MANUAL DEL ESTUDIANTE

Control de Sustancias Peligrosas

Noviembre 2009

AGRADECIMIENTOS

Este manual fue desarrollado originalmente por BP y la Universidad de Wollongong. A la Asociación de Entrenamiento en Higiene Ocupacional le gustaría reconocer la Contribución de estas organizaciones en la financiación y el desarrollo del material y esta agradecida por su permiso para usarlo y modificarlo.

El desarrollo del manual fue dirigido por Brian Davies y John Henderson de la Escuela De Ciencias de la Salud de la Universidad de Wollongong, Australia. Los autores expresan su agradecimiento por el apoyo recibido de las siguientes personas u organizaciones:

Adrian Hirst
Ansell Limited
BOC Australia
Ltd David
Bromwich
David Moore
Dräger Safety Pacific Pty
Ltd DuPont (Australia)
Limited Erica Joseph
Gary Gately
Geoff Wilcox
Jen Hines
John Dobbie
Kenelec Scientific Pty Ltd
Microgard Limited
Mike Slater Phil
Johns Roger
Alesbury Steve
Bailey Terry
Gorman

Apoyado por:

Esta obra está bajo licencia Creative Commons Atribución -No Derivada

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ACGIH ®	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
AIHA	Asociación Americana de Higiene Industrial
AIOH	Instituto Australiano de Higiene Ocupacional
BEI®	Índices de Exposición Biológica
BOSH	Sociedad Británica de Higiene Ocupacional
COSHH	Control de Sustancias Peligrosas para la Salud
CPC	Ropa de Protección Química
ECA	Aproximación al Control de la Exposición.
ECEL	Biblioteca sobre Control de la exposición
ECHA	Agencia Europea de Sustancias Químicas (Helsinki)
EPA	Agencia de Protección Ambiental (EE.UU.)
ES	Exposición estándar
FAT	Pruebas de Aceptación
GHS	Sistema Globalmente Armonizado
HOC	Jerarquía de Control
HSE	Ejecutivo de Seguridad y Salud del Reino Unido.
IARC	Agencia Internacional para la Investigación sobre el cáncer
IBC	Grandes recipientes a granel
IDLH	Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud
ILO	Organización Internacional del Trabajo
ISO	Organización Internacional de Normalización
LOP´s	Niveles de protección
MSDS	Hoja de Seguridad

SYMBOLS & ABBREVIATIONS (Cont'd)

MVUE	Estimación de la varianza imparcial mínima
NFPA	Asociación nacional de Protección contra Incendios.
NIOSH	Instituto de Seguridad y Salud Ocupacional (EE.UU.)
OEL	Límites de Exposición Ocupacional
OHC	Categoría Riesgos Laborales
OH & S	Salud Ocupacional y Seguridad
OPA	Orto-aldehído
PAPRs	Respiradores Purificadores de Aire Forzados
PEL	Límites de Exposición Permitidos
EPP	Equipo de Protección Personal
PVA	Alcohol Polivinílico
PVC	Cloruro de polivinilo
REACH	Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas
REL	Límites de exposición recomendados
RMM	Las medidas de gestión de riesgos
SAT	Sitio Pruebas de Aceptación
SCBA	Equipo de respiración autónomo
SMEPAC	Medición estandarizada de equipos para la medida de concentración de partículas
TLV®	Valor límite umbral
TWA	Tiempo Promedio Ponderado
WEL	Límites de exposición laboral (UK)
OMS	Organización Mundial de la Salud

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS..... I

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS..... II

1. DESCRIPCION GENERAL DEL CURSO..... 1

1.1 Introducción..... 1

1.2 Objetivo del curso..... 1

1.3 Resultados del aprendizaje..... 1

1.4 Formato del Manual..... 2

2. PRINCIPIOS DE CONTROL EN AMBIENTES LABORALES..... 4

2.1 Introducción…….…….4

2.1.1 Desafíos del Control..... 10

2.2 Jerarquía del Control..... 11

2.2.1 Priorización de los métodos de control..... 11

2.2.2 Elementos clave de la jerarquía de control..... 15

2.2.3 Uso de una combinación de controles..... 18

2.2.4 Gestión de Controles..... 20

3. DISEÑAR ESTRATEGIAS DE CONTROL..... 23

3.1 Introducción……23

3.2 Un enfoque estructurado..... 26

3.3 Identificación de Fuentes de exposición..... 27

3.4 Determinación del grado de control requerido..... 31

TABLA DE CONTENIDO

3.4.1 Control adecuado..... 31

3.4.2 Límites de exposición ocupacional..... 31

3.4.3 La aplicación de límites de exposición ocupacional..... 33

3.4.4 Normas Nacionales..... 37

3.4.5 Normas de exposición biológica..... 38

3.4.6 Situaciones donde no hay límites de exposición establecidos..... 36

3.5 Decidir sobre las opciones de control..... 37

3.6 Decidir sobre medidas de gestión…..... 39

3.7 Bandas de control..... 40

4. ENTENDIENDO LAS FUENTES DE CONTAMINANTES..... 48

5. DISEÑO Y PRINCIPIOS DEL PROCESO..... 54

5.1 Diseño general del equipo y del lugar de trabajo..... 54

5.2 Prevención por eliminación por sustitución..... 57

5.3 La legislación como medio para lograr el control..... 67

6. SISTEMAS DE VENTILACIÓN..... 68

6.1 Introducción……..……..68

6.2 Tipos de sistemas de ventilación..... 68

6.3 Principios básicos de la ventilación..... 70

6.3.1 Definiciones..... 70

6.3.2 Componentes del sistema..... 74

6.4 Sistemas Locales de ventilación..... 75

TABLA DE CONTENIDO

6.4.1 Introducción..... 75

6.4.2 Diseño de campana.....76

6.4.3 Conductos..... 91

6.4.4 Ventiladores..... 95

6.4.5 Filtros de aire..... 100

6.4.6 Descarga a la Atmósfera..... 105

6.4.7 Medición y Verificación de Sistemas LEV..... 105

6.4.8 Limitaciones de los Sistemas LEV..... 117

6.5 Sistemas de Ventilación general..... 118

6.5.1 Ventilación por dilución..... 118

6.5.2 Ecuaciones de ventilación por dilución..... 119

6.5.3 Infiltración..... 122

6.5.4 Aplicación de sistemas de ventilación general..... 122

6.5.5 Ventilación por desplazamiento..... 123

6.5.6 Limitaciones de los sistemas generales de ventilación..... 125

7. PRINCIPIOS DE CONTENCIÓN..... 128

7.1 Introducción……..128

7.1.1 Definición de contención..... 128

7.1.2 El uso de contención..... 128

7.1.3 Contención primaria y secundaria……..... 129

7.1.4 Integración de contención con otras medidas de control…..... 129

7.1.5 Integración de contención con diseño de procesos..... 130

7.1.6 Procesos industriales típicos que requieren contención..... 130

TABLA DE CONTENIDO

7.2 Tipos de equipos de contención..... 132

7.2.1 Cajas simples y pantallas……..... 132

7.2.2 Aisladores..... 133

7.2.3 El exceso de ensacado..... 134

7.2.4 Dispositivos de transferencia..... 134

7.2.5 Dispositivos de acoplamiento..... 135

7.2.6 Manejo Remoto..... 136

7.3 Diseño de Sistemas de Contención..... 136

7.3.1 Sistemas de alto nivel de contención..... 137

7.4 Otras consideraciones..... 138

7.4.1 Control de los Residuos y Emisiones.....138

7.4.2 Prevención y Control de Explosiones..... 139

7.4.3 Operación y mantenimiento de dispositivos de contención..... 140

7.4.4 Limitaciones de los Sistemas de Contención..... 141

7.4.5 Desarrollos futuros……..... 142

7.5 Prueba y validación de contención..... 142

7.6 Algunos ejemplos específicos de contención..... 144

8. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL..... 154

8.1 General……..…… 154

8.1.1 Introducción……..... 154

8.1.2 Tipos de EPP..... 155

8.1.3 Programas EPP..... 155

8.2 Equipos de protección respiratoria..... 156

TABLA DE CONTENIDO

8.2.1 Introducción..... 156

8.2.2 Limitaciones generales de uso..... 172

8.2.3 Tipo de respiradores..... 158

8.2.4 Selección y Uso de Respiradores……..... 167

8.2.5 Formación……..... 172

8.2.6 Tiempo de desgaste o de uso..... 174

8.2.7 Prueba de ajuste del respirador..... 173

8.2.8 Mantenimiento limpieza y almacenamiento..... 176

8.2.9 Evaluación médica..... 179

8.2.10 Mantenimiento de Registros..... 179

8.2.11 Evaluación..... 180

8.3 Ropa de protección contra agentes químicos..... 180

8.3.1 Introducción……..... 180

8.3.2 Tipos de ropa de protección para agentes químicos…..... 181

8.3.3 Materiales para ropa de protección para agentes químicos..... 190

8.3.4 Procedimientos de prueba estándar CPC..... 192

8.3.5 El uso de ropa de protección para agentes químicos…..... 193

8.3.6 Inspección y almacenamiento..... 195

8.3.7 Limitaciones de la CPC..... 196

8.3.8 Formación…..... 196

8.4 Guantes y Cuidado Dérmico..... 197

8.4.1 La exposición dérmica..... 197

8.4.2 Guantes de Protección Ocupacional..... 199

8.4.3 Protección contra productos químicos..... 200

TABLA DE CONTENIDO

8.4.4 La selección de guantes..... 204

8.4.5 Tipos de guantes..... 205

8.4.6 Proceso general de selección de guantes..... 207

8.4.7 Limitaciones de los guantes..... 208

8.4.8 Eliminación de guantes..... 208

8.4.9 Reutilización y lavado de guantes…..... 209

8.4.10 Entrenamiento..... 209

8.5 Protección de ocular y facial..... 210

9. ELEMENTOS ADMINISTRATIVOS..... 212

9.1 Introducción…….…. 212

9.2 Requisitos legales..... 212

9.3 Reducción de los períodos de exposición..... 213

9.4 Programación de los trabajos..... 214

9.5 Mantenimiento y limpieza……..... 214

9.6 Hábitos de comer, fumar y beber..... 216

9.7 Cambio de instalaciones y almacenamiento de ropa y lavado..... 216

9.8 Duchas y lavado de manos y su papel en la prevención de la exposición..... 218

9.9 Uso de cremas y lociones..... 218

9.10 El control de acceso a zonas peligrosas..... 219

9.11 El papel de la evaluación, medición, monitoreo y vigilancia de la salud en el inicio de medidas de control..... 220

9.12 Papel de los procedimientos operativos escritos, permisos de trabajo, etc…… 220

TABLA DE CONTENIDO

9.13 Papel de los programas de higiene del trabajo en el control contínuo……..……..... 222

9.14 Importancia de la educación, instrucción y formación..... 222

9.15 Procedimientos de emergencia y primeros auxilios en zonas de alto riesgo.....223

9.16 Formación..... 224

10. APLICACIONES PRÁCTICAS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL..... 226

10.1 Introducción……..….. 226

10.2 La adición de cal hidratada para tanques de cianuro..... 226

10.3 Exposición a la sílice respirable durante la voladura de arena..... 228

10.4 Muestra de la ventilación en un laboratorio..... 229

10.5 Exposición a mercurio en una cuarto de extracción de oro..... 234

10.6 Fabricación de anhídrido ftálico……..... 236

10.7 El control de polvo en la industria farmacéutica..... 241

10.8 Partículas diésel en minas de carbón subterráneas…..... 247

11. Referencias..... 254

1. DESCRIPCIÓN DEL CURSO

1.1 INTRODUCCIÓN

Este curso se ha basado en su mayor parte, en el módulo internacional del plan de estudios W505 - Control de Sustancias Peligrosas, publicado por La Sociedad Británica de Higiene Ocupacional (BOSH), Facultad de Higiene Ocupacional.

