de muestreo se realizó a unas condiciones de presión y temperatura diferentes, a las del lugar donde se realizó el muestreo, se emplea la siguiente ecuación para hallar el caudal corregido:

Ec. 5¹⁸

$$Q_m = \left\{ Q_{cal} \sqrt{\left(\frac{P_{cal}}{P_m} * \frac{T_m}{T_{cal}} \right)} \right\}$$

¹⁸ Moreno C. Rafael A. & Mañas A. Justo, Métodos y Estrategias para el Muestreo de Contaminantes Químicos. Ed.CCS. Bogotá, Colombia, 1989

También puede hacerse esta corrección con las densidades del aire en el lugar de calibración y del lugar de muestreo (TABLA VI), para este caso la ecuación empleada es:

Ec. 6¹⁹

$$Q_m = \left\{ Q_{cal} \sqrt{\frac{d_c}{d_m}} \right\}$$

Donde:

- Q_m** = Caudal de muestreo L/min
- Q_{cal}** = Caudal de calibración L/min
- P_{cal}** = Presión en el sitio de calibración (mm Hg)
- P_m** = Presión en el sitio de muestreo (mm Hg)
- T_{cal}** = Temperatura en el sitio de calibración en grados absolutos (273.1° C+t¹)
- T_m** = Temperatura en el sitio de muestreo en grados absolutos (273.1° C+t²)
- d** = Densidad del aire en el sitio de calibración (kg/m³)
- d_m** = Densidad del aire en el sitio de muestreo (kg/m³)

TABLA VI. Propiedades físicas del aire a diferentes alturas

ALTURA (m)	DENSIDAD		PRESIÓN BAROMÉTRICA	
	Relativa	Kg/m ³	mmHg	Mbar (hPa)
0	1,0000	1,225	760,0	1013,3
250	0,9707	1,189	737,8	983,6
500	0,9422	1,154	716,0	954,7
750	0,9143	1,120	694,9	926,4
1000	0,8871	1,087	674,2	898,8
1250	0,8605	1,054	654,0	871,9
1500	0,8346	1,022	634,3	845,7
1750	0,8094	0,991	615,1	820,1
2000	0,7847	0,961	596,4	795,1
2250	0,7607	0,932	578,1	770,7
2500	0,7372	0,903	560,3	747,0
2750	0,7144	0,875	542,9	723,9
3000	0,6921	0,848	526,0	701,3
3250	0,6704	0,821	509,5	679,3
3500	0,6493	0,795	493,4	657,9
3750	0,6287	0,770	477,8	637,0
4000	0,6086	0,746	462,5	616,6

El volumen muestreado se determina multiplicando el caudal de muestreo Q_m, por el tiempo de duración del muestreo.

Si el caudal de trabajo de la bomba, durante el muestreo, es distinto al observado durante la calibración, este no se debe corregir, pues la diferencia del caudal se corrige a través de la ecuación.

POSTCALIBRACIÓN

La postcalibración, se debe realizar bajo las mismas condiciones y de la misma forma como se realizó la calibración antes del muestreo. Si la diferencia de flujo es del 10% o más entre la calibración inicial y la final se debe repetir el muestreo. En caso contrario se promediará el flujo inicial y final (**Ec. 4**), para realizar los cálculos de la concentración.

¹⁹ Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

TÉCNICA DE MUESTREO

De acuerdo con los resultados obtenidos en la etapa de reconocimiento del área de trabajo y de haber realizado el montaje de los equipos según se explicó en los numerales anteriores, se procede a realizar el muestreo en los puntos definidos previamente, que se consideren de mayor importancia, para llegar a conclusiones finales acertadas con respecto a la evaluación de los niveles de exposición de los trabajadores a los humos metálicos de soldadura en sus puestos de trabajo.

PREPARACIÓN PREVIA AL MUESTREO

Los pasos que se realizarán en esta etapa son, en resumen:

- 1) La verificación del correcto ajuste de las conexiones del equipo
- 2) Verificación de la calibración de la bomba de muestreo
- 3) Preparación de las hojas de campo que van a ser empleados durante el muestreo para registrar los datos referentes a la muestra
- 4) Se deben dar unas breves indicaciones acerca de los cuidados que se deben tener con el equipo, al operario de soldadura que se va a muestrear, si se trata de muestreo personal.
- 5) El higienista debe cumplir las normas de seguridad dadas para el área donde permanecerá durante la realización del muestreo, haciendo uso de los elementos de protección personal que se exijan.

UBICACIÓN DEL TREN DE MUESTREO

La ubicación del tren de muestreo depende del tipo de muestra que se desea tomar.

Muestreo ambiental

El muestreo ambiental se emplea para establecer el comportamiento del agente contaminante en el lugar de trabajo, para conocer la efectividad de un sistema de control implementado o para determinar la presencia del riesgo.

En un muestreo ambiental se debe ubicar el tren de muestreo, teniendo cuidado que el filtro no quede con la sección destinada para la entrada del contaminante hacia arriba.

Cuando las operaciones de soldadura se realizan en campo abierto en plantas grandes y bien ventiladas, los humos son escasamente detectables.

La obtención de resultados representativos, a partir de las muestras ambientales, dependen del buen criterio y experiencia del higienista para la ubicación del tren de muestreo.

Muestreo personal

El muestreo personal es empleado para conocer la exposición ocupacional del operario a los humos metálicos de soldadura, en relación con la tarea que este realiza.

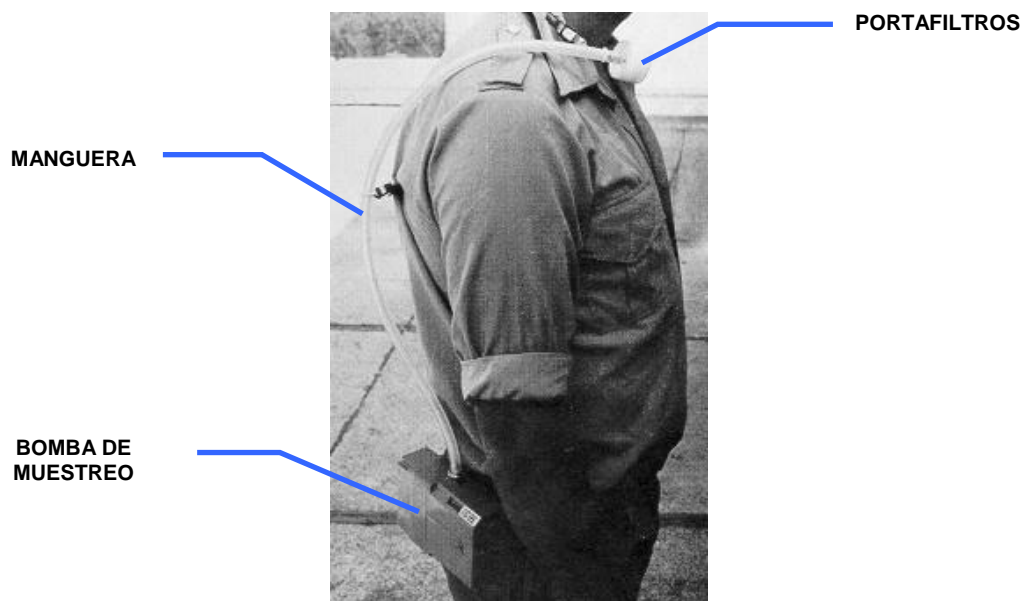
En este caso, la bomba es instalada en el cinturón del trabajador, haciendo pasar la manguera por la espalda del trabajador, y llevada por encima del hombro, hasta la solapa de la camisa o la chaqueta, de tal forma que el portafiltros quede ubicado lo más cerca posible de la zona respiratoria del trabajador.

Si durante la realización de la tarea, el trabajador requiere una careta protectora para soldadura, que le cubra todo el rostro, el portafiltros debe quedar ubicado en el interior de la máscara. En el

caso que el tamaño del portafiltros de 37 milímetros no permita la realización de esta operación, se puede utilizar un portafiltros de 25 milímetros ensamblado con el filtro del mismo diámetro²⁰.

Se debe verificar que el ensamble quede ubicado de tal forma que el orificio de entrada del contaminante quede hacia abajo (sección macho del portafiltros).

Figura 14. Ubicación del tren de muestreo en el operario



Si el operario realiza una labor en la que el uso del tren de muestreo le imposibilita la correcta realización de su trabajo, el higienista es el encargado de llevar el tren de muestreo y de ubicar el portafiltros cerca de la zona respiratoria de el trabajador.

MANEJO DEL PORTAFILTROS

Inmediatamente antes de realizar la captación, se retira el tapón azul, de entrada del contaminante, el cual se guarda para su posterior reinstalación.

A los filtros blanco se les realiza la misma operación, con la diferencia que no se hace pasar aire a través de ellos.

RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

Se pone la bomba en funcionamiento oprimiendo el botón de encendido. Durante todo el procedimiento de muestreo, se debe verificar el correcto funcionamiento de la bomba y las condiciones del filtro, para determinar se está próximo a saturarse por medio de la observación a través del portafiltros de las características físicas de éste.

Si se nota que el valor del caudal se reduce significativamente, y no puede ser corregido por medio de ajustes o sustitución de la bomba, se detiene el muestreo de inmediato y se registra la hora. En este caso el higienista debe decidir si la muestra tomada hasta este momento es válida para ser considerada dentro de la evaluación, de acuerdo al volumen y tiempo muestreados, de lo contrario, el muestreo se pospone a una nueva ocasión.

²⁰ Método OSHA ID-125/91

El muestreo también debe ser realizado en aquellos puestos de trabajo donde no se generen los humos metálicos de soldadura, pero que por su ubicación están indirectamente expuestos a la contaminación, debido a las características propias del contaminante que facilitan su transporte por medio de corrientes de aire.

Al cumplir el tiempo predeterminado para el muestreo, definido por el volumen de aire necesario a muestrear y caudal de captación, se apaga la bomba y se retiran el portafiltros, colocándole su respectivo tapón azul (orificio de entrada del contaminante) y rojo (orificio que conduce a la bomba).