La BOSH administra algunos de dichos módulos; se puede obtener más información visitando la página web de BOSH en www.bohs.org. (Consultado en julio de 2009)

Al momento de esta publicación, se ha dispuesto que la mayoría de los temas incluidos en el temario de la asignatura BOSH (W505) hayan sido incluidos en este Manual del Estudiante. Los proveedores de cursos de formación deberían visitar el sitio web de BOSH para cualquier cambio en el contenido del curso, si tienen la intención de participar en el proceso de evaluación de BOSH.

Los autores de este Manual del Estudiante no se responsabilizan de cualquier material que aparezca en el plan de estudios de BOHS para el módulo de W505 que no esté cubierto en este manual.

1.2 OBJETIVO DEL CURSO

Proporcionar una introducción a las metodologías y tecnologías disponibles para controlar la exposición laboral y reducir los riesgos para la salud, producto de la exposición a sustancias peligrosas.

1.3 RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar exitosamente este módulo, el alumno debe ser capaz de:

- Describir dónde y cómo los contaminantes generados por procesos industriales son transportados por el aire; cómo influye esto sobre la estrategia y las soluciones de control.
- Reconocer la variedad de enfoques para la reducción de riesgos, la importancia y el valor de la aplicación y uso de la jerarquía de control. La selección de las estrategias para la implementación del control en todas las rutas de exposición posibles, incluyendo las de contacto con la piel e ingestión.
- Describir el significado de adecuado control, particularmente en relación con exposiciones personales.
- Discutir la importancia de las consideraciones de diseño en términos del lugar de trabajo, el proceso y la planta, como un medio de reducir las exposiciones ocupacionales. Comprender la importancia del control en la fuente y describir la forma en que se puede lograr.
- Describir los principales elementos de los sistemas de contención y comprender sus limitaciones.
- Describir los elementos principales de un sistema de ventilación por extracción local, dar ejemplos de instalaciones típicas y saber cómo llevar a cabo las mediciones necesarias para evaluar si un sistema de ventilación local es eficaz y operativo según las especificaciones de diseño.
- Describir los principales usos de los equipos de protección personal y las limitaciones y medidas necesarias para implementar programas de una manera efectiva como parte de una estrategia de control.
- Reconocer el impacto que las medidas de control pueden tener sobre otros riesgos laborales y comprender la necesidad de adoptar un enfoque holístico para el diseño de soluciones de control.

1.4 FORMATO DEL MANUAL

Este manual ha sido diseñado para seguir en su mayor parte el plan de estudios del curso según lo publicado por los SBSO. De manera similar, el material

proporcionado en este manual se ha alineado con las presentaciones de cada tema, para que los alumnos puedan seguir el debate sobre cada contenido.

Se debe reconocer que el formato que se presenta en este manual representa las opiniones de los editores y no implica ningún proceso obligatorio o formato que debe estar rígidamente observado. Los presentadores que utilizan este manual también pueden alterar la secuencia de enseñanza para satisfacer sus necesidades.

En este sentido, los estudios de casos y ejercicios se proporcionan a título ilustrativo, con ejemplos y material alternativo para una industria en particular (se puede utilizar si se desea).

En el resultado final, el objetivo de este manual es el de transmitir los principios utilizados para controlar la exposición de los trabajadores a sustancias peligrosas.

2. PRINCIPIOS DE CONTROL EN AMBIENTES LABORALES

2.1 INTRODUCCIÓN

Los principios básicos para la identificación de un control que se requiere en una situación específica, se derivan de los primeros tres elementos clave de la higiene ocupacional. A continuación, la breve descripción de Popendorf (2006):

- **Anticipación:** Es el reconocimiento prospectivo de las condiciones peligrosas basada en la química, la física, la ingeniería y la toxicología.
- **Reconocimiento:** Tanto la detección e identificación de peligros como sus efectos adversos a través de la química, la física y la epidemiología.
- **Evaluación:** La medición cuantitativa de exposición a los riesgos ambientales y la interpretación cualitativa de los peligros.

El **Control** es el cuarto elemento clave para la higiene en el trabajo. Es un proceso de concepción, educación, diseño e implementación de intervenciones beneficiosas y los cambios necesarios para eliminar, disminuir o rebajar condiciones peligrosas.

Los controles pueden ser introducidos para proteger la salud o el bienestar de los trabajadores de forma similar a otros objetivos como la seguridad de los empleados, la reducción de la contaminación del medio ambiente y la reducción de pérdidas económicas.

El Control implica cambios en una operación o proceso para reducir la exposición a una sustancia peligrosa. Los cambios pueden incluir la sustitución, cambios tecnológicos, modificaciones de procesos, ventilación, el uso de equipos de protección personal y cambios administrativos con el fin de reducir la formación, liberación, transmisión o el contacto con la sustancia peligrosa.

Las principales razones y objetivos para el control de sustancias peligrosas incluyen:

- La protección de la salud de los trabajadores contra la exposición a sustancias químicas.

- La protección y la comodidad de los trabajadores.
- Cumplir con las normas de exposición.

La decisión sobre lo que se debe controlar es muy importante ya que requiere de una evaluación, incluyendo la identificación de las fuentes importantes de exposición, a través de una inspección la cual debe incluir observaciones del proceso y circunstancias de trabajo que puedan indicar otras vías de exposición, además de inhalación, incluyendo la piel o los ojos, absorción o ingestión.

Al desarrollar una estrategia para el control de sustancias peligrosas, es importante primero entender todos los riesgos y las formas en que los trabajadores pueden estar expuestos. Es esencial determinar exactamente cuál es la causa de la exposición - a veces esto no es tan obvio como parece a primera vista - así como las sustancias pueden entrar en contacto con la persona – pensando en todas las rutas - aire, piel e ingestión.

Por ejemplo, si un trabajador está vaciando una bolsa de polvo en una tolva, es costumbre observar el control de la exposición a polvo originado en la bolsa y concentrarse en ese aspecto solamente. Por supuesto, esto puede ser necesario pero es importante tener en cuenta lo que está sucediendo a su alrededor. ¿Qué pasa con la bolsa después? - a menudo el manejo de la bolsa y su disposición posterior puede generar nubes significativas de polvo - a veces incluso superior a la de vaciado. En este caso, también será importante observar el contacto del químico con las manos del trabajador - ¿este contacto con la piel sugiere un problema? Está previsto el uso de protección respiratoria - ¿es adecuado este? – ¿se encuentra adecuadamente sellado o ajustado a la superficie de la cara?

¿Se presenta algún otro inconveniente, como las altas temperatura o problemas ergonómicos?

Sólo mediante la plena comprensión de lo que está sucediendo se va a tener la oportunidad de implementar una estrategia de control exitoso.

Cuando se trata de control, las herramientas más importantes del higienista ocupacional deben ser sus ojos y oídos. Detenerse en el área de trabajo y observar cuidadosamente lo que está sucediendo y preguntarse -¿cómo

funciona el proceso?, ¿Qué hacen realmente los trabajadores (podría hacerse la actividad de otra forma a como habitualmente se lleva a cabo?). Revisar las tareas imprevistas o de otro tipo que puedan requerirse, como la limpieza periódica por mantenimiento, la apertura de tanques que contienen químicos y la forma en que los contaminantes se generan en el área de trabajo pero también buscar otras fuentes (fugas, vaciado de recipientes contenedores de productos, material desprendido por el movimiento de vehículos o maquinaria y corrientes de aire cruzadas, generadas por equipos móviles).

No pasar por alto el impacto potencial de contacto con la piel - ya sea directamente por la manipulación del material o indirectamente, como consecuencia de la ropa contaminada o la colocación de elementos de limpieza en los bolsillos, cuando el trabajador termina su turno o va para un descanso - ¿Hay cambio y lavado de ropa en las instalaciones? (En el pasado, era común utilizar aceites sin refinar en talleres de máquinas. Trabajadores cualificados en tornos y otras máquinas, que limpian máquinas con trapos con aceite y luego colocan en sus bolsillos estos elementos. Existen registros de que en el pasado esta práctica en la industria produjo casos de cáncer de escroto. La acción inmediata es mejorar el manejo de trapos y mejores hábitos de higiene personal. Desde entonces, el riesgo de cáncer se ha reducido por el uso de aceites refinados sustituyendo los materiales carcinogénicos en los fluidos de corte).

Según el tipo de ropa de trabajo, esta puede llegar a contaminarse con polvo proveniente de aire viciado y ser fuente de contaminación en sitios alejados del lugar de trabajo, incluso en los hogares del trabajador. (Vestidos de algodón pueden acumular polvo en trabajadores que laboran en industrias como las de cerámica y fábricas donde se manipula fibra de asbestos). El algodón ha sido sustituido por materiales sintéticos en la confección de vestidos de trabajo para reducir este problema.

¿Los trabajadores se lavan las manos antes de comer, beber o fumar? (La contaminación por plomo puede ocurrir cuando los trabajadores consumen alimentos o fuman en los lugares de trabajo).

¿Cómo se limpia la zona? Cuando se utilizan disolventes para la limpieza de los componentes de la maquinaria, esto puede crear contacto con la piel y potencial exposición en el aire. En las industrias polvorientas el cepillado puede generar nubes de polvo que pueden crear un riesgo de inhalación. El rociado con agua o limpieza al vacío puede ser una mejor solución. Tenga en mente que una aspiradora sin un filtro de alta eficiencia para partículas en el aire (HEPA) soplará polvo en el aire a través de su escape y en realidad puede aumentar el riesgo de exposición.

Escuchar los comentarios que hacen los trabajadores con relación a los riesgos, es muy importante. Es necesario ser muy cuidadoso en ser objetivo. No todos los comentarios son necesariamente válidos, pero a menudo sirven para identificar problemas que pueden ser inmediatamente evidentes. A menudo, el trabajador también será capaz de identificar lo que puede y no puede hacer en términos de estrategias de control. Tenga en cuenta que muchas de las medidas de control requieren de la intervención o uso por parte del trabajador, por lo que sus opiniones son importantes y es vital que estén involucrados en la discusión de las opciones de control. Los trabajadores y los supervisores a menudo pueden identificar la parte del proceso que hará que el problema sea más grande en términos de las emisiones o la comodidad. El higienista ocupacional deberá tener cuidado en la interpretación de esta información y confrontarla a través de la observación y la medición. Este tipo de indagación con los trabajadores a menudo puede conducir a resultados importantes.

Utilice equipos de medición de riesgos y revise los estudios ambientales realizados para ayudar a caracterizar el problema. El uso de lámparas de polvo o instrumentos de lectura directa puede ayudar a identificar las fuentes de emisión. Dosímetros personales con el registro de datos se pueden utilizar junto con una descripción de las actividades llevadas a cabo para identificar cuándo se producen exposiciones pico y durante qué parte de la operación. Esto puede ayudar a dirigir la atención a las fuentes de emisión y por lo tanto las opciones de control.

No tenga miedo de probar ideas con planes piloto antes de generar una estrategia de control definitiva. Por ejemplo, si usted está pensando en diseñar

un recinto o utilizar ventilación, podría plantearse previamente la elaboración de una maqueta en cartón con cinta adhesiva, para poder dimensionar si la idea es funcional (es decir, si se puede trabajar y a la vez garantizar que la medida no interfiera con el trabajo). A menudo es sólo cuando la maqueta está en el lugar que se reconoce que el diseño ha de ser modificado para acomodar el acceso o la ergonomía adecuada.

Por último, no hay que olvidar que el trabajo del higienista ocupacional no es competir hasta que el control haya sido satisfactoriamente demostrado y que esta sea la prueba para la revisión final de cualquier buen sistema de gestión -como OHSAS 18001-. Con frecuencia el desarrollo de la estrategia requerirá aportaciones de otros especialistas, como ingenieros de proceso, pero siempre es preferible que el higienista ocupacional deba seguir participando en el proyecto hasta que se haya demostrado que el riesgo está realmente controlado.

Paso 1: Revisión de la Evaluación de Riesgos y entender los peligros

Cualquier estrategia de control debe basarse en una evaluación de riesgos del trabajo y del proceso. Analizar este detalle y garantizar una plena comprensión de la naturaleza de los riesgos que plantea el trabajo es necesario. Es importante conocer la gama de sustancias utilizada, la forma como se generan o producen, sus vías de acceso y los peligros causados. Identifique también otros peligros que pueden complicar el enfoque del control - por ejemplo, otro equipo de protección que podría interferir con las medidas de protección química, ergonómica o condiciones térmicas que podrían agregar al estrés de los trabajadores-.

Paso 2: Estrategias para el control de operaciones similares

¿Es este un proceso típico para esta industria? ¿Existe información publicada en la literatura sobre el riesgo y las opciones para el control?... Proveedores de materias primas o equipos de proceso o asociaciones industriales pueden tener la experiencia y orientación. Procesos similares dentro de la empresa o industrias similares también pueden utilizarse para ayudar en el desarrollo de

estrategias de control. Muchas sugerencias para el control de riesgos químicos son cada vez más divulgadas y es también probable que se disponga de información de los proveedores bajo las regulaciones tales como REACH en la Unión Europea.

El material de referencia sin duda puede ayudar en el diseño de estrategias de control; Sin embargo, cada lugar de trabajo y la tarea pueden ser diferentes y es fundamental tener en cuenta cada situación y garantizar que las medidas de control sean apropiadas y en particular en aquellas circunstancias especiales.

Paso 3: Pare, mire y escuche

Dedique tiempo a conocer a los trabajadores y sus supervisores; comprender el proceso de trabajo y observar lo que está sucediendo. Si usted está haciendo el monitoreo de exposición, utilice esto como una oportunidad para hablar con los trabajadores y ayudarles a entender lo que está sucediendo. En su caso, utilice el monitoreo a corto plazo, instrumentos de lectura directa o registradores de datos para ayudar a caracterizar las tareas particulares, o las partes del proceso que más contribuyen a la exposición.

Mediante la comprensión de cómo las exposiciones varían, las horas específicas o tareas donde ocurren las exposiciones pico y la contribución relativa a la exposición y riesgo, a menudo orientan los esfuerzos para controlar las exposiciones y lograr resultados óptimos.

Paso 4: Observar las Opciones para el Control

Es raro que sea posible eliminar completamente las exposiciones y una combinación de técnicas de control generalmente será necesaria. Inevitablemente esto requerirá que los trabajadores utilicen equipos, procedimientos o equipo de protección de manera particular - y lo esencial es que la estrategia diseñada resulte práctica y sea utilizada. Los controles mejor diseñados no tienen ningún valor si no se utilizan correctamente. Por ejemplo, las campanas de extracción local móviles utilizados en talleres de soldadura serán eficaces si se encuentran ubicadas encima del lugar donde se genera la

nube de humos, partículas y gases procedentes de esta operación, mientras estos no pasen por la zona de respiración. Con demasiada frecuencia estos dispositivos no son utilizados como se requiere para la tarea de soldadura y por esto proporcionan poco o ningún beneficio durante la mayor parte del tiempo.

Cuando se trata de controlar realmente una sustancia, es importante darse cuenta de que también tendrán que estar involucrados otros.

Por ejemplo, en toda alternativa de control, exceptuando los casos más simples, es probable que se necesitarán ingenieros de producción y personal de mantenimiento que estarán involucrados en el diseño para asegurar que no existe un mínimo de interferencia con la producción. También necesitará la participación de personal de salud y seguridad para garantizar que se consideran todos los aspectos de prevención de accidentes y lesiones en la salud.

Paso 5: La eficacia de los controles

En cuanto a la reducción de riesgos para la salud de los trabajadores, el acto de control de la exposición es el elemento de la higiene en el trabajo que en realidad beneficia a los trabajadores. Teniendo en cuenta esto, es importante que cualquier estrategia de control que se implemente sea mantenida en un nivel apropiado.

En el caso de los controles de ingeniería, tales como sistemas de ventilación local, se requerirán controles visuales regulares y al menos anualmente, una evaluación completa junto con pruebas de eficacia para cerrar este ciclo.

2.1.1 Desafíos de control

El desafío más común para la aplicación de cualquier tipo de control de la exposición o la técnica de reducción del riesgo es el costo. En el mundo real, todas las estrategias de control con demasiada frecuencia se consideran altamente costosas, lo que puede suponer un exceso de confianza en el uso de equipo de protección personal. Los materiales presentados en este manual y en el curso en sí, deben proporcionar información al higienista ocupacional sobre

cuál es la mejor estrategia de control y ayudar a las personas a cargo del presupuesto a entender los verdaderos costos y beneficios para la solución óptima a cualquier alternativa.

El razonamiento detrás de los desafíos asociados a los costos de control, es a menudo mal interpretado; se desestima que un buen control puede traer beneficios financieros directos e indirectos, asociados a la protección de los trabajadores.

Por ejemplo, un fabricante de productos químicos consideró opciones de control como parte de un estudio más amplio de prevención de pérdidas; posteriormente encontró que hasta las opciones más costosas (relacionadas con los controles de ingeniería), se recuperaron en un periodo muy corto, debido a los ahorros generados en función de mantener un producto costoso como un recurso comercializable, en lugar de su emisión como desperdicio al ambiente. Por lo tanto, el higienista ocupacional debe tener en cuenta la seguridad de los procesos y el aporte de sus colegas al medio ambiente, ya que en el cumplimiento de objetivos similares, se puede ahorrar dinero y ser más eficaz.

Los beneficios económicos indirectos, alrededor del resultado de la protección de los trabajadores (percepción de mejores condiciones de trabajo), conduce a una moral más alta y por lo tanto, a una mayor productividad, menos ausencias, una mayor retención del personal y por consiguiente una reducción en los costos de contratación, formación, etc. Todos los aspectos asociados a una solución de control adecuado, pueden significar cantidades representativas en la mayoría de los casos, por lo tanto la empresa superará fácilmente el desembolso de dichos recursos.

2.2 JERARQUÍA DE CONTROL

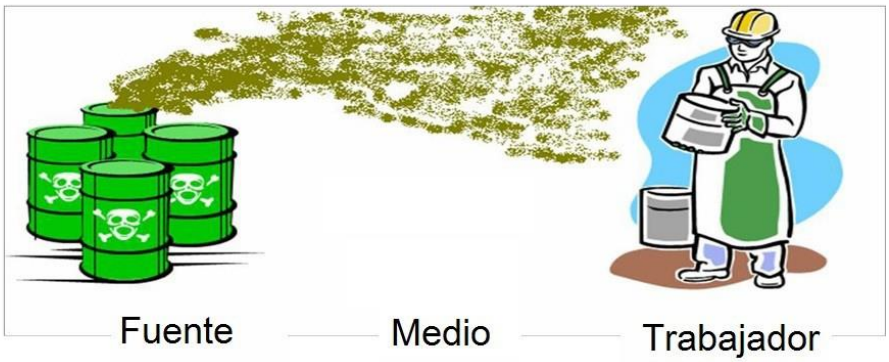
2.2.1 Priorización de Métodos de control

Hay muchas medidas que se pueden implementar con el fin de controlar la exposición a sustancias peligrosas. Algunas medidas son preferibles a las demás y es posible desarrollar una lista de estas por orden de prioridad. Dicha lista se

conoce comúnmente como una Jerarquía de Control. Hay versiones diferentes de las Jerarquías de Control mencionadas en los libros de texto y revistas. Sin embargo, todos ellos se basan en que la jerarquía puede ser desarrollada teniendo en cuenta en dónde se pueden aplicar los controles y también qué tipo de control puede ser más eficaz.

Hay tres "zonas" donde se pueden aplicar medidas de control:

- En la **fuente** de la contaminación.
- A lo largo de la **vía** de transmisión.
- En el **trabajador**.



(Fuente: Diamond Environmental Ltd – *reproducido con permiso*)

Figura. 2.1 – Base de jerarquía de control – localización de control

Teniendo en cuenta la evaluación de riesgos y todas las fuentes potenciales de exposición (aire, piel, ingestión), la mejor manera de lograr el control, es abordando el origen de la contaminación. Si esto no se puede lograr o no resuelve el problema, entonces se debe hacer un intento de control a lo largo de la ruta de transmisión. También se pueden aplicar medidas de control primarias a los trabajadores.

Las medidas que se pueden aplicar en la **fuente** de contaminación incluyen:

- Control en la Fuente.
- Sustitución - mediante un proceso químico menos peligrosos.
- Aislamiento / contención / cerramiento de las fuentes o el empleado.

- Modificación de la fuente o el proceso.
- Uso de robótica, mediante control remoto por computador.
- Automatización.
- Separación - colocar la fuente en un lugar diferente a donde está el empleado.
- Ventilación local - con ayuda de ventilación para capturar el contaminante en la fuente, evitando su dispersión.

El control a lo largo del **camino**, cuando el contaminante se está dispersando, es más difícil y existen menos opciones disponibles. Estas incluyen:

- La ventilación general - que diluye la concentración del contaminante.
- El aumento de la distancia entre la fuente y los trabajadores (es decir: el aumento de la longitud de la vía, de modo que hay más dispersión y dilución).
- El uso de pantallas y barreras parciales.