En la evaluación de humos metálicos generados en los procesos de soldadura, deben recolectarse adicionalmente cuatro muestreos de 15 minutos si se desea conocer el nivel de exposición del soldador, a aquellos componentes de los humos metálicos que tienen un valor dado por la NIOSH para exposición de tiempo corto – STEL, como son el Berilio, el Zinc y el Manganeseo.

Tiempo de muestreo

Los tiempos recomendados de muestreo son(ver ANEXO 3):

- . Exposición Promedio Ocupacional - TWA: 240 minutos.
- . Muestreo de Límites de Exposición de Tiempo Corto - STEL: 15 minutos.
Si se desea comparar el STEL dado para el Berilio, se toman muestras de 30 minutos.²¹
- . Muestreo de Valores Techo: 5 minutos.

RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS “BLANCO”

- 1) Preparar filtros marcados como “blancos” al mismo tiempo que se inicia el muestreo. Estos blancos deben ser del mismo lote de los filtros utilizados para la captación de muestras. Los filtros “blanco”, se someten a las mismas manipulaciones que los filtros en los que se captan las muestras, salvo que no pasa aire a través de éstos. Los filtros “blanco” se abren el mismo ambiente del lugar de muestreo y se cierran inmediatamente para enviarlas a análisis junto con las muestras reales.
- 2) Una muestra en blanco debe acompañar a cada grupo de muestras y remitirse también para el análisis.
- 3) En términos generales el número de filtros “blanco” deberá ser como mínimo el 10% de las muestras o más en el caso de que se requiera mayor exactitud.

NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS

Para la obtención de resultados representativos en la evaluación de humos metálicos de soldadura, se deben tomar mínimo dos muestras consecutivas por punto de muestreo, dentro del área de trabajo, cuya duración no debe ser menor al 80% de la jornada laboral. Según estudios realizados por los organismos internacionales dedicados a la Higiene Industrial²², es preferible tomar un mayor número de muestras, dándose un rango entre 2 y 7 muestras. Sin embargo, en sentido económico, se sugiere tomar sólo dos²³. También se deja claridad en que puede tomarse una única muestra, pero esto reduce el nivel de confianza del muestreo.

²¹ Método OSHA ID-125

²² Fundación Mapfre. Cursos de Higiene Industrial. Introducción a la Higiene Industrial. España 1988

²³ Moreno C. Rafael A. & Mañas A. Justo, Métodos y Estrategias para el Muestreo de Contaminantes Químicos. Ed.CCS. Bogotá, Colombia, 1989

La elección de la estrategia de muestreo que se va a aplicar en la evaluación de los humos metálicos, depende de los requerimientos de la evaluación y del buen criterio y experiencia del higienista.

MANEJO DE LAS MUESTRAS

Cada portafiltros, correctamente tapado, debe ser identificado por medio de un número, inscrito en una cinta que irá adherida a este. Este número debe ir relacionado con los datos registrados en la hoja de campo utilizada durante el muestreo.

MUESTRAS RECHAZADAS

Cuando una muestra no cumple con los requisitos de cada uno de los procedimientos indicados en este reglamento, debe ser rechazada por el Higienista, pues los resultados obtenidos de esta no tendrán ninguna confiabilidad.

TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS AL LABORATORIO

Se colocan las muestras junto con el Blanco (o blancos) en cajas u otros envases o materiales convenientemente protegidos, para evitar cualquier tipo de daño, alteración o pérdida de su contenido durante su envío o transporte al laboratorio.

Si se desean enviar muestras a granel del material que genera la contaminación (limaduras del metal base y del metal de aporte), estas muestras deben ir identificadas y correctamente selladas. Es conveniente enviarlas por separado de las muestras de aire, para evitar posible contaminación de éstas últimas.

Si se sospecha de la presencia de algún contaminante adicional presente en la atmósfera de trabajo donde fue realizado el muestreo, tal información debe ser remitida al laboratorio junto con las muestras.

Las precauciones anteriores deben mantenerse mientras dure el almacenamiento hasta el momento en que se dispongan para ser analizadas. El tiempo máximo de espera para enviar las muestras al laboratorio será de diez días, posteriores a la fecha de muestreo.

Toda muestra que se remita a un laboratorio para su análisis debe estar debidamente identificada para ayuda del análisis a realizar, la información incluirá como mínimo:

- 1) Número de la muestra colocada en el casete.
- 2) Nombre de la empresa o fábrica.
- 3) Sitio de operación a que corresponde.
- 4) Volumen total del aire muestreado.
- 5) Fecha y hora exacta de recolección.
- 6) Nombre de la persona responsable del muestreo.
- 7) En algunos casos especiales, el nombre del trabajador a quien se le tomo la muestra.

Para obtener mayor información sobre el almacenamiento y transporte al laboratorio de las muestras, es pertinente remitirse a lo establecido en el método analítico de NIOSH específico para la sustancia

ANÁLISIS DE LABORATORIO

La determinación del perfil de humos metálicos de soldadura, se debe realizar cuando se requieren conocer las concentraciones de los diferentes metales presentes en los humos y no se tiene conocimiento de las características del metal que va a ser soldado, ni del metal aportado. Esta determinación, se efectúa por medio de la técnica analítica Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma.

Los laboratorios que serán reconocidos para efectos de la aplicación de éste reglamento técnico debe estar acreditado así:

Laboratorios Nacionales: Deberán estar certificados con al norma NTC ISO/IEC 17025²⁴. Los laboratorios de Metrología en Higiene Industrial deben estar acreditados ante el Ministerio de Desarrollo, por medio de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia como autoridad competente.

Laboratorios Extranjeros: Deberán estar acreditados por la AIHA – American Industrial Hygiene Association.

CONCENTRACIÓN DE LOS HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA

Cálculo de la concentración por el método Gravimétrico

Para la determinación de la concentración de humos metálicos sin especificar su composición (Welding Fumes, Not Otherwise Specified-NOS), se sigue el mismo método, empleando un filtro con peso conocido. Después del procedimiento de recolección de muestra, el filtro se debe desecar y pesar nuevamente. El procedimiento de desecado del filtro, se realiza con sílica gel y por un periodo mínimo de 24 horas. El cálculo de la concentración de los humos metálicos como polvo total, se emplea cuando se tiene certeza de la no toxicidad de los metales presentes en estos, y se obtiene aplicando la siguiente ecuación :

Ec. 7

$$C = \frac{Pf_2 - Pf_1}{V} = \frac{mg}{m^3}$$

Donde:

- C** = Concentración de la sustancia en mg/m³
- Pf₁** = Peso del filtro antes de la recolección de la muestra en mg.
- Pf₂** = Peso del filtro después de la recolección de la muestra en mg.
- V** = Volumen en m³

Al resultado de la diferencia entre el peso inicial y final del filtro, se le debe restar el valor del mismo cálculo hecho para las muestras blanco que debieron ser tratadas de igual forma que las muestras reales, incluyendo el proceso de desecación.

El valor obtenido en la evaluación, se compara con el TLV dado por la ACGIH para humos metálicos no especificados de otra forma de 5mg/m³, valores que son publicados anualmente por este organismo. (ANEXO 3).

Cálculo de la Concentración por Espectrometría de Emisión Atómica

La concentración de los diferentes componentes de los humos metálicos, presentes en las muestras recolectadas, se determina a partir de los resultados obtenidos en el laboratorio a partir de la técnica de Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma

²⁴ Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración.

expresados en miligramos por muestra. A este resultado, se le deberá restar el peso promedio del metal evaluado de las muestras "blanco", en miligramos.

El valor debe expresarse en mg/m³ para poder compararlos con el valor límite permisible, dado en estas unidades. Se emplea la fórmula:

Ec. 8

$$C = \frac{Pm - Pb \text{ mg}}{V \text{ m}^3}$$

Donde:

- C** = Concentración de la sustancia en mg/m³
- Pm** = Peso de la muestra en mg.
- Pb** = Peso del promedio de los "blancos" en mg.
- V** = Volúmen en m³

Al igual que para los humos metálicos no especificados de otra forma, los valores límite que se toman como referencia, son los publicados anualmente por la ACGIH. En la siguiente tabla, se presentan los valores límite permisibles dados los humos metálicos, que están dentro del campo de aplicación de este reglamento.

TABLA VII. Valores Limite Permisibles para los Humos Metálicos de soldadura²⁵

	ESTÁNDAR ACGIH/01	
	TLV	STEL
ALUMINIO	5 mg/m ³	-----
ANTIMONIO	0.5 mg/m ³	-----
BERILIO	0.002 mg/m ³	0.01 mg/m ³
CADMIO	0.002mg/m ³	-----
CROMO	0.5 mg/m ³	-----
COBALTO	0.05 mg/m ³	-----
COBRE	0.2 mg/m ³	-----
HIERRO	5 mg/m ³	-----
MANGANESO	1 mg/ m ³	3 mg/ m ³
MOLIBDENO	5 mg/ m ³ Soluble 10mg/ m ³ Insoluble	-----
NIQUEL	0.05 mg/ m ³	-----
PLOMO	0.05 mg/ m ³	-----
TITANIO	10 mg/ m ³	-----
VANADIO	0.05 mg/ m ³	-----
ZINC	5 mg/ m ³	10 mg/ m ³ (ZnO Humo Metálico)

Debido a los factores mencionados en numerales anteriores, con frecuencia los humos metálicos de soldadura deben ser evaluados por sus constituyentes individuales, para determinar cuales valores límite permisibles específicos, han sido excedidos. Las conclusiones de una evaluación en higiene industrial basada en la concentración total, son generalmente aceptables, si se conocen los componentes del material a soldar²⁶.

Cálculo de la concentración por Absorción Atómica

La técnica Analítica de Espectrometría de Absorción Atómica, es también aplicable para la medición de concentración de metales en el área de trabajo, pero con la desventaja que esta técnica analítica es específica para el metal que quiere ser determinado y no distingue diferentes compuestos en una muestra, es decir, por medio de esta técnica no se pueden realizar perfiles, por lo tanto es empleado cuando se tiene identificado el metal a evaluar.

²⁵ TLV's and BEL's. ACGIH 2001

²⁶ TLV's and BEL's. ACGIH 2001, Apéndice B, pág. 69

Para realizar el cálculo de las concentraciones a partir de los resultados del Laboratorio Analítico, se aplican las mismas ecuaciones enunciadas en el cálculo de concentraciones por espectrometría de emisión atómica, incluyendo la corrección por blancos.

ERRORES QUE PUEDEN AFECTAR EL RESULTADO DEL MUESTREO

Para la medición de los humos metálicos de soldadura, cualquiera que sea el equipo empleado para la toma de muestras, siempre existe un margen de error. Para tratar de una manera crítica estos datos y tener un criterio claro de cuáles de las deducciones de los mismos son ciertas y cuáles dudosas o simplemente infundadas, es necesario valorar el error del resultado de la medición. Sin esta valoración no se puede obtener una medida cuantitativa del agente.

La tarea de determinar el error de la medida de la concentración ambiental de los humos metálicos de soldadura, en la práctica no es sencilla. La mayor dificultad radica en que la medición va acompañada de factores, que influyen sobre el resultado de la misma. Dado que el conocimiento de las circunstancias y procesos que concurren en la toma de la muestra siempre es limitado, en cualquier caso es imposible analizar todos los factores que actúan sobre el resultado de la medición. Por eso, el valor del error de la concentración medida permanece desconocido. De aquí, que el objetivo sea la aproximación máxima al valor del error de las mediciones, o , lo que es lo mismo, el porcentaje de certeza.

El grado de certeza de la medida depende, antes que nada, de la cantidad de factores que se han tenido en cuenta, en la determinación de los humos metálicos, y que influyen sobre el resultado de las mediciones. La magnitud absoluta del error se determina, claro está, por factores subjetivos tales como la habilidad, la habilidad, la exactitud y minuciosidad del higienista, su grado de preparación, etc.

Para facilitar el análisis del error del resultado y los errores de las mediciones, conviene clasificarlos de acuerdo con los motivos que lo provocan. Se distinguen dos categorías: los errores sistemáticos y los causales o accidentales.

Los errores sistemáticos son aquellos que, sin variar prácticamente durante el muestreo y/o análisis, entran de igual modo en cada resultado de las mediciones, dando lugar a su desviación hacia un sentido cualquiera.

Las fuentes de los errores sistemáticos pueden ser:

- 1) Errores instrumentales originados por defectos o irregularidades de los instrumentos de medición.
- 2) Errores vinculados con las condiciones meteorológicas del ambiente en que se realizan las determinaciones.
- 3) Errores debidos a la particularidad del higienista (errores subjetivos o personales)
- 4) Errores debidos a la inexactitud de las constantes de graduación o calibración de los instrumentos.
- 5) Errores, aportados por el mismo método de medición, debidos al carácter aproximado o indeterminado en ocasiones de las correlaciones entre la cantidad de contaminantes presente y el retenido por el sistema de muestreo.

Los errores sistemáticos no pueden ser considerados estadísticamente. Si son detectados durante una medición, los datos habrán de corregirse primeramente antes de efectuarse el análisis estadístico.

Los errores sistemáticos se pueden revelar y analizar solamente con base en la observación tanto del mismo método como de los instrumentos de medición. Hay que tener en cuenta que en una serie de casos el error sistemático puede ser mayor que el accidental.

La categoría de errores que antes se denominaban accidentales, está vinculada con factores que sufren pequeñas variaciones durante el muestreo y/o análisis.

La acción conjunta de un gran número de tal género de factores da lugar a que la repetición de una misma medición nos dé en cada ocasión un valor distinto.

El origen de los principales errores aleatorios puede estar en:

- 1) Las fluctuaciones de la concentración de los humos metálicos en el ambiente (de un día para otro o dentro de un mismo día) influidas por el proceso físico generador o por los hábitos laborales del trabajador.
- 2) Las variaciones del equipo, tanto del muestreo (por ejemplo, fluctuaciones en el caudal de una bomba), como análisis

En principio cabe resolver el problema a través de la consideración de la influencia en el resultado de las mediciones, de cada uno de los errores aleatorios por separado. Sin embargo, está claro que semejante tentativa es prácticamente inútil. Puesto que el resultado de cada medición individual de la concentración de los humos metálicos depende de la acción de un gran número de distintos factores, que varían durante la realización de dicha determinación. La acción de tales factores (el error) puede considerarse como una magnitud aleatoria. Este enfoque permite tratar los errores aleatorios del muestreo y análisis de una muestra destinada a las mediciones de Higiene Industrial utilizando las leyes de la distribución normal. La clasificación de los errores en sistemáticos y accidentales, antes expuesta, es puramente convencional y se ajusta sólo para un muestreo concreto, cuando el conjunto de mediciones está determinado.

VALORES LÍMITE PERMISIBLES

Los valores límite permisibles (TLV's) hacen referencia a concentraciones de sustancias en el aire, por debajo de las cuales, se cree que la mayoría de los trabajadores puedan exponerse repetidamente, día tras día sin sufrir efectos adversos a la salud²⁷. Sin embargo, debido a la amplia variación entre las susceptibilidades individuales, un pequeño porcentaje de trabajadores pueden experimentar molestias para algunas sustancias a concentraciones iguales o por debajo del valor límite permisible.

VALORES RECOMENDADOS

Según el artículo 154 de la resolución 2400 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, los valores límite permisibles, actualmente vigentes y aplicables en el país para la comparación de resultados obtenidos en muestreo de humos metálicos de soldadura en lugares de trabajo son los publicados anualmente por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).

VALOR LÍMITE PERMISIBLE CORREGIDO POR TIEMPO DE EXPOSICIÓN

La aplicación de los TLV's para turnos de trabajo diferentes a la jornada laboral de ocho horas al día ó cuarenta horas en la semana, requiere una consideración especial si se quiere proteger a los trabajadores en la misma medida en que se realiza con aquellos que cumplen una jornada normal de trabajo.

²⁷ TLV's and BEL's. ACGIH 2001, pág. 3

Si bien los TLV's tienen un factor de seguridad para desviaciones moderadas de las condiciones normales, la ACGIH reconoce que pueden existir grandes desviaciones en los casos de temperaturas superiores a 32°C o jornadas de trabajo superiores en un 25% a las establecidas²⁸.

El modelo Brief y Scala, es el modelo más conservador, para realizar la evaluación del riesgo higiénico bajo estas circunstancias, ya que reduce proporcionalmente el TLV, tanto al incremento del tiempo de exposición, como a la reducción que se produce en el tiempo de no exposición.

La corrección del TLV propuesto por este modelo se realiza a través de las siguientes fórmulas:
Cálculo diario:

Ec. 9

$$F_r = \left\{ \frac{8}{H_d} * \frac{24 - H_d}{16} \right\}$$

Cálculo semanal:

Ec. 10

$$F_r = \left\{ \frac{40}{H_s} * \frac{168 - H_s}{128} \right\}$$

para conocer el valor límite permisible corregido, se emplea la siguiente ecuación:

Ec. 11

$$TLV_c = (F_r * TLV_{8horas})$$

Donde:

- F_r** = Factor de Reducción. (adimensional)
- H_d** = Horas de Turno Diario (más de 8 horas).
- H_s** = Horas de Trabajo Durante la Semana.
- TLV** = Valor Límite Permisible en mg/m³

VALOR LÍMITE CORREGIDO POR TEMPERATURA Y PRESIÓN

Cuando el muestreo se realiza, bajo condiciones de temperatura y presión con una diferencia significativa de las condiciones presentes cuando se realizó la calibración, los volúmenes de muestreo deberán ser corregidos empleando la siguiente fórmula:

²⁸ FUNDACIÓN MAPFRE. Manual de Higiene Industrial. Madrid 1991.

Ec. 12

$$\left[\left(\frac{Vm * Pm}{Tm} \right) = \left(\frac{Vc * Pc}{Tc} \right) \right]$$

Donde:

Vm	= Volumen Muestreado (m ³)
Pm	= Presión de Muestreo (mm de Hg)
Tm	= Temperatura de Muestreo (°K)
Vc	= Volumen Corregido (m ³)
Pc	= Presión de Calibración (mm de Hg)
Tc	= Temperatura de Calibración (°K)

Cuando los lugares de trabajo están a alturas diferentes a los que vienen referidos los valores límite permisibles, expresados en miligramos por metro cúbico (mg/m³) para los humos metálicos de soldadura, se deberá hacer la corrección de estos mediante la formula:

Ec. 13

$$Fr = \left(\frac{P}{760} \right)$$

Donde:

Fr	= Factor de reducción
P	= Presión del lugar de trabajo (mm de Hg)

Este factor de corrección se aplica en el Cálculo del TLV corregido (Ec. 11).

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CRITERIO ESTADÍSTICO

Las variabilidades muestrales, las fluctuaciones fortuitas del ambiente de las áreas de trabajo y la existencia ineludible de errores, conduce a que cuando un trabajador es muestreado, y calculada su exposición media, esta raramente coincide con la exposición verdadera.^{29,30}

Así, el resultado de un muestreo en higiene industrial, es siempre una estimación de la verdadera exposición media. Haciendo uso de métodos estadísticos, se puede calcular el límite superior e inferior de un intervalo en torno a la exposición promedio estimada, que contenga el verdadero valor de esta magnitud con un nivel de confianza prefijado, por ejemplo el 95%.

El valor numéricamente menor se conoce como Límite Inferior de Confianza (**LIC**) y numéricamente mayor como Límite Superior de Confianza (**LSC**). Para un nivel de confianza prefijado, la amplitud del intervalo que contiene el verdadero valor medio, disminuye al hacerlo el coeficiente de variación total del método analítico empleado, aumentando la probabilidad que el método analítico encontrado, coincida con el verdadero valor medio de la exposición.

La posición de los límites del intervalo de confianza, **LIC** y **LSC**, respecto al valor medio del mismo depende del nivel de confianza con que se trabaje y de la estrategia de muestreo empleada.

A continuación se presentan los procedimientos de cálculo del **LIC** y **LSC** dependiente de la estrategia de muestreo y para un nivel de confianza del 95%.

²⁹ FUNDACIÓN MAPFRE. Manual de Higiene Industrial. Madrid 1991.

³⁰ FUNDACIÓN MAPFRE. Estudios. Curso Master de Seguridad Integral en la Empresa

En el caso de muestras consecutivas de periodo completo o parcial, la concentración medida es una serie de valores $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$. Obtenidos durante los tiempos $t_1, t_2, t_3, t_4, \dots, t_n$, respectivamente.