Los controles basados en los **trabajadores** incluyen

- Controles administrativos - trabajadores en rotación, lo que limita la cantidad de tiempo que trabajan en un lugar de riesgo.
- Equipo de protección personal (EPP).

Tener en cuenta que estas tres categorías no son definitivas. Hay un grado de subjetividad al momento de decidir a qué categoría pertenece un control particular y, de hecho, algunos controles podrían ser considerados para encajar en más de una categoría. Por ejemplo, algunos textos consideran la contención y la ventilación del local como controles de la vía de transmisión, sin embargo, es importante reconocer que los sistemas de ventilación localizada y la extracción, se aplica cerca de la fuente y generalmente son mucho más eficaces para controlar la exposición que por ventilación general.

Las medidas de control también se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Prevención
- Controles de ingeniería

- Controles organizacionales, y
- Equipo de Protección Personal

Al decidir sobre qué controles se pueden utilizar, comience por la parte superior de la lista indicada en la figura 2.2. y continúe hacia abajo. Esto significa que aunque el equipo de protección personal (EPP) a menudo puede ser utilizado, no debe ser la primera opción cuando se trata de controlar la exposición a un peligro.

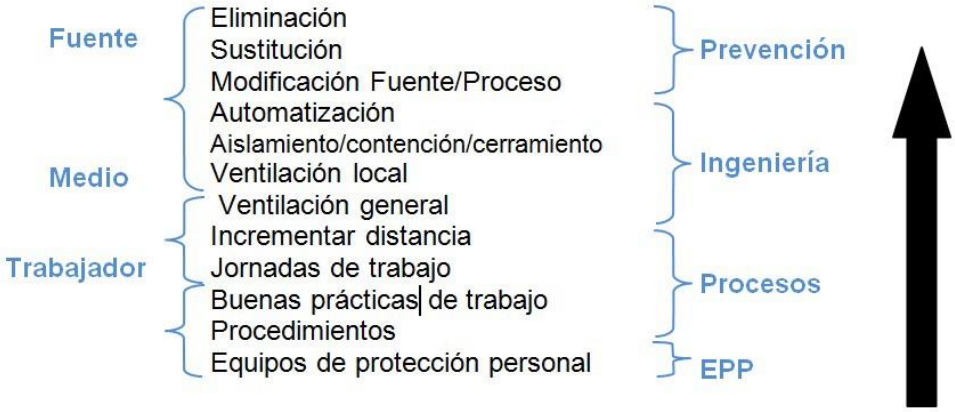


Figura 2.2 – Una versión de jerarquía de control

En muchos países, la jerarquía de control es parte de la legislación y no es aceptable aplicar los EPP cuando hay controles más adecuados en la lista de la jerarquía que podría aplicarse para un control más eficaz del contaminante.

Otro factor a tener en cuenta al seleccionar los controles adecuados a partir de la jerarquía, es la naturaleza de la tarea o proceso a controlar. ¿Es una tarea permanente o proceso; o es una acción a corto plazo como resultado de las actividades de mantenimiento poco frecuentes, por ejemplo: los relacionados con el cierre de plantas o equipos, etc? Es más aceptable para considerar el uso de EPP en estas últimas situaciones, que como una solución a largo plazo a un proceso de producción de tiempo completo. Del mismo modo los costos involucrados en la selección de los controles de la sección superior de la jerarquía pueden no ser justificables contra los riesgos para actividades a corto plazo.

2.2.2 Elementos clave de la jerarquía de control

- **Eliminación**

La eliminación definitiva de un peligro mediante la eliminación de un proceso o sustancia es la mejor solución. Por ejemplo, cabe preguntarse si el proceso es realmente necesario o hay otras alternativas. Esto puede no ser factible en el corto plazo para los procesos principales establecidos, pero a menudo puede ser aplicado en la construcción de nuevos proyectos, mantenimiento otras actividades a corto plazo. Por ejemplo, una empresa requería de la prueba de presión de un recipiente con agua a través de la eliminación de materiales refractarios desde el interior del recipiente. Esto habría significado la exposición a polvo, ruido, altas temperaturas y una gama de los problemas de seguridad asociados con el trabajo en un espacio confinado. El higienista ocupacional habló a los ingenieros y conjuntamente consideraron un trabajo más seguro a través de una prueba de presión con nitrógeno que trajo resultados satisfactorios sin necesidad de entrar en el espacio y evitando el retiro del material refractario.

- **Sustitución**

La sustitución implica el cambio de sustancias y / o procesos químicos por otros menos peligroso.

Una consideración importante en torno a la sustitución, es el conocimiento y comprensión que debemos tener con relación a la peligrosidad de las sustancias químicas que nos ocupan. Se considera que son más de 300.000 sustancias las que se usan en todo el mundo, y solo tenemos información toxicológica detallada para menos del 10% de estas. Simplemente sustituyendo una sustancia química peligrosa conocida con una que hace la misma función, pero de la cual no tenemos datos sobre su peligro real no es un enfoque sensato, ya que en realidad podría estar haciendo la situación peor.

Además, la opción de sustitución no se limita sólo a la salud humana. La legislación ambiental a menudo impulsa decisiones de sustitución, por ejemplo la de los clorofluorocarbonos (CFC) en aerosoles presurizados, e hidrocarburos

clorados como disolventes de uso general en el marco del Protocolo de Montreal por tratarse de químicos que afectan la capa de ozono en la atmósfera.

- **Modificación**

Modificación significa cambiar las condiciones de funcionamiento físicas sin cambiar la sustancia química o proceso. Un proceso puede ser humedecido para reducir el polvo, las temperaturas se pueden disminuir para reducir la presión de vapor y la volatilidad de muchas sustancias químicas.

- **Contención**

La contención de la fuente mediante la colocación de la sustancia peligrosa en un recipiente o sistema de sellado puede ser una forma muy eficaz de crear una barrera entre el peligro y la persona. Por ejemplo, los camiones cisterna utilizados para ser llenados con gasolina a través de una escotilla en la parte superior exponen al operador a la inhalación de estos vapores. Actualmente se han incorporado sistemas cerrados de cargue por la parte inferior de los tanques en donde los vapores desplazados se toman por otra manguera a un sistema de recuperación de estos.

- **Automatización**

La automatización es el uso de alguna forma de robótica para sustituir una función previamente proporcionada manualmente por un trabajador expuesto. Por ejemplo, la soldadura robótica en la fabricación de automóviles ha reducido la necesidad de soldadura manual. Otro ejemplo, está asociado a la industria minera que incluye el uso de maquinaria para el corte de carbón, reduciendo el número de mineros expuestos directamente durante esta operación.

- **Aislamiento**

El aislamiento es la separación de la fuente y el trabajador por una barrera física tal como un cerramiento, pared o partición. Las particiones no son tan eficaces como los cerramientos completos, y pueden ser necesarios controles adicionales.

Si un trabajador puede ser retirado o aislado completamente del peligro, se elimina el riesgo para la salud.
Un ejemplo de aislamiento es el uso de puertas o barreras entrelazadas para evitar la entrada en un área mientras que las sustancias tóxicas están presentes.

- **Ventilación**

La ventilación es el uso de movimiento de aire para eliminar, desplazar o diluir la concentración del contaminante.

La ventilación local, que consiste en extraer el contaminante desde el lugar en donde se genera, es versátil y puede ser el método de control más eficaz a largo plazo frente a la ventilación por dilución o general.

La ventilación por desplazamiento, implica el uso de flujo de aire para crear condiciones de circulación de una corriente de aire limpio donde el trabajador permanece (y que el aire contaminado se encuentre alejado de este). La ventilación por dilución consiste en añadir más aire fresco al lugar de trabajo para diluir una sustancia química. Esta medida puede resultar en una exposición, pero a un nivel más diluido.

Todas las formas de ventilación pueden jugar un papel en determinadas circunstancias, como parte de una estrategia de control. Sin embargo, la eficacia de la ventilación es a menudo inadecuada y puede por muchas razones prácticas resultar ineficaz en la práctica. La ventilación sólo será efectiva cuando las características de la fuente del contaminante sean conocidas y entendidas correctamente y donde el trabajo demuestre el impacto del flujo de aire en el contaminante.

- **Los controles de procedimiento**

Las medidas administrativas pueden dirigirse al control de la exposición del trabajador. La dosis puede reducirse al disminuir la cantidad de tiempo que una persona está en un área en particular (rotación en el trabajo), y por la reducción del número de empleados expuestos mediante la realización de determinadas operaciones cuando menos trabajadores están presentes. Popendorf (2006)

considera que la duración, la frecuencia y el número de personas expuestas constituyen controles administrativos; sin embargo un buen mantenimiento, capacitación y supervisión también se incluyen en esta categoría. La buena limpieza reduce los contaminantes en el aire, la exposición cutánea y la ingestión. El entrenamiento de los trabajadores para evitar la nube de contaminantes reduce la exposición.

- **Equipo de Protección Personal**

El equipo de Protección Personal (EPP) implica el uso de ropa de trabajo, guantes, y / o respiradores para reducir la exposición a una sustancia química. No es la primera opción, pero puede ser una forma adecuada de control donde otras opciones no son viables, o en combinación con otras medidas, cuando la naturaleza del riesgo requiere un nivel de etapas de protección. Para ser eficaz, el EPP tiene que ser seleccionado para ser técnicamente apropiado a su tamaño - representando atributos físicos de cada individuo; debe ser colocado, usado, retirado, limpiado, cuidado, probado, almacenado y eliminado de manera segura y apropiada. En la práctica, los programas de gestión de EPP adecuados y apropiados son muy difíciles de lograr y de mantener. Programas de gestión EPP pobres o inadecuados son fáciles de implementar y desafortunadamente son muy comunes. Sólo el desarrollo de un buen programa puede ofrecer alguna garantía de protección al trabajador. El uso de EPP también puede ser más caro en el largo plazo, que otros controles seleccionados como los de mayor jerarquía.

2.2.3 Uso de una combinación de controles

En muchos casos, será necesario utilizar una combinación de medidas para gestionar adecuadamente la exposición a un riesgo. Por ejemplo, una sustancia química tóxica podría ser reemplazada por otra menos peligrosa (sustitución), procedimientos de trabajo seguro (medidas administrativas) y equipo de protección personal proporcionado a los trabajadores.

Ejemplo: Arenado

Aunque todavía es conocido como “sandblasting “, la arena, con alto contenido de

cuarzo ha sido sustituida por silicatos amorfos (sustitución). Debido a la naturaleza de su uso, el chorro de arena no se puede quitar o aislar de la tarea, por lo que a pesar de que todavía existirá exposición a un polvo menos dañino también será obligatoria la ropa de protección y la protección respiratoria.

La medida de ingeniería eficaz consiste en cabinas especialmente diseñadas, donde se llevan a cabo ciertas actividades de arenado y por tanto, los trabajadores que permanecen en las vecindades no estén expuestos al polvo o ruido generado.