La concentración relativa viene dada por:

Ec.14

$$CR = \left[\frac{TWA}{TLV} \right]$$

Donde TWA es la exposición promedio ocupacional, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ec. 15

$$TWA = \left\{ \frac{x_1t_1 + x_2t_2 + x_3t_3 + x_4t_4 + \dots x_nt_n}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + \dots t_n} \right\}$$

Los límites del intervalo de confianza se calculan mediante las siguiente expresión:

Ec.16

$$LC = \left\{ CR \pm \left[\frac{EMA \sqrt{x_1t_1 + x_2t_2 + x_3t_3 + x_4t_4 + \dots x_nt_n}}{TLV * (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + \dots t_n)} \right] \right\}$$

Donde EMA es el error de la técnica de muestreo y análisis y son valores dados por NIOSH y OSHA.

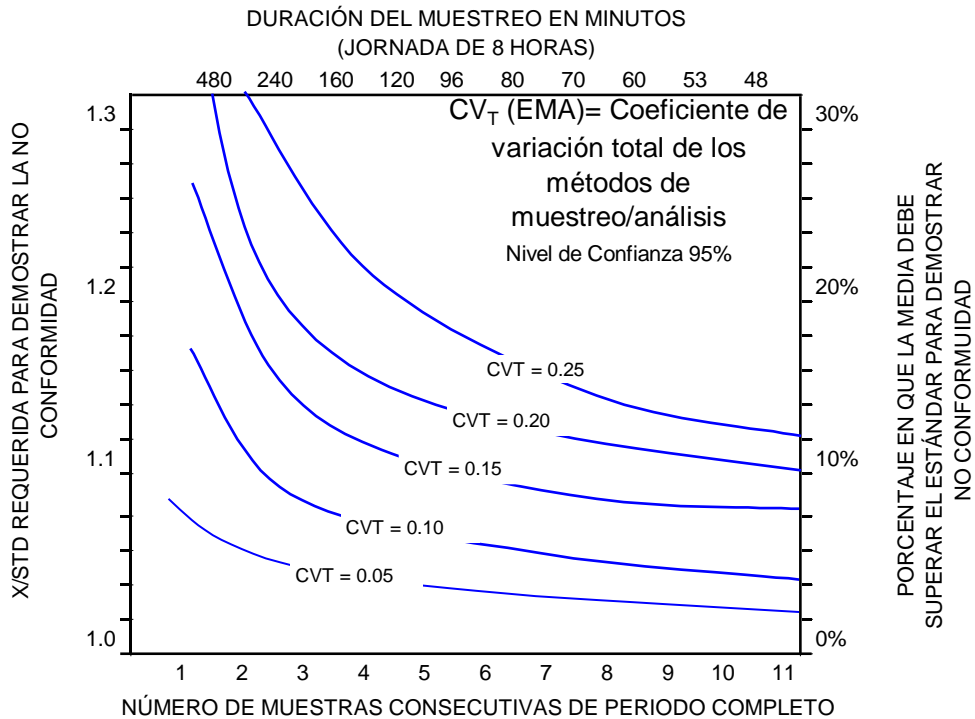
Si el laboratorio proporciona independientemente los coeficientes de variación de la bomba personal (CV_p) y/o del método analítico (CV_a), el error de muestreo y análisis total se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ec.17

$$EMA = \sqrt{(CV_p)^2 + (CV_a)^2}$$

El porcentaje en el cual el resultado debe exceder al valor límite permisible para poder demostrar que este se supera, depende del número de muestras tomadas, en la siguiente figura se representa la influencia del número de muestras consecutivas durante un periodo completo, obteniéndose, a partir de este y de el coeficiente de variación del método, la cantidad en porcentaje, en que el resultado de la evaluación debe exceder el valor límite permisible que se está comparando. Por ejemplo, si en una evaluación ambiental se tomaron ocho muestras consecutivas de periodo completo, empleando el método analítico que tiene un coeficiente de variación de 0.05 para el molibdeno, según la figura No. 15 el valor obtenido en la evaluación debe superar en 2%, aproximadamente, al TLV para poder demostrar la no conformidad de este criterio.

Figura 15. Efecto del número de muestras consecutivas de periodo completo para la demostración de no conformidad cuando el criterio de prueba es del 50%³¹³²



Así mismo, la demostración de conformidad queda sujeta a las mismas condiciones.

En el caso de haber recogido una muestra única en la totalidad de la jornada, la concentración medida X , del contaminante, por el laboratorio de higiene industrial, permite calcular la concentración relativa, respecto a su valor límite permisible.

Ec.18

$$CR = \left[\frac{x}{TLV} \right]$$

y la fórmula dada para calcular los límites de confianza, queda reducida a:

Ec.19

$$LC = CR \pm EMA$$

³¹ FUNDACIÓN MAPFRE. Estudios. Curso Master de Seguridad Integral en la Empresa

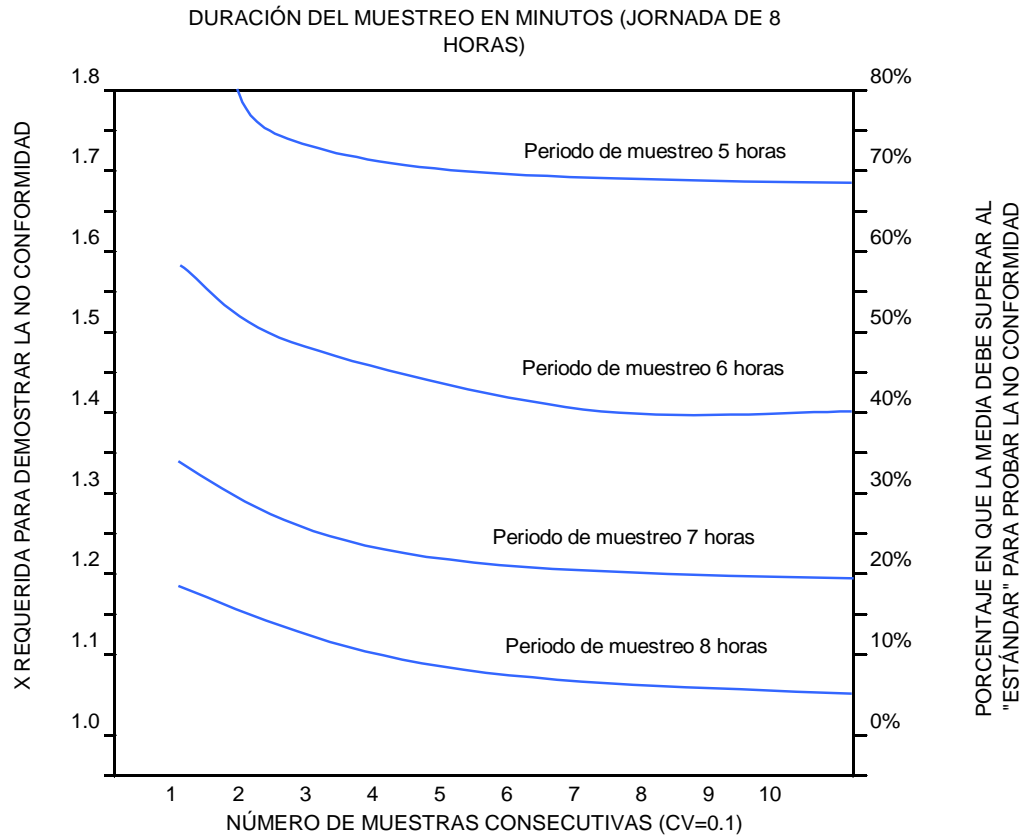
³² Leidel N.A. Validez y Representatividad de las Mediciones Ambientales en higiene Industrial. II Symposium de Higiene Industrial.

Un estudio comparativo de las estrategias de muestreo, dejando a un lado los costos, resalta como óptima las muestras consecutivas de periodo completo, siendo el número adecuado de muestras a tomar entre dos y siete.

La muestra única de periodo completo no es el mejor procedimiento ya que se precisan sistemas de muestreo y análisis adecuados. En las muestras consecutivas de periodo parcial, los resultados serán válidos únicamente sobre el periodo de tiempo muestreado, surgiendo la discusión acerca del tratamiento a dar a aquel periodo que no fue muestreado. Esta estrategia se acepta como válida siempre y cuando el periodo de muestreo alcance el 80% de la jornada laboral y las condiciones de trabajo no varíen sustancialmente.

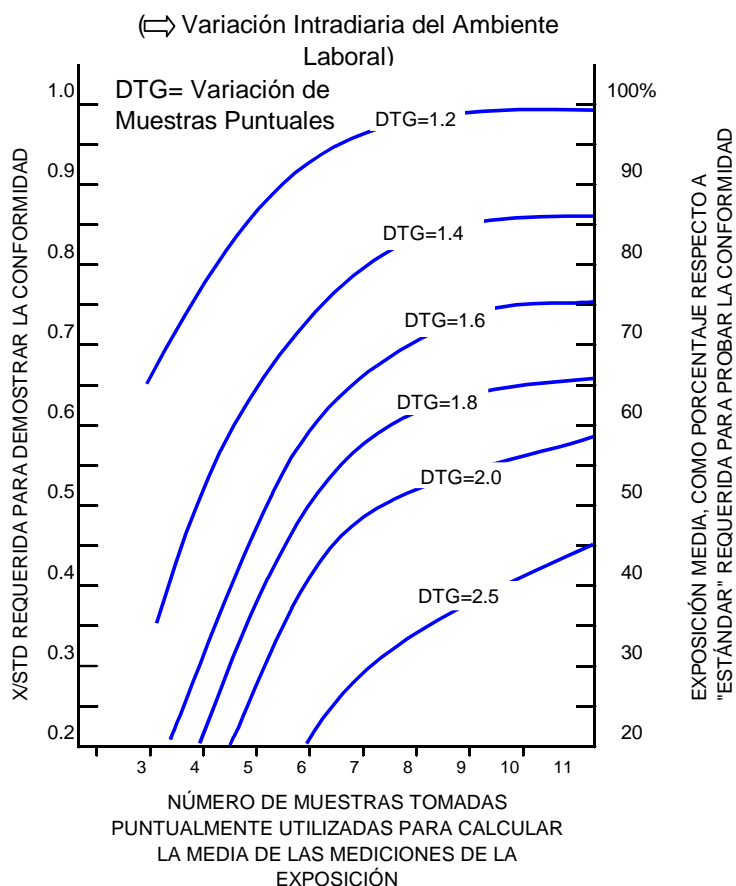
En la siguiente figura se indica la influencia del número de muestras y el tiempo cubierto, muestreado con un método de EMA= 0.10, sobre los valores que debe tomar la concentración, para poder asegurar el estándar fue superado.