Así, en la práctica es común para una estrategia de control, incluir un determinado número de medidas para proporcionar un proceso de prevención en etapas. En particular, para los entornos que puedan ser un peligro inmediato para la vida o la salud, es apropiado construir varias etapas o capas de protección. Este concepto comúnmente se presenta como un modelo conocido como "queso suizo", como se ilustra esquemáticamente en la figura 2.3.

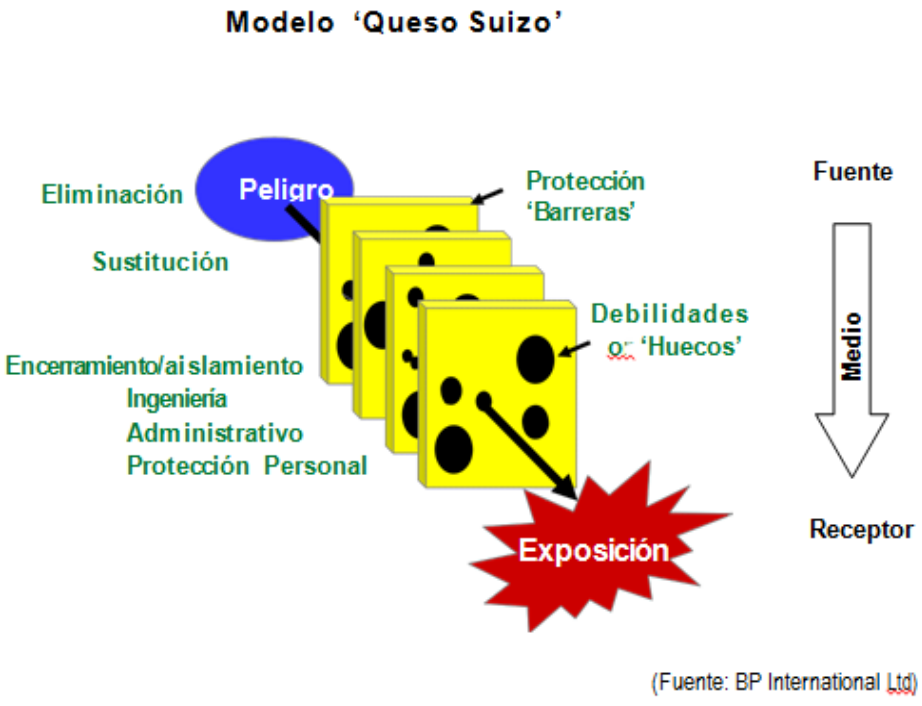


Figure 2.3 – El modelo "Queso Suizo" – Muestra la necesidad de múltiples medidas para el control efectivo

En el modelo de queso suizo, las defensas de una organización contra el fracaso se modelan como una serie de barreras, representadas como rebanadas de queso. Los agujeros en las rebanadas representan debilidades en partes individuales del sistema y están variando continuamente en tamaño y posición a través de las cortes. El sistema produce fallos cuando un agujero en cada rebanada se alinea

momentáneamente, lo que permite (en las palabras de Orlandella y Reason) "una trayectoria de oportunidad de accidente", de manera que un peligro pasa a través de los agujeros en todas las rebanadas, lo que conduce a un fallo (wikipedia –modelo del queso suizo- 2015)

Así, por ejemplo, en una planta de tratamiento de fluoruro de hidrógeno, se dispone de una serie de controles de ingeniería para mantener el ambiente seguro. El acceso a las áreas de trabajo está estrictamente controlado y la gente que pasa por las áreas de proceso usa equipo de protección. Si existe la más remota posibilidad de contención por rotura o liberación, aparatos y ropa de protección de respiración completa serán utilizados. Todos los trabajadores reciben apoyo sobre los métodos de trabajo, capacitación y procedimientos rigurosos para la selección, el mantenimiento, la limpieza y el uso de los EPP.

En muchos casos, no existe una única solución de control y una solución que funciona en un sitio puede no funcionar en otro.

2.2.4 Gestión de Controles

Los controles aplicados para resolver un problema particular sólo pueden ser eficaces si se utilizan correctamente. También necesitan ser mantenidos y administrados de manera eficaz.

Fuente: Diamond Environmental Ltd – *reproducido con permiso*)

Figure 2.4 –Jerarquía de Control – El Rol del Control Administrativo

Hay muchos ejemplos en los que se instalan medidas de control costosas y no se utilizan, o se utilizan con poca frecuencia o de forma incorrecta o mal mantenidos, razón por la cual debe garantizarse que estas se encuentren trabajando eficazmente. Tales medidas pueden incluir los siguientes aspectos:

- **Supervisión** para asegurar que se siguen los procedimientos
- **Mantenimiento** para asegurar que los controles de ingeniería continúan operando de manera efectiva
- **En el caso de los controles de ingeniería**, tales como sistemas de ventilación local, se requerirá de inspecciones visuales regulares y un examen completo; también de una prueba de eficiencia al menos anualmente.
- **El monitoreo del aire y la vigilancia de la salud**, son efectivamente los controles adicionales para medir la eficacia.
- **Información, instrucción y capacitación** para garantizar que los trabajadores sepan por qué son necesarios los controles, cómo usarlos correctamente, procedimientos aplicables a los errores de información, etc. Los trabajadores deben ser entrenados en los riesgos de los materiales, los procedimientos y las medidas de control necesarias y cómo utilizarlos de manera efectiva. Por ejemplo, en el caso de equipos de protección respiratoria (EPP), se podría incluir una cuidadosa selección de los equipos para que se adapten a las características faciales del individuo y así proporcionar una protección adecuada. También incluirá prueba de ajuste cuantitativo para asegurar la protección adecuada, así como información, instrucción y capacitación sobre el uso, limpieza y mantenimiento.

Procedimientos de **emergencia** para hacerle frente a las fugas, derrames, insuficiencia de los controles, etc.

Buenas prácticas de limpieza, para reducir al mínimo la acumulación de contaminantes

Fuente: BP International Ltd

Figura 2.5 – El Ciclo de la Gestión de la Seguridad y la Salud

Por último, la eficacia de la estrategia de control en su conjunto debe ser revisado por la reevaluación periódica y monitoreo de exposición en su caso para cerrar el ciclo de gestión (Figura 2.5).

3. DISEÑAR ESTRATEGIAS DE CONTROL

3.1 INTRODUCCIÓN

El control de un riesgo de higiene en el trabajo se basa en el reconocimiento y la comprensión, de que existe el riesgo y el conocimiento y la experiencia de cómo proteger al trabajador en las circunstancias en las que el peligro está presente. Así que la clave para la implementación de una estrategia efectiva de control es asegurar que una evaluación del riesgo ha sido llevada a cabo.

Al determinar un control, se requiere un número de consideraciones diferentes, y estas consideraciones se deben hacer conjuntamente con los trabajadores, supervisores, ingenieros, otros colegas de HSE.

Hay que prestar atención a lo siguiente:

- El peligro y la magnitud que supone el riesgo
- La viabilidad de los diversos controles
- La eficacia de los diferentes controles
- Las consecuencias de la falta de controles
- Los costos relativos de proveer, operar y mantener los controles
- La aceptación por parte de la fuerza de trabajo

El Instituto Australiano de higienistas ocupacionales (AIOH 2007) considera que cuando un higienista ocupacional se embarca en cualquier programa de control es esencial que se tomen el tiempo para entender completamente lo siguiente:

- ¿Cómo se presenta la situación de peligro?
- ¿Qué están haciendo las personas al momento de la exposición?
- ¿Por qué están haciendo la tarea?
- ¿Hay posibles impactos sobre otras personas cercanas? y, sobre todo
- ¿Cuáles son las consecuencias si los controles no son adecuados para proteger al trabajador?

Una vez se ha obtenido información sobre la exposición (para una evaluación cuantitativa del riesgo, esta tendrá que ser evaluada para cubrir todas las

situaciones y las tasas de exposición), una estimación de riesgo puede obtenerse considerando esto y los riesgos involucrados.

El riesgo puede ser descrito generalmente como -significativo o no significativo-. El riesgo puede ser considerado como "**no significativo**" si es poco probable que afecte negativamente la salud de las personas en el lugar de trabajo.

Un "**riesgo significativo**" significa que es probable que el trabajo afecte negativamente la salud de las personas en el lugar de trabajo. Por ejemplo, habría un riesgo significativo, si:

- La exposición es alta o la sustancia utilizada es altamente tóxica;
- Una reacción peligrosa con otras sustancias puede ocurrir; o
- Es razonablemente previsible que se produzcan fugas o derrames de sustancias peligrosas

En caso de ser establecido el riesgo significativo, es importante que se tomen medidas para asegurar que los riesgos están adecuadamente controlados. En estas circunstancias, un trabajo adicional puede ser necesario para asegurar el control de las medidas de implantación y mantenimiento. Esto podría incluir la necesidad de supervisar periódicamente el lugar de trabajo y, en algunas situaciones, vigilancia de la salud. Por lo tanto, si la evaluación del riesgo indica una condición importante entonces nuevas medidas son necesarias para controlar el riesgo.

El proceso de evaluación de riesgos proporciona una lista de riesgos que requieren control, a menudo con las prioridades. El siguiente paso en el proceso consiste en la identificación de una gama de opciones de control para minimizar estos riesgos, la evaluación de esas opciones, el desarrollo de tecnologías de control adecuadas y ponerlas en práctica en el lugar de trabajo.

El desarrollo de opciones para controlar los riesgos individuales rara vez se producen de forma aislada y debe ser parte de una estrategia global.

Es una buena idea en el desarrollo de cualquier estrategia de control ser flexibles y estar preparados para consultar con las partes interesadas, así como

especialistas. Es importante que los trabajadores tengan un nivel adecuado de participación en este proceso para que los controles sean eficaces y sostenibles.

Es importante asegurarse de que todas las categorías de riesgos aplicables a la higiene del trabajo se consideran para controlar una fuente. Por lo tanto agentes químicos (polvos, humos, gases, vapores, nieblas, etc.), físico (ruido, vibración, térmicas, iluminación) y biológicos (bacterias, hongos, virus, etc.) deben preverse y ser considerados. Sin embargo, además de esto, el factor ergonómico (la forma cómo los trabajadores interactúan con las máquinas y equipos), (aspectos mecánicos de seguridad), y factor psicológico (la presión de grupo, el estrés, la educación) son riesgos que también debe ser considerados. En algunos casos estos pueden ser más difíciles de evaluar, y la asistencia de expertos puede ser necesaria. Algunos de los riesgos citados están fuera del alcance de este manual y no se discute.

La implementación de un control debe significar la reducción de los riesgos (reducir al mínimo el riesgo de efectos adversos para la salud), sin embargo el éxito sólo puede considerarse alcanzado cuando los controles son aceptados por la mano de obra y son sostenibles en el largo plazo.