Figura 16. Influencia del número de muestras y el tiempo cubierto en el muestreo para demostración de No Conformidad



Las muestras tomadas puntualmente son la peor estrategia, cuando se quiere estimar la exposición promedio ocupacional. Como se puede apreciar en la siguiente figura, para demostrar la existencia de una no conformidad, tomando un número relativamente elevado de muestras, por ejemplo 11, y para una desviación típica geométrica igual a 2, la concentración media obtenida deberá exceder el valor límite permisible en un 40%.

Figura 17. Efecto del número de muestras puntuales para la demostración de conformidad³³

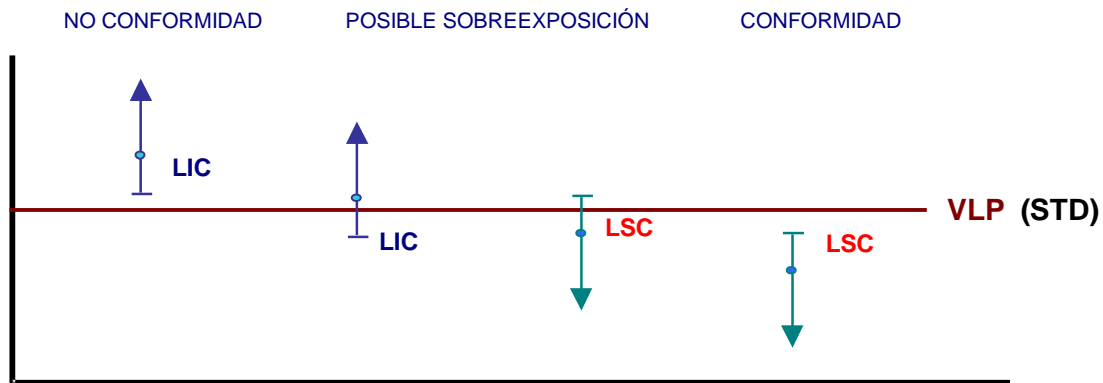


El cumplimiento o incumplimiento de un valor límite viene indicado por la concentración relativa y los límites de confianza superior e inferior de la siguiente forma:

- 1) Si la concentración relativa y el límite inferior de confianza superan el valor límite permisible dado para la unidad, se puede afirmar que la concentración ambiental del contaminante es superior al valor límite permisible establecido.
- 2) Si la concentración relativa y el límite superior de confianza no superan el valor límite, existe certeza que el valor límite permisible dado para el contaminante, no se está sobrepasando.
- 3) En cualquier otra situación, los resultados del muestreo no son concluyentes.

³³ Fundación Mapfre. Manual de Higiene Industrial, pag154. España 1991

Figura 18. Clasificación de acuerdo a los límites de confianza



NIVEL DE INTERVENCIÓN (NIOSH)

Se deben establecer acciones de intervención o mitigación del factor de riesgo si las concentraciones de humos metálicos de soldadura medidas o encontradas son mayores que el cincuenta (50%) del Valor Límite Permisible corregido.

REGISTRO Y NOTIFICACIÓN

El registro de la información que resulte de las evaluaciones de humos metálicos de soldadura forma parte de la estadística de empresa, y se deben llevar en forma sistemática para su posterior análisis.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones ambientales, se deben notificar a la entidad que ha requerido la evaluación, en tal sentido pueden ser comunicados al Gerente de Empresa o a la Administradora de Riesgos Profesionales a la cual se encuentra afiliada esta para que se tome la decisión política o administrativa de intervenir el riesgo.

MÉTODOS DE CONTROL PARA LOS HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA

CONTROLES ADMINISTRATIVOS

Los controles administrativos, se refieren a aquellos que a nivel organizacional, la empresa puede implementar para mejorar las condiciones de trabajo de su empleados. Los controles administrativos deben ser pensados de tal forma que cualquier decisión ayude en la reducción de exposiciones. Para trabajadores potencialmente expuestos humos metálicos de soldadura, el programa administrativo debe establecer e implementar políticas para:

- 1) Instituir un programa rutinario de inspección y mantenimiento de los equipos empleados para el control de los humos metálicos en los lugares de trabajo, para garantizar el buen funcionamiento de éstos.
- 2) Implementar un programa de monitoreo para medir las concentraciones de humos metálicos en la los lugares de trabajo
- 3) Implementar un programa de información y entrenamiento a los empleados expuestos a los humos metálicos de soldadura, de tal forma que los empleados puedan participar y apoyar las medidas de protección a implementar en el lugar de trabajo.

- 4) Definir e implementar unas prácticas de trabajo apropiadas para ayudar a reducir la exposición de los empleados.
- 5) Implementar un Sistema de Vigilancia Epidemiológica para todos los trabajadores expuestos, en el momento que se llegue al nivel de intervención definido en este reglamento, es decir, cuando las concentraciones encontradas en el ambiente de trabajo alcancen el 50% del Valor Límite Permisible.
- 6) Controlar el uso correcto de los Equipo de Protección Personal.
- 7) Cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a riesgos profesionales.

CONTROLES DE INGENIERÍA

La eliminación de los riesgos producidos por los humos metálicos generados en las operaciones de soldadura, exigen que éstos no alcancen la zona respiratoria, o, si lo hacen, hayan sido previamente disminuidos mediante mecanismos de control apropiados.

A continuación se enumeran algunos mecanismos de control aplicables a la disminución de los riesgos en los procesos de soldadura.³⁴

Extracción Localizada

La extracción localizada efectúa la captación de los contaminantes por aspiración lo más cerca posible de su punto de emisión, evitando así su difusión al ambiente y eliminando por tanto la posibilidad de que sean inhalados.

Estos sistemas se basan en crear en la proximidad del foco de emisión una corriente de aire que arrastre los humos generados, eliminando de esta forma la contaminación en la zona respiratoria del soldador. En los sistemas de extracción localizada que se proponen, es posible encontrar una velocidad de arrastre, suficiente para lograr una captación adecuada y que sea compatible con las exigencias de calidad de las operaciones de soldadura.

Cuando el sistema dispone de filtro de humos, la descarga del aire aspirado puede efectuarse en la propia nave de trabajo lográndose, además de la separación del contaminante, un considerable ahorro energético en el tratamiento del aire de reposición del aire extraído.

Sistemas Fijos

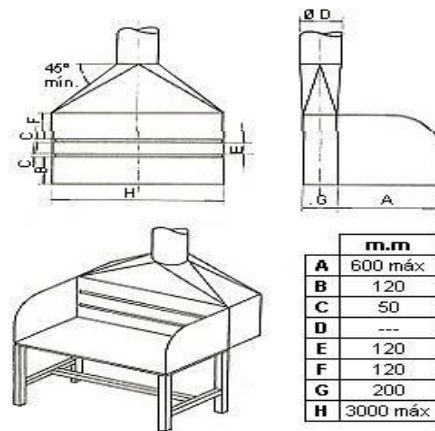
Cuando el puesto de soldadura es fijo, es decir, no es necesario que el soldador se desplace durante su trabajo, se puede conseguir una captación eficaz de los gases y humos de soldadura, mediante una mesa con extracción a través de rendijas en la parte posterior.

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

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

³⁴ NTP 7. Soldadura: Prevención de riesgos higiénicos en operaciones de soldadura. INSHT

Figura 19. Sistemas de extracción localizada para puestos de trabajo fijos

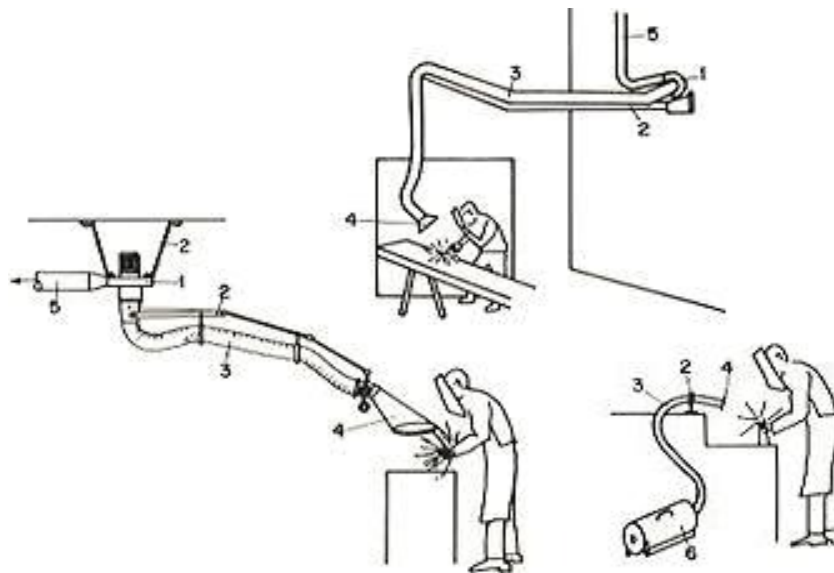


Puestos Móviles

Cuando es preciso desplazarse durante el trabajo, por ejemplo al soldar piezas de gran tamaño, no es posible el empleo de mesas de soldadura, por lo que hay que recurrir al uso de pequeñas bocas de aspiración móviles.

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

Figura 20. Sistemas de extracción localizada en puestos de trabajo móviles



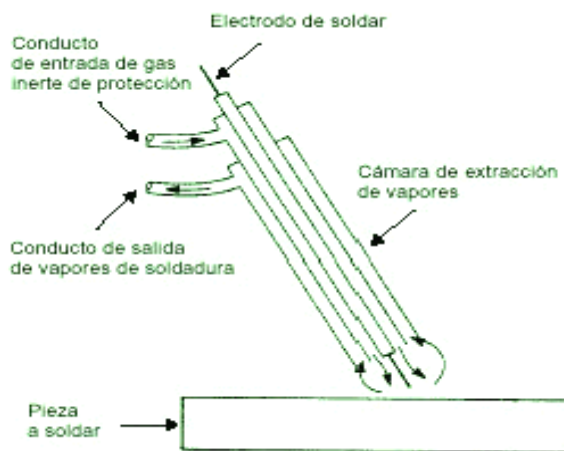
1- Extractor; 2- Soportes; 3- Conducto de expulsión; 4- Boca de captación; 5- Expulsión; 6- Acoplador con ailtros

Extracción incorporada a la pistola de soldadura

En las operaciones de soldadura con hilo continuo y atmósfera protectora se ha sugerido el empleo de extracciones acopladas a la propia boquilla de soldadura.

El caudal necesario en estos casos es muy reducido, habiéndose sugerido cifras del orden de algunos metros cúbicos por hora. En cualquier caso, las dificultades de su puesta en práctica aconsejan acudir a equipos ya comercializados que se encuentran en el mercado.

Figura 21. Esquema de extracción en la pistola de soldadura

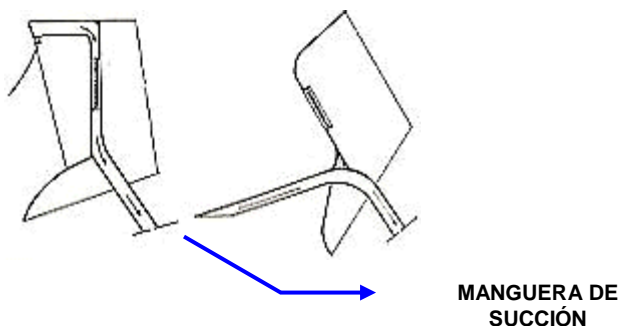


Sistema de extracción incorporada a la careta protectora

Una última alternativa la constituyen los elementos de captación incorporados a las caretas de protección contra las radiaciones ultravioleta.

Desde el punto de vista teórico, este sistema presenta la ventaja de que, por la misma índole de la operación, es forzoso que la pantalla (y por tanto la aspiración) se sitúe muy cerca del punto de soldadura, lo que contribuye notablemente a incrementar la eficacia de captación. Como contrapartida, en el mercado español, este tipo de protección está poco extendido.

Figura 22. Esquema de extracción incorporada a la pantalla protectora



Ventilación General

La ventilación general no puede considerarse en sí misma como una solución al problema higiénico planteado, sino más bien como un complemento necesario a la extracción localizada cuando ésta no tiene filtro depurador y descarga en el interior del local, o bien se utiliza un sistema de impulsión localizada.

Los caudales recomendados de ventilación general suelen expresarse en función del tipo de soldadura y de las dimensiones del electrodo, así el manual de ventilación de la A.C.G.I.H. para soldadura sobre acero al carbono no recubierto de otro material (p.e. galvanizado), recomienda los siguientes caudales³⁵:

Diámetro del electrodo,mm	Caudal m ³ /h soldador
4	1700
5	2.500
6	6.000
10	7.500

CONTROLES EN EL INDIVIDUO

Cuando no es posible una ventilación adecuada y se cortan o se sueldan materiales que contengan Plomo, Cobre, Cromo, Zinc, Hierro, Manganeso, Cadmio, Flúor, Berilio o Mercurio, caracterizados por su toxicidad, los soldadores deberán protegerse mediante respiradores de cartucho químico aprobados contra humos metálicos³⁶.

VERIFICACIÓN DE CONTROLES

Una vez se han aplicado las medidas de control anteriores, la empresa debe evaluar las nuevas condiciones de trabajo, para determinar las concentraciones de humos metálicos de soldadura presentes en los ambientes de trabajo, en relación con las existentes antes de la implementación de los métodos de control.

Esta verificación se desarrolla como parte de la evaluación del programa de Higiene Industrial y procede de las políticas internas de prevención de enfermedades profesionales o en algunos casos de la exigencia de la autoridad competente.

³⁵ NTP 7. Soldadura: Prevención de riesgos higiénicos en operaciones de soldadura. INSHT

³⁶ SOLDADURA. Factores de Riesgo Ocupacionales, Sistemas de Prevención y Control. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Instituto de Seguros Sociales. 1993

6. IDONEIDAD DEL HIGIENISTA

La buena práctica de la evaluación del riesgo por exposición a humos metálicos de soldadura, implica “un compromiso constante con la salud humana que permita tomar una actitud esencialmente crítica, evadir falsas complacencias, la búsqueda constante de excelencia, y el estímulo del sentido de la responsabilidad personal y del autocontrol corporativo en materia de seguridad” y por tanto, es importante que las entidades o personas interesadas en prestar servicios de evaluación de la exposición ocupacional a humos metálicos de soldadura, deban cumplir con los requisitos siguientes:

- . Acreditar idoneidad profesional mediante títulos de Tecnólogo y/o Profesional, con formación en áreas de Salud Ocupacional e Higiene Industrial y Licencia de prestación de servicios que incluya el componente de Higiene Industrial y con mínimo cinco (5) años de experiencia en evaluaciones de Higiene Industrial.
- . Contar con los equipos adecuados para el muestreo de los Humos Metálicos de Soldadura, con sus respectivos certificados de calibración y mantenimiento, dados por una entidad reconocida.
- . Contar con los recursos físicos apropiados para la prestación de los servicios.
- . La experiencia de trabajo en áreas de Salud Ocupacional e Higiene Industrial tendrá validez mediante certificación expedida por una institución de carácter oficial o entidades reconocidas en las cuales haya prestado este servicio.
- . La autorización para la prestación de servicios en áreas de Salud Ocupacional e Higiene Industrial a personas o entidades, puede únicamente ser expedida por el Ministerio de Salud a través de los entes territoriales y será válida en todo el Territorio Nacional.

Con el fin de propender por una verdadera cultura de la seguridad en el territorio nacional, es de extrema importancia que ninguna entidad de carácter oficial o privado contrate servicios de higiene industrial, con personas naturales o jurídicas que carezcan de las pertinentes licencias o autorizaciones de las autoridades competentes. Dicha falta será sancionada por la correspondiente entidad de vigilancia y control

7. VIGILANCIA Y CONTROL

Se sugiere que el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el Sistema General de Riesgos Profesionales asigne funciones de Vigilancia y Control a través de los Comités de Salud Ocupacional y los Grupos de Inspección, Vigilancia y Control de las Direcciones Territoriales de Trabajo y de Salud existentes en los diferentes entes territoriales del país.

Estos organismos podrán ejercer vigilancia sobre los servicios de Higiene Industrial y/o de Metrología en Higiene Industrial que presten las diferentes entidades naturales y jurídicas y/o laboratorios.

8. REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN

La revisión y actualización de este Reglamento Técnico, es competencia del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, como entidad encargada de la Vigilancia y Control del cumplimiento de la normativa en Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales. A partir de las entidades Prestadores de Servicios de Higiene Industrial, en lo relacionado con la evaluación de humos metálicos de soldadura, se obtendrá la información necesaria para actualizar el contenido de este Reglamento.

Esta actualización se obtiene mediante la realización de actividades de Inspección, Vigilancia y Control como mecanismo para el fortalecimiento de los Sistemas de Vigilancia Epidemiológica y para el mejoramiento de las condiciones de trabajo y salud.

Se propone una periodicidad de tres años para hacer la revisión y actualización de este reglamento técnico con la participación de personal idóneo y el concepto de diferentes entidades relacionadas con el Sistema General de Riesgos Profesionales. Esta revisión se debe realizar en el marco de toda la legislación en Salud Ocupacional vigente en el momento.

La revisión y actualización debe comprender la verificación del cumplimiento de las funciones y responsabilidades de los entes territoriales en materia de evaluación de humos metálicos de soldadura.

9. DEROGATORIA

El presente Reglamento técnico deroga a partir del inicio de su vigencia las disposiciones que le sean contrarias.

10. VIGENCIA

El presente reglamento técnico empezará a regir a partir de la fecha de su publicación por parte del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Dirección de Riesgos Profesionales.

11. RÉGIMEN SANCIONATORIO

En cualquier caso de incumplimiento de las disposiciones establecidas por este Reglamento Técnico, por parte de los responsables de su aplicación, la Dirección Nacional de Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y las direcciones Territoriales, como autoridad competente, previo conocimiento de los informes que rindan los Inspectores y por medio de resolución motivada, podrá imponer las sanciones previstas al empleador y tomar las medidas que estime necesarias, por falta de control de los agentes contaminantes en los ambientes de trabajo.

12. BIBLIOGRAFÍA

- ACGIH,
Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants
9th Ed.Cinc. 2001
- ACGIH,
Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants
Ohio. 8th Ed. 1995
- ACGIH
TLV's and BEL's. pág. 3
2002
- ACGIH.
Threshold Limit Values For Chemical Substances and Physical Agents
Cinc OH 2002
- ARSEG
Compendio de Normas Legales en Salud Ocupacional
Bogotá, Octubre 2001
- Ayala, Carlos
Legislación en Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales
Ediciones Salud Laboral, Bogotá Octubre1999
- Caplan , P.E;
Calibration of Air Sampling Instruments,
ACGIH. Cinc 1062
- Consejo Interamericano de Seguridad
Practiguías Nos. 2069, 2073
New Jersey, USA, 1977
- Haddad. R.
Curso de Higiene Industrial. Encuesta de Reconocimiento.
Universidad Nacional. OPS. Ministerio de Salud
Bogotá Colombia 1968
- Inklaar, A.
Guía para la Elaboración de Reglamentos Técnicos. Por Autorización del Physikalisch – Technische Bundesanstalt Braunschweig y Berlin.
Enero 2001.
- Instituto de Salud Pública de Chile.
Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Capitulo IX, Página 124, Tabla IX – 1
Chile 1999
- Leidel N.A.
Validez y Representatividad de las Mediciones Ambientales en higiene Industrial. II Simposium de Higiene Industrial.
Fundación Mapfre. España. 1979
- Lippmsnn, M; Ph, D
Air Sampling Instruments Chapter 7 9th Ed.
CINC 2001
- J.N. Tejedor – Ma. J. García
Estrategia de Muestreo para la evaluación de la exposición laboral a contaminantes químicos
Madrid, INSHT., 1994

BIBLIOGRAFÍA

Mapfre

Curso de Higiene Industrial

Madrid 1995

Merino Medina María Cecilia

Factores de Riesgo Ocupacional. Soldadura Sistemas de Prevención y Control. Seguro Social. Protección Laboral. Cali, Colombia 1993

Moreno G. Rafael A.