Si una tarea sólo se lleva a cabo de forma intermitente, es decir: una vez al año durante dos días, entonces puede ser aceptable suministrar protección respiratoria adecuada (con la prueba de ajuste adecuado, mantenimiento y formación) en lugar de modificar el sistema.

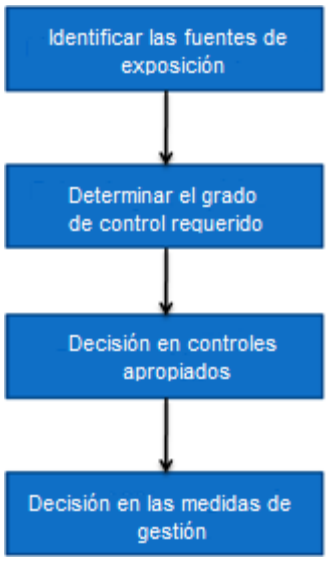
Si un trabajador labora en una tarea de exposición a polvo en una línea de producción cada día, no sería conveniente establecer que los trabajadores usaran únicamente la protección respiratoria. Por lo menos, las investigaciones deben llevarse a cabo para buscar formas de reducir la emisión de polvo en la fuente, la contención, la ventilación u otros controles solos o en combinación para reducir la dependencia de los EPP.

En general, es más rentable hacer cambios antes del comienzo de un proceso o actividad. La fase de diseño es el momento ideal para realizar cambios en una fuente. Si existe la posibilidad de ingeniería, ventilación y diseños en la fase de construcción de una planta, los costos son generalmente no significativos, sin

embargo, la alteración de un proceso después de la puesta puede implicar importantes cantidades de dinero. El reequipamiento es a menudo costoso y por lo general no es eficiente.

3.2 Un enfoque estructurado

Hay muchas cosas que deben tenerse en cuenta al diseñar controles apropiados. El diagrama de flujo en la figura 3.1 ilustra un enfoque estructurado que puede ser utilizado por un equipo de diseño en la implementación de una estrategia de control. Cada uno de estos pasos se discute en las siguientes secciones.



(Fuente: Diamond Environmental Ltd – reproducido con permiso)

Figure 3.1 – Enfoque estructurado para el diseño de controles

A menudo, el desarrollo de la estrategia requerirá aportaciones de otros especialistas, como ingenieros de proceso, pero siempre es preferible que el higienista ocupacional siga participando hasta que se haya demostrado que el riesgo es administrado de manera eficaz.

Para un proceso existente, la clave para llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los riesgos y el diseño de una estrategia de control eficaz es adelantar una inspección minuciosa del proceso y lugar de trabajo. Cuando los controles se especifican en la etapa de diseño esto no será posible; sin embargo, puede haber otros procesos similares en el funcionamiento que pueden ser revisados como " lecciones aprendidas ". En tales casos, puede ser posible revisar las estrategias de control que se han aplicado con éxito en procesos similares y que se debe buscar la orientación de las autoridades reguladoras y otras organizaciones.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE LA EXPOSICIÓN

La clave para el control efectivo de las sustancias peligrosas de un proceso en particular, consiste en identificar todas las fuentes que pueden contribuir a la exposición de los trabajadores y otras personas que puedan verse afectadas.

En la mayoría de los casos habrá un número de diferentes fuentes de exposición, incluyendo tanto fuentes **primarias** y **secundarias**. Por ejemplo, durante un proceso manual donde las bolsas de polvo se vacían en un recipiente de mezcla, la fuente principal de exposición será el polvo en el aire generado durante el vaciado. Exposiciones secundarias resultan si el polvo de las fuentes primarias se asienta sobre las superficies de trabajo, o pisos donde puede ser removido y re-arrastrado a la atmósfera.

La fuente **primaria** es la principal fuente de exposición, y es la parte del proceso desde donde el contaminante se origina. Las fuentes **secundarias** de la exposición también pueden ocurrir y pueden ser fácilmente pasadas por alto. Otro ejemplo de una fuente secundaria se produce en el manejo de mercurio. Debido a la naturaleza de mercurio, a menudo puede ser derramado y este se puede mover con facilidad y de forma insidiosa y contaminar a las diferentes áreas en un espacio de trabajo. El mercurio es capaz de penetrar el yeso, la madera, la pintura y otros materiales de construcción, tales como grietas en las baldosas. Este mercurio almacenado puede entonces generar vapor de mercurio

que se traduce en la contaminación del aire y la exposición de las personas. Esta contaminación no se ve, y puede que no sea hasta que se ha eliminado la fuente primaria, tales como el cierre de un laboratorio. La contaminación secundaria también contribuye a los niveles de exposición de los trabajadores que en un principio estaban usando el producto. Así, todos los trabajadores podrían estar siendo expuestos a la fuente primaria, es decir: el mercurio en forma de vapor y luego a la fuente secundaria, cuando el material ha penetrado en los materiales de construcción y muebles, y también está generando vapores, además de cualquier contaminación dérmica.

También es importante recordar que la exposición puede ser por otras vías distintas a la inhalación, como el contacto con la piel que es especialmente importante. Todas las fuentes deben ser identificadas y tomarse una decisión de manera significativa a la exposición.

Puede haber varias fuentes de exposición a una sustancia particular o la exposición a una serie de sustancias que actúan de la misma manera en el cuerpo, causando un aumento del efecto negativo de la salud.

Por ejemplo, en un taller de impresión, las exposiciones pueden surgir de la evaporación o el contacto con cualquiera de los siguientes agentes:

- Piezas de tintas y solventes
- Recipientes de tinta desechados en contenedores abiertos o como parte de la basura residual
- Abertura de los tambores y envases que contiene tintas y disolventes
- Tintas en uso en la máquina de impresión
- Tinta residual sobre el papel impreso
- Los disolventes utilizados en la limpieza de la máquina u otros derrames
- Disolventes residuales en el papel / paños para la limpieza

Si se utiliza más de un tipo de disolvente, la posibilidad de efectos aditivos en el cuerpo debe ser considerado. Estas exposiciones pueden, entonces

tener lugar por inhalación, absorción por la piel o cualquier otra vía de exposición. Todas las vías de exposición deben ser tenidas en cuenta.

Para un proceso existente, las fuentes de exposición a menudo pueden identificarse por observación o a través de charlas con el personal que opera el proceso. Instrumentos como el monitoreo a corto plazo, instrumentos de lectura directa se pueden utilizar para ayudar a caracterizar las tareas particulares, o las partes del proceso que más contribuyen a la exposición. Las técnicas que ayudan a visualizar los contaminantes (por ejemplo: lámparas de polvo) muestran cómo el aire se mueve; los generadores de humo y tubos colorimétricos pueden también ayudar a la identificación y caracterización de las fuentes. Trazadores fluorescentes pueden ayudar a revelar las fuentes de contaminación que podría resultar en una exposición de la piel o ingestión accidental.

Los dosímetros personales con el registro de datos se pueden utilizar junto con un registro de actividades para identificar cuando se producen exposiciones pico y durante qué parte de la operación. Esto puede ayudar a dirigir la atención a las fuentes de emisión y por lo tanto las opciones de control. La figura 3.2 muestra los resultados de una lectura de un monitor personal de lectura directa ToxiRae®. Esto se utiliza para probar cómo la exposición en tiempo real de un individuo varía con lo que la atención puede ser dirigida a aquellas tareas que contribuyeron a la exposición de la persona.

Se debe tener precaución y asegurarse de que cualquier limitación en torno a la metodología de monitoreo, sea reconocida y tenida en cuenta; por ejemplo, en el caso mostrado en la Figura 3.2 las exposiciones pico asociadas con la tarea de pintura, pueden no ser necesariamente el mínimo valor, debido a que la respuesta del instrumento a la pintura puede ser significativamente inferior en relación con su respuesta a isobutileno, con el cual el instrumento ha sido calibrado.

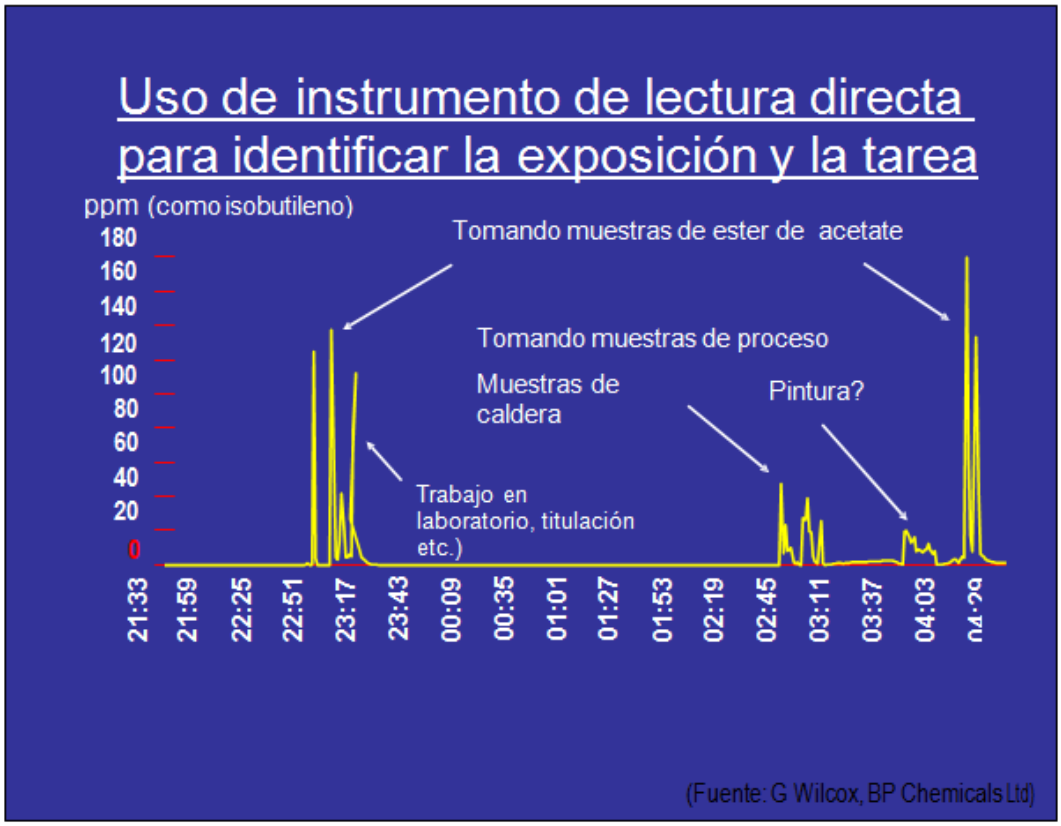


Figura 3.2 – Monitor de lectura directa

Mediante la comprensión de cómo varían las exposiciones, las horas específicas o tareas donde las exposiciones son pico y la contribución relativa a la exposición general es posible orientar los esfuerzos para controlar las exposiciones y lograr resultados óptimos.

En la Sección 4 de este manual se proporcionan detalles sobre cómo los contaminantes se generan por procesos y la forma en que pueden dar lugar a fuentes de exposición.