Métodos y Estrategias para el Muestreo de Contaminantes Químicos. Consejo Colombiano de Seguridad. Bogotá, Colombia.

MSA

Escort Elf® Pump Instruction manual

Pittsburgh, Pensylvania

MSA

Gemini® Twin Port Sampler- Operation Manual

Pittsburgh, Pensylvania

MSA

Optiflow 660- Operations Manual

Pittsburgh, Pensylvania

MSA

DigiCal ® Primary Calibrator

Pittsburgh, Pensylvania

NIOSH

The Industrial Environment Its Evaluation y Control

Washington D.C. 1973

NIOSH.

Manual of Analytical Methods. 4th Ed.

1994

NIOSH

NIOSH 7300. Elements by ICP

1994

Perkins, J.L.

Modern Industrial Hygiene Recognition and Evaluation of Chemical Agents. Vol 1

N.Y. 1997

Perkins, J.L.

Modern Industrial Hygiene, Recognition and Evaluation of Chemical Agents. Cap 18.

N.Y 1997

Rock, J.C. Ph.D

Air Sampling Instruments Ch2. Occupational Air Sampling Strategies. Texas A&M University Texas. 9th Ed.

2000

SKC

The Essential Reference for Air Sampling, Pag 200 np

TALTY, J.T. P.E.

Industrial Hygiene Engineering Recognition, Measurement, Evaluation and Control Ed.

Ohio. 1985

Tejedor, J.N.

Estrategia de Muestreo para la evaluación de exposición laboral a contaminantes químicos

1994

Universidad del Bosque. Salud Ocupacional.

Procedimientos para el Reconocimiento.

Bogotá, Colombia. 2000

West Arco.

Manual de Soldadura.

Bogotá, Colombia.

13. ANEXOS

ANEXO No. 1. FORMATO DE RECONOCIMIENTO

ANEXO No. 2. HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE

ANEXO No. 3. GUÍA PARA EL MUESTREO Y ANÁLISIS DE HUMOS METÁLICOS
DE SOLDADURA

ANEXO No. 4. FLUJOGRAMA

ANEXO No. 5. EFECTOS EN LA SALUD POR EXPOSICIÓN A HUMOS METÁLICOS
DE SOLDADURA

ANEXO No. 1

FORMATO DE RECONOCIMIENTO

DATOS GENERALES

FECHA:	
ENTIDAD:	
SECCION:	No. DE TRABAJADORES POTENCIALMENTE EXPUESTOS:
PUESTO DE TRABAJO:	No. DE TRABAJADORES:
TIEMPO DE EXPOSICION (H)	

TIPO DE SOLDADURA APLICADA

--

CARACTERÍSTICAS DE LOS METALES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO

METAL BASE:
METAL APORTANTE

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:
UBICACIÓN DEL TRABAJADOR CON RESPECTO A LA FUENTE:
UBICACIÓN DEL TRABAJADOR CON RESPECTO A LAS CORRIENTES DE AIRE:
OTRAS OBSERVACIONES:

CONTROLES EXISTENTES

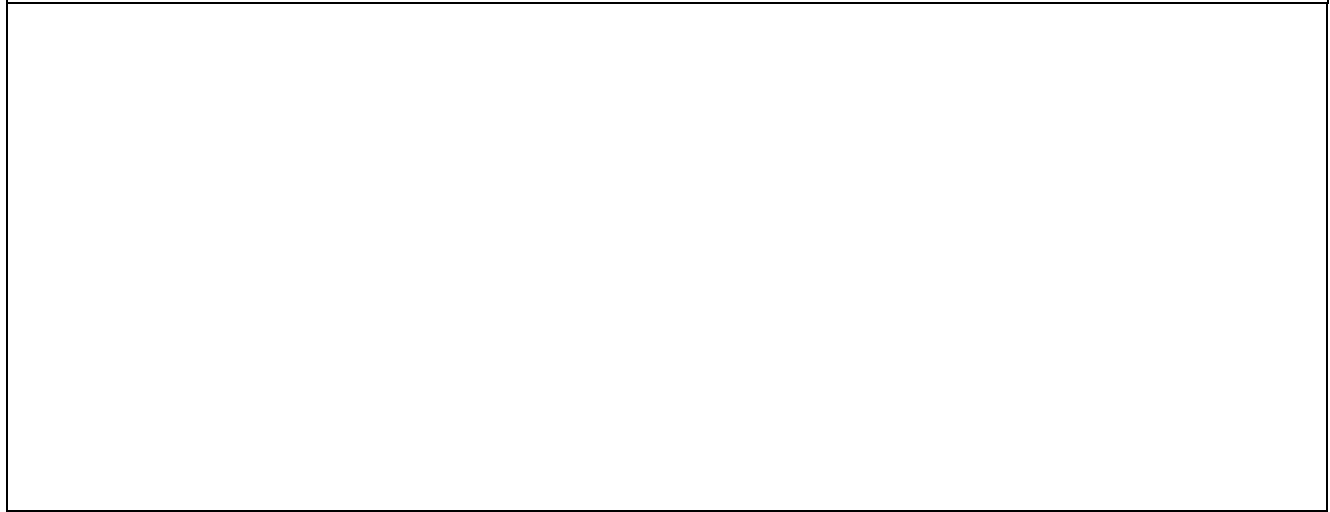
EN EL PUNTO DE GENERACION(FUENTE):
SISTEMAS DE VENTILACIÓN(MEDIO):
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (RECEPTOR)
OTROS:

MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE CONTROL

Periodicidad de inspecciones _____		
Predictivo _____	Preventivo _____	Correctivo _____

CROQUIS

Bosquejo de ubicación de los puestos de trabajo, sistemas de extracción y/o ventilación, ubicación del personal expuesto, puntos de monitoreo a realizar, dimensiones del sitio



CALIFICACIÓN CUALITATIVA DEL PUESTO DE TRABAJO



Persona que realizó el reconocimiento: _____
Licencia En Salud Ocupacional No.

**ANEXO No. 2
EVALUACION DE HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA
HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE**

DATOS GENERALES

FECHA:	
EMPRESA:	
SECCION:	
PUESTO DE TRABAJO:	No. DE TRABAJADORES EXPUESTOS:
TIEMPO DE EXPOSICIÓN EN LA JORNADA DE 8 H:	
TEMPERATURA INICIAL:	PRESION ATMOSFÉRICA EN mm de Hg:

DESCRIPCION LA TAREA

--

HUMOS METÁLICOS A EVALUAR

--

OTRAS SUSTANCIAS PRESENTES DURANTE EL MUESTREO

--

CALIBRACION DEL EQUIPO

EQUIPO:	MARCA:	MODELO:	SERIE:
METODO DE CALIBRACIÓN:			
CAUDAL DE CALIBRACION (ANTES):		CAUDAL DE CALIBRACION (DESPUES):	

REGISTRO DE DATOS Y CALCULOS

No. De Muestra	Puesto de Trabajo	Metales a evaluar	Tipo de Muestreo (Zona Respiratoria, Ambiental, Otros)			Estrategia de Muestreo	Hora Inicio del muestreo	Hora Fin del muestreo	Tiempo de Muestreo	Volumen muestreado m ³	Concentración Encontrada mg/m ³	V.L.P.	G.R.	%
			ZR	A	O									
1														
2														
3														
4														
6														
7														
8														
9														
10														
11 (Blanco)														

* Por cada lote de muestras tomadas se debe tomar como mínimo un "blanco", siendo recomendado un 10% de muestras blanco por muestras totales tomadas.

Persona que realizó el muestreo: _____
Licencia En Salud Ocupacional No. _____

ANEXO No. 3
GUÍA RECOMENDADA PARA EL ANÁLISIS DE LOS HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA

Nº	Sustancia	Método Recomendado	Estándar ACGIH/01		Volum. (L)	Caudal (L/min)	Tiempo de muestreo (min)	Medio de Recolección	Método Analítico
			TLV	STEL					
1	Aluminio	OSHA ID- 125 NIOSH 7300	5 mg/m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma.
2	Antimonio	OSHA ID-125 OSHA ID-206	0.5 mg/m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
3	Berilio	OSHA ID-125 OSHA ID-206 NIOSH 7300	0.002 mg/m ³	0.01 mg/m ³	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
4	Cadmio	OSHA ID-125 OSHA ID-206 NIOSH 7300	0.002mg/m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma

5	Cromo	OSHA ID- 125 NIOSH 7300	0.5 mg/m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
6	Cobalto	OSHA ID- 125 NIOSH 7300	0.05 mg/m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
7	Cobre	OSHA ID-125 OSHA ID-206 NIOSH 7300	0.2 mg/m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
8	Hierro	OSHA ID- 125 NIOSH 7300	5 mg/m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
9	Manganeso	OSHA ID- 125 NIOSH 7300	1 mg/ m ³	3 mg/ m ³	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma

REGLAMENTO TÉCNICO PARA EVALUACIÓN DE HUMOS METÁLICOS

10	Molibdeno	OSHA ID- 125 NIOSH 7300	5 mg/ m ³ Soluble 10mg/ m ³ Insoluble	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
11	Níquel	OSHA ID- 125 NIOSH 7300	0.05 mg/ m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
12	Plomo	OSHA ID-125 OSHA ID-206 NIOSH 7300	0.05 mg/ m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
13	Titanio	OSHA ID- 125 NIOSH 7300	10 mg/ m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma
14	Vanadio	OSHA ID-125 NIOSH 7300	0.05 mg/ m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectrometría de Emisión Atómica de Acople Inducido Argón-Plasma

15	Zinc	OSHA ID-125 OSHA ID-206 NIOSH 7300	5 mg/ m ³	10 mg/ m ³ (ZnO Fume)	200	1 a 2	100 a 200	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectroscopia Inductiva de acople Argón-Plasma /de Emisión Atómica
16	Humos Metálicos de Soldadura (No especificado de otra forma)	OSHA ID-125	5 mg/ m ³	-----	480	1 a 2	240 a 480	Filtro de membrana de mezcla de éster de celulosa, tamaño poro 0,8µm. Casete de 2 o 3 secciones y 37mm de diámetro.	Espectroscopia Inductiva de acople Argón-Plasma /de Emisión Atómica

ANEXO No. 4
FLUJOGRAMA EVALUACIÓN DE HUMOS METÁLICOS DE SOLDADURA

FLUJOGRAMA	RESPONSABLE	DESARROLLO	INSTRUMENTO
INICIO			
RECONOCIMIENTO	HIGIENISTA INDUSTRIAL, EMPRESA	Identificación en terreno de los aspectos generales de las condiciones de higiene del área. Identificación de tipo de soldadura aplicada, materiales que van a ser soldados, etc. Levantamiento de croquis	Formato de Reconocimiento
ELECCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO A MUESTREAR	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Identificación de los trabajadores de más alta exposición. Esta elección se realiza por la identificación de condiciones de trabajo o al azar.	Formato de Reconocimiento
ELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MUESTREO Y UBICACIÓN DEL TREN DE MUESTREO	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Definición del tipo de muestras según ubicación y según estrategia de muestreo.	Formato de Reconocimiento, Informe Final de Reconocimiento.
EQUIPOS PARA EL MUESTREO	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Los equipos necesarios son: bomba de muestreo, portafiltos de 37 (y 25 mm de diámetro si es necesario), filtro de membrana de ester de celulosa, manguera para la conexión.	Definidos por el reglamento.
MONTAJE DEL TEN DE MUESTREO	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Conexión de todos los equipos que conforman el tren de muestreo y verificación del ajuste de las conexiones.	Equipos para el muestreo
CALIBRACIÓN DEL TREN DE MUESTREO	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Calibración del tren de muestreo al caudal de muestreo especificado por el método.	Tren de muestreo, equipo de calibración.
TECNICA DE MUESTREO	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Ubicación del tren de muestreo según tipo de muestra necesitada, recolección de muestras, manipulación e identificación de muestras para envío.	Hoja de campo muestreo de aire
TRANSPORTE DE MUESTRAS A LABORATORIO	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Identificación y envío de las muestras para el transporte al laboratorio. Diligenciamiento de formato con los datos necesitados por el laboratorio.	Hoja de campo muestreo de aire
POSTCALIBRACIÓN	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Verificación del caudal final del tren de muestreo, realizada con el fin de posteriores correcciones en los resultados obtenidos.	Tren de muestreo, equipo de calibración.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	LABORATORIO ANALÍTICO	Determinación de las concentraciones de Humos Metálicos de Soldadura por medio de los métodos analíticos	Instrumentos analíticos
ERRORES QUE PUEDEN INFLUIR EN RESULTADOS	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Análisis de aquellos factores que pueden interferir en los resultados obtenidos del muestreo de aire.	Formato de Reconocimiento, Hoja de Campo.
CÁLCULOS	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Determinación y cálculo de las concentraciones del contaminante en el ambiente laboral de acuerdo al volumen muestreado y cálculo de VLP a partir de los tiempos de exposición. Comparación con VLP dados.	Empleo de Fórmulas
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Determinación de límites de confianza de los resultados obtenidos para definir la confiabilidad de los resultados, para definir exposición real de los trabajadores.	Informe Final
MÉTODOS DE CONTROL	EMPRESA	Aplicación de controles de ingeniería, administrativos y de prácticas de trabajo para disminuir exposición de los trabajadores a los humos metálicos de soldadura.	Programas de la Empresa
FIN			

ANEXO No. 5
EFFECTOS EN LA SALUD POR EXPOSICIÓN A HUMOS DE SOLDADURA

Una vez penetrados en el organismo, los humos metálicos de soldadura pueden³⁷:

- 1) Ser exhalados
- 2) Pasar junto con el esputo al aparato digestivo
- 3) Ser absorbido por el organismo a través de los pulmones o del aparato digestivo
- 4) Pasar directamente sin ser absorbido en el aparato digestivo hasta las heces
- 5) Pueden ser eliminados del organismo por los pulmones, aparato digestivo o por el sistema urinario

Los efectos a corto plazo de los humos metálicos de soldadura sobre la salud, generalmente son de tipo de irritaciones del sistema respiratorio, con aparición de tos, resequedad de la garganta ("carraspeo") ocasional y en algunos casos fiebre ("fiebre de humos metálicos").

HUMOS	POSIBLES EFECTOS PARA SOBREEXPOSICIÓN ³⁸
Auminio	Molestias
Arsénico	Ronquera, irritación, cáncer de pulmón
Berilio	Daño pulmonar
Cadmio(óxido de)	Irritación y congestión, dolor abdominal, daño de riñones, dientes amarillos.
Cobalto	Daño pulmonar, dificultad para respirar, hipersensibilidad.
Cobre	Fiebre de humos metálicos, irritación, decoloración de cabello
Cromo II y III	Daño pulmonar, irritación nasal
Cromo VI	Cáncer de pulmón, irritación y perforación nasal.
Estaño	Estannosis, daño pulmonar benigno.
Fluoruros	Irritación de vías respiratorias, daño al esmalte dental, efectos en huesos y riñones.
Hierro (óxido de)	Siderosis, pigmentación en los pulmones
Magnesio(óxido de)	Fiebre de humos metálicos
Manganeso	Efectos en sistema nervioso, neumonía
Molibdeno	Irritación vías respiratorias
Níquel	Asma, congestión, daño pulmonar
Plomo	Efectos en sistema nervioso central, envenenamiento por plomo
Titanio (dióxido de)	Efectos leves en pulmones
Vanadio	Irritación vías respiratorias, bronquitis, enfisema, neumonía, tos, lengua verde
Cinc (óxido de)	Fiebre de humos metálicos
Otros humos de soldadura	Varios, según los componentes

³⁷ Protección Laboral Seguro Social. Soldadura Sistemas de Prevención y Control.1993

³⁸ ACGIH. Documentación de los valores Umbral Límite

**ANEXO No. 6
CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE SOLDADURA**

La clasificación de los tipos de soldadura, dependiendo de la fuente de energía que se emplee en el proceso se ilustra en la siguiente tabla:

FUENTE DE ENERGÍA	TIPO DE SOLDADURA	PRINCIPIO DEL PROCESO
ELÉCTRICA	ARCO	Una descarga eléctrica relativamente grande, ocurrida a través de una columna gaseosa térmicamente ionizada, llamada plasma. La temperatura del arco varía entre 5000°C y 30000°C, y se constituye en el sistema de obtención de calor.(soldadura con electrodo de carbón, TIG, MIG, arco sumergido, por espárrago, electrodo manual revestido.)
	RESISTENCIA	La resistencia de los materiales al flujo de corriente eléctrica, genera calor. (soldadura de punto, soldadura por resalte, soldadura por costura)
	RADIACIÓN POR ARCO	El calor originado por un arco eléctrico, se transfiere por radiación al trabajo.
	FLUJO CONDUCTOR	La resistencia al paso de corriente eléctrica, de una escoria "fundida" depositada sobre el metal, genera el calor suficiente para fundirla.
	INDUCCIÓN	Excitando una bobina con corriente alterna o alta frecuencia e introduciendo en esta un metal conductor de electricidad, se inducen en el metal corrientes eléctricas que originan, debido a la resistencia del metal, el calentamiento del mismo.
QUÍMICA	OXIACETILÉNICA	La combustión del acetileno (C ₂ H ₂) en una atmósfera de oxígeno (O ₂) produce una llama que alcanza una temperatura de 3500°C.
	TERMITA	Una mezcla de Aluminio en polvo con Óxido de Hierro, al encenderse reacciona, liberando calor; produciéndose hierro puro que fluye con una temperatura de 2750 °C.
	DISOCIACIÓN DE HIDRÓGENO	Las moléculas de hidrógeno están formadas por dos átomos de hidrógeno, estos átomos se separan, absorbiendo calor, al quedar en contacto con el metal "frío", los átomos se unen nuevamente liberando sobre el trabajo el calor absorbido.
ÓPTICA	LÁSER	La generación de calor se logra por la energía de un rayo de luz concentrado, al ser enfocado sobre el trabajo.
	RAYO DE ELECTRONES	El calor se obtiene, por la energía suministrada al trabajo, al ser bombardeado con un rayo dirigido de electrones.
MECÁNICA	FRICCIÓN	El calor se obtiene por la fricción generada entre un elemento en rotación y uno estacionario sujetos a una fuerza de contacto.
	ULTRASÓNICA	Similar a la anterior, el calor se obtiene por la fricción entre dos elementos en contacto, uno de los cuales está vibrando a alta frecuencia.

El objeto de este reglamento técnico es especificar el equipo, los materiales y procedimientos necesarios, que deben ser empleados para el muestreo de los humos metálicos generados en las operaciones de soldadura.

Establecer una guía detallada de las actividades que se deben llevar a cabo para la realización del muestreo, y que debe ser aplicada por profesionales y tecnólogos dedicados a realizar las evaluaciones en Higiene Industrial de este tipo de agentes contaminantes.

Brindar al Sistema General de Riesgos Profesionales del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, una herramienta útil para la verificación de la correcta aplicación de los procedimientos de evaluación de estos contaminantes

Como parte de los objetivos de prevención y promoción de la salud de los trabajadores, constituye un mecanismo fundamental para el Sistema General de Riesgos Profesionales, en el sentido que suministra información necesaria para tomar decisiones más acertadas, en torno a la evaluación de exposición ocupacional y ambiental a los humos metálicos de soldadura con el fin de prevenir las enfermedades profesionales.



Participe 28 de Julio, Día Nacional de la Salud en el Mundo del Trabajo

Dirección General de Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales
Carrera 7 No. 32-16 Piso 16

Teléfonos: 3500161 – 56128557

Línea de información al usuario desde Bogotá: 3500138

Para el resto del país: 9800-916530

Página web: www.mintrabajo.gov.co

Correo electrónico: atencionusuario@mintrabajo.gov.co