Una vez que las principales fuentes de exposición y de las sustancias involucradas han sido identificadas, las propiedades peligrosas de las sustancias necesitan ser determinadas. Información sobre peligros, normalmente será proporcionada por los proveedores de las sustancias utilizadas en la industria, en las etiquetas y en las fichas de datos de seguridad.

3.4 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTROL REQUERIDO

El grado de control requerido realmente depende de la magnitud del riesgo de exposición. Cuanto mayor sea el riesgo, más completos los controles tienen que ser. Sin embargo, no siempre es fácil tomar una decisión al respecto.

Cuando no sea posible obtener información sobre el nivel de exposición pero un estándar de exposición ocupacional está disponible, una comparación de los dos va a permitir un juicio que se hace sobre si la exposición se controla adecuadamente o si se necesitan controles adicionales. Cuanto más se supera el límite, la más completa estrategia de control será necesaria.

3.4.1 El control adecuado

El control adecuado se logra cuando la exposición (de los seres humanos o el medio ambiente) en cualquier punto del ciclo de vida de la sustancia química, se mantiene por debajo de un nivel de exposición que podría potencialmente causar efectos nocivos para el ser humano o el medio ambiente.

3.4.2 Límites de Exposición Ocupacional

El control puede ser logrado al garantizar que los límites de exposición profesional se cumplen, sin embargo, esto tiene sus limitaciones. Muchas de las normas de exposición se aplican sólo a las sustancias que se inhalan, y la exposición también es posible a través de la ingestión, los ojos y la absorción de la piel (incluyendo inyecciones). A veces, la exposición puede ocurrir simultáneamente a través de dos o más vías. Todas las vías de exposición deben ser consideradas para controlar una sustancia de forma adecuada.

Los estándares de exposición también se derivan generalmente por un tiempo determinado; es decir la concentración TWA para una jornada de 8 horas convencional y una semana laboral de 40 horas, a la cual se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, por toda una vida de trabajo sin efectos adversos (ACGIH® 2014).

En la mayoría de los casos, el período de referencia es o bien 8 horas (para las sustancias que tienen un efecto crónico o 15 minutos (para sustancias con efectos agudos conocido como límites o STEL) de exposición a corto plazo. Como la mayoría de las sustancias tienen efectos a corto y largo plazo, a menudo tienen límites basados en ambos períodos.

Muchas personas en el entorno laboral no entienden que las normas de exposición no son líneas de expresión entre lo seguro e inseguro, pero no son más que guías para el uso de los higienistas del trabajo en el control de los problemas de salud potenciales.

En los países o jurisdicciones se utilizan los estándares de exposición ocupacional como los límites reglamentarios, por supuesto, legalmente vinculante y no directrices.

Su aplicación a situaciones fuera de la norma (por ejemplo: turnos de 12 horas) sólo debe ser considerado por personas con experiencia en su interpretación. Efectos como sinergismo y potenciación, necesitan ser entendidos adecuadamente.

Dada la cantidad de productos nuevos que llegan al mercado, es imposible que un organismo de normalización (legal o profesional) desarrolle estándares de exposición apropiados para cada compuesto antes de que estén en uso comercial. Con esto en mente, la analogía con otros compuestos de tipo similar, el sentido común y las buenas prácticas de higiene en el trabajo son requeridas y aplicables para reducir cualquier exposición innecesaria.

Cabe señalar que las normas reguladoras incluyen generalmente la consideración de muchos asuntos de política, tales como la factibilidad de ingeniería, impacto económico, límites analíticos etc; guías no gubernamentales tales como la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH®) TLVs® y los límites de exposición laboral para el Medio Ambiente de la Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA) están por lo general basados en salud y no tienen ningún otro factor en consideración.

Los Límites de Exposición Ocupacional (OEL), tales como los valores límite umbral (TLV), sólo se aplican a la fuerza laboral. Al aplicar los OEL se presume que los trabajadores están en buen estado de salud. Algunos entornos industriales suelen excluir a los muy jóvenes, los muy viejos y los que no pueden trabajar debido a enfermedad y a la discapacidad física.

Los OEL se describen generalmente como información de apoyo por no ser líneas de expresión entre las condiciones seguras y peligrosas y no debe ser utilizado por cualquier persona que no esté entrenado en la disciplina de la higiene industrial / ocupacional.

La ACGIH® ha establecido sus normas basadas en el concepto de que cada persona reacciona de manera diferente a la misma sustancia a la misma concentración. Los estándares de exposición se pueden basar en la irritación, efectos neuronales, daños en los sistemas de órganos, como la sangre, los riñones o el hígado, o el riesgo de efectos agudos, enfermedades crónicas y cáncer. Por lo tanto, para una buena comprensión de cómo se obtuvo la norma de exposición se requiere consultar la documentación de soporte correspondiente.

Un análisis más detallado de los estándares de exposición se puede encontrar en el manual del estudiante del módulo de Medición de Sustancias Peligrosas.

3.4.3 La aplicación de límites de exposición profesional

A la hora de establecer los controles es necesario tener en cuenta tanto la toxicidad de la sustancia como el tipo de estándar que ha sido establecido para esta. Por ejemplo los efectos reconocidos para agentes como la sílice y el plomo son a largo plazo y por ello se cuenta con niveles de exposición TLV de 8 horas, mientras que otros como el monóxido de carbono, el ácido clorhídrico tienen TLVs de 15 minutos o valores pico (techo) por sus efectos agudos o irritativos.

Si esta información no está disponible, las observaciones y los resultados de las pruebas cualitativas (por ejemplo: el uso de técnicas de visualización, como los tubos de humo o lámparas de polvo) puede ayudar en un juicio profesional.

Donde haya signos evidentes de contaminación, como las nubes de polvo visibles y propagación de contaminantes en todo el lugar de trabajo, es probable que se necesiten controles mejorados. Por otra parte, cuando sólo se utilizan pequeñas cantidades de materiales de bajo riesgo, entonces puede no ser necesario controles completos. Un enfoque basado en el equipo hará que tales juicios resulten más fáciles.

Ejemplo 1

El n-butil acrilato se utiliza en la producción de recubrimientos y tintas, adhesivos, sellantes, textiles y plásticos. Tiene una norma de exposición de 8 horas de 5 mg/m3 y un STEL de 26 mg/m3. Se ha encontrado que las exposiciones relacionadas con los procesos son los siguientes:

Proceso	Exposición (mg/m3)	Duración (minutos)
Funciones generales / fondo	5	420
Carga de n-butil acrilato en sistema	40	5
Limpieza	60	10

Cálculo del TWA de 8 horas:

$$= \frac{5 \text{ x } 420 + 40 \text{ x } 5 + 60 \text{ x } 10}{480}$$

= 6 mg/m3, que está por encima de la norma de 5 mg/m3

Al evaluar estas exposiciones individualmente se observa que la limpieza y la carga de n-butil acrilato tienen la más alta concentración de exposición. Sin embargo, estos son de corta duración y en realidad añaden poco a la media ponderada de 8 horas de exposición estándar. El 72% (2100/2900) viene de la exposición de funciones generales.

Si se va a reducir la limpieza de 60 mg/m3 a 15 mg/m3, entonces la exposición total seria de 5,1 mg/m3.

Sin embargo, si usted fuera a reducir la concentración de funciones generales de 5 mg/m3 a 3 mg/m3 (una reducción mucho más pequeña), entonces el resultado de la exposición será de 4,3 mg/m3 (que es una mejora).

Cálculo de la Exposición:

Durante el proceso de carga la exposición es de 30 mg/m3 durante 5 minutos y 5 mg/m3 durante 10 minutos (5 mg/m3 es la concentración de fondo).

STEL:

$$= \frac{40 \text{ x } 5 + 5 \text{ x } 10}{15}$$

= 16,7 mg/m3

Durante la limpieza la exposición es de 60 mg/m3 durante 10 minutos y 5 mg/m3 por 5 minutos (5 mg/m3 es la concentración de fondo).

STEL:

$$= \frac{60 \text{ x } 10 + 5 \text{ x } 5}{15}$$

= 41,7 mg/m3

Por lo tanto, los controles son necesarios durante el proceso de limpieza también.

3.4.4 Estándares internos

Las empresas pueden optar por tener sus propias normas internas de lo que están dispuestos a aceptar para un control adecuado. Esto generalmente se limita a las empresas más grandes, y con frecuencia en empresas

multinacionales, donde a menudo es más fácil tener un conjunto de normas para usar en toda la organización o sedes.

Los estándares internos generalmente giran en torno a los límites de exposición profesional y el uso de estadísticas para determinar si la exposición medida es aceptable o no.

3.4.5 Normas de exposición biológica

El monitoreo biológico se recomienda para un número limitado de sustancias, para determinar la exposición a sustancias químicas por las diferentes vías de ingreso al organismo, incluida la dérmica (piel), la ingestión y las exposiciones no ocupacionales. Si una sustancia tiene un Índice de Exposición Biológica (BEI®), puede ser apropiado llevar a cabo el monitoreo biológico para garantizar un control adecuado de la sustancia.

La mayoría de los BEIs® se basan en una correlación directa con el TLV® es decir: la concentración del determinante que puede esperarse cuando la concentración en el aire se encuentra en este valor con la suposición de que no hay exposición por absorción por la piel o ingestión. Por lo tanto si ha habido exposición por absorción por la piel o por ingestión, el resultado será más alto de lo esperado.

La correcta aplicación de los BEIs® requiere un conocimiento importante de la documentación que se acompaña y puede ser útil en la evaluación de la exposición. Algún tipo de resistencia de los empleados puede encontrarse con este tipo de monitorización ya que muchos BEIs® requieren el uso de técnicas de recolección invasivos, tales como toma de muestras de sangre.

3.4.6 Situaciones donde no hay límites de exposición establecidos

Si a una sustancia se le ha asignado un límite de exposición ocupacional, los controles deben ser diseñados para garantizar que no se sobrepase este límite. Sin embargo, hay situaciones en las que no se dispone de este valor en cuyo

caso puede ser posible utilizar un enfoque de bandas de control. El uso de esta técnica se discute en la Sección 3.7.

Sin embargo, con mezclas complejas de contaminantes donde se generan en forma de polvos, humos y gases, puede ser difícil especificar directrices claras para que los diseñadores trabajen para este fin. En estos casos el único enfoque posible puede ser los juicios profesionales basados en observaciones y experiencia.

3.5 DECIDIR SOBRE OPCIONES DE CONTROL

Al comenzar a reflexionar sobre las opciones de control, es útil considerar si la experiencia en otros procesos similares se puede aplicar. Asimismo, la información y orientación sobre el control pueden estar disponibles en diversas fuentes, en particular para los procesos comunes.

Los proveedores de materias primas o equipos de proceso o asociaciones industriales pueden tener la experiencia y orientación. Procesos similares dentro de la empresa o industrias similares también se pueden utilizar para ayudar en el desarrollo de estrategias de control.

Existen recomendaciones en el control también disponibles por los proveedores bajo las regulaciones tales como REACH en la Unión Europea. El material de referencia sin duda puede ayudar en el diseño de estrategias de control; sin embargo, cada lugar de trabajo y tarea pueden ser diferentes y es fundamental tener en cuenta cada situación y garantizar que las medidas de control son apropiadas y en particular en aquellas circunstancias particulares.

La jerarquía de control es una herramienta útil que puede ayudar al equipo del proyecto para determinar qué controles se podrían implementar en un proceso en particular. Sin embargo, recuerde que pueden ser necesarios varios tipos de medidas para lograr un control eficaz. Es raro que una única medida de control reduzca el riesgo a un nivel aceptable. Así que una combinación de controles de ingeniería y administrativos, junto con el uso de equipo de protección personal para operaciones específicas o donde hay un riesgo de contaminación, a veces resulta óptimo.

Habrá varios factores que influyan en la elección de los controles que podrían no resultar eficaces. Estos incluirán la viabilidad en los procesos de trabajo, la ergonomía y el costo. Los controles deben ser viables y rentables.

También hay que recordar que la solución de un problema de salud y seguridad puede introducir otro (por ejemplo: los cerramientos pueden introducir problemas ergonómicos si están mal diseñado; los sistemas de ventilación de escape local pueden ser ruidosos y pueden presentar problemas asociados con explosiones cuando se manejan gases inflamables o polvos combustibles). Por tanto es importante asegurarse de que la aplicación de medidas para controlar la exposición a sustancias peligrosas no aumente el riesgo global para la salud y la seguridad.

Lo ideal sería que todas las fuentes potenciales de exposición deberían estar controladas, sin embargo a menudo hay un presupuesto limitado y por lo tanto los controles más eficaces y beneficiosos son los que primero se quieren implementar.

Inicialmente, la pregunta que debe hacerse estará dirigida a si es posible eliminar el problema por completo (por los cambios en la sustancia, su forma física o cambios en el proceso o la forma en que el individuo interactúa con este). En la práctica esto puede ser difícil de lograr así que se pueden considerar opciones de cerramiento de las fuentes de emisión (por completo o parcialmente). Si el cerramiento total no es posible, se puede considerar como factible construir un recinto completo con pequeñas piezas para permitir el acceso o la operación - un cierre parcial con ventilación.

La siguiente opción es la ventilación de extracción local - que a menudo es menos eficaz según piensan algunos dado las dificultades de encerrar totalmente el espacio de emisión del contaminante derivado de una inadecuada geometría de la campana de extracción.

También otros factores que pueden afectar la eficacia de la ventilación son las corrientes de aire a través de puertas y ventanas que pueden alterar los patrones de flujo de aire. Incluso el movimiento del trabajador y su posición puede afectar materialmente los flujos de aire en la proximidad de la campana.

Los controles de procedimientos de trabajo también deben ser considerados. Por ejemplo, los procedimientos al llevar a cabo tareas entre el trabajador y la fuente de las emisiones pueden generar dificultad en la captura de los contaminantes. Los elementos de limpieza y mantenimiento necesitan especial atención ya que estos pueden causar a menudo exposiciones más elevadas que la exposición normal. Los contaminantes pueden acumularse en espacios confinados y la apertura de los recintos o procesos pueden crear exposiciones a una serie de sustancias.

Equipos de protección individual - EPI - es la última opción - la última barrera. La atención se centra erróneamente en la idea de que debe mantenerse un trabajador seguro con el uso de EPI en lugar de un entorno de trabajo seguro - y por lo tanto es una de las opciones menos preferidas. Desafortunadamente a menudo se utiliza incorrectamente como la primera línea de control en una comprensión errónea de su costo y efectividad.

3.6 DECIDIR SOBRE MEDIDAS DE GESTIÓN

Las medidas de control sólo serán eficaces si se gestionan adecuadamente. Así, una vez que los controles se han establecido, es necesario considerar medidas de gestión para asegurar que los controles siguen siendo eficaces. Como se discutió previamente éstos pueden incluir:

- Supervisión
- Mantenimiento de los controles de ingeniería el buen estado
- Prueba de la eficacia de los controles
- Monitoreo del aire y control de la salud
- Información, instrucción y formación
- Procedimientos de emergencia
- Buenas prácticas ambientales

3.7 BANDAS DE CONTROL

Las bandas de control ofrecen un enfoque simplificado para seleccionar medidas de control apropiadas. Cuanto mayor es el potencial de daño, mayor es el grado de control necesario para gestionar la situación y hacer que el riesgo sea aceptable.

En un esquema típico, las bandas de control son apoyados por una amplia información sobre cómo seleccionar la medida administrativa o de ingeniería apropiada. La tabla 3.1 ilustra la clasificación usada por una farmeceutica.

Tabla 3.1 Ejemplo de bandas de control de una empresa farmacéutica.

OHC	TLV (µg/m3)
1	>1000 - ≤5000
2	>100 - ≤1000
3	>10 - ≤100
4	>1 - ≤10
5	≤1

ECA	Descripción de Opciones de Control
A	Ventilación General
B	Ventilación local
C	Cerramiento parcial
D	Proceso cerrado
E	Proceso cerrado más aislamiento adicional

En los últimos años el concepto de control por bandas se ha aplicado para ayudar a pequeñas y medianas empresas que no suelen tener acceso a sistema de evaluación y gestión que no están al alcance de sus expectativas económicas.

Su objetivo es simplificar la gestión de riesgos, proporcionando una forma fácil de entender y aplicar directamente.

El control por bandas ha alcanzado prominencia significativa, especialmente en Europa. El modelo más desarrollado para el control de las bandas es el COSHH Essentials, que ha sido establecido por el Ejecutivo de Salud y Seguridad (HSE) del Reino Unido.

COSHH Essentials es un esquema de control de banda que está disponible como libre herramienta en línea en www.coshh-essentials.org.uk (consultado en

agosto de 2009). Consiste en un sencillo paso a paso que ayuda a las empresas a evaluar el riesgo, poner en práctica las medidas necesarias para controlar la exposición y establecer buenas prácticas de trabajo.

El sitio dispone de un ejemplo completo para obtener una mejor comprensión de la información requerida y de los resultados.

La información que se requiere para completar Esenciales COSHH es:

- El tipo de tarea : paleado, perforación, llenado de un recipiente
- La clasificación de riesgo (uso de las frases de riesgo y seguridad indicadas en las MSDS)
- La volatilidad o la exposición al polvo (que se explica en el texto de orientación)
- La cantidad de sustancia que se utiliza, en mg, litros o kilogramos

La herramienta en línea identifica el tipo de controles necesarios, brinda asesoramiento sobre la forma de aplicar los controles y proporciona evidencia escrita de la orientación y la documentación.

El COSHH Essentials se ha adaptado como base para el desarrollo del kit de herramientas (ToolKit) que se publica conjuntamente por la Organización Internacional Del Trabajo (OIT), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente; se encuentra disponible en el sitio: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/index.htm (consultado en agosto de 2009).

El control por bandas proporciona una guía general basada en el escenario más probable y no tiene en cuenta las variaciones de la persona dentro del proceso, lo cual constituye una limitante y considera que su aplicación está más dirigida al control de la fuente y no al control de la exposición.

Enfoques de control por zonas también se están desarrollando en Bélgica (REGETOX), Países Bajos (Stoffenmanager) y Noruega (KjemiRisk). La Organización Mundial de la Salud está trabajando en el desarrollo de programas de control por bandas en más de una docena de países.

Un ejemplo de un sistema de control por zonas - El kit de herramientas de la OIT

El kit de herramientas de la OIT cuenta con cinco (5) pasos o etapas que se deben seguir. Estos son:

Etapa 1: Encuentre la clasificación de peligro y hágalo coincidir con un grupo de riesgo.

Etapa 2: Establecer la cantidad de sustancia y usar esto para determinar el grado de utilización de la tabla suministrada por la OIT.

Etapa 3: Establecer la cantidad de la sustancia que se escapará al ambiente de trabajo. Esto se lograra a través de palabras según el estado físico de sólidos (por ejemplo: gránulos, polvos, polvos finos) o a través de la comparación de la temperatura de ebullición de los líquidos.

Etapa 4: Encuentra el enfoque de control mediante el uso de una guía de selección que ha sido preparado por la OIT.

Etapa 5: Buscar la hoja de control de tareas específicas como orientación (s) a partir de una tabla que vincula la descripción de la tarea y el control correspondiente.

Una vez que el enfoque de control apropiado se ha determinado, tiene que ser implementado y mantenido.

Las etapas se explican con más detalle a continuación.

Etapa 1: Encontrar la clasificación de peligro y hacerla coincidir con un grupo de riesgo.

Grupo de riesgo	Frases R	Clasificación de riesgos GHS
A	R36, R38, R65, R66 Todos los polvos y vapores no localizados en otros grupos	Toxicidad aguda (letalidad), cualquier ruta, clase 5 Irritación de la piel clase 2 o 3 Irritación ocular clase 2 Todos los polvos y vapores no localizados en otros grupos

B	R20/21/22, R40/20/21/22, R33, R67	Toxicidad aguda (letalidad), cualquier ruta, clase 4 Toxicidad aguda (sistémica), cualquier ruta, clase 2
C	R23/24/25, R34, R35, R37, R39/23/24/25, R41, R43, R48/20/21/22	Toxicidad aguda (letalidad), cualquier ruta, clase 3 Toxicidad aguda (sistémica), cualquier ruta, clase 1 Corrosividad, subclase 1A, 1B o 1C Irritación ocular clase 1 Irritación del sistema respiratorio (deben acordarse criterios GHS) Sensibilización de la piel Toxicidad por exposición repetida, cualquier ruta, clase 2
D	R48/23/24/25, R26/27/28, R39/26/27/28, R40 Carc. Cat. 3, R60, R61, R62, R63, R64	Toxicidad aguda (letalidad), cualquier ruta, clase 1 o 2 Carcinogenicidad clase 2 Toxicidad por exposición repetida, cualquier ruta, clase 1 Toxicidad reproductiva clase 1 o 2
E	R40 Muta. Cat. 3, R42, R45, R46, R49	Mutagenicidad clase 1 o 2 Carcinogenicidad clase 1 Sensibilización respiratoria
S	R21, R24, R27, R34, R35, R36, R38, R40/21, R39/24, R39/27, R41, R43, R66, Sk	Toxicidad aguda (letalidad), ruta dérmica solamente, clase 1, 2, 3 o 4 Toxicidad aguda (sistémica), ruta dérmica solamente, clase 1 o 2 Corrosividad, subclase 1A, 1B o 1C Irritación de la piel clase 2 Irritación ocular clase 1 o 2 Sensibilización de la piel Toxicidad por exposición repetida, ruta dérmica solamente, clase 1 o 2

Etapa 2: Establecer la cantidad de sustancia que se utilizará

Cantidad	**Sólido**		**Líquido**	
	Peso	**Normalmente recibido en**	**Volumen**	**Normalmente recibido en**
Baja	Gramos	Paquetes o botellas	Mililitros	Botellas
Mediana	Kilogramos	Barriles o tambores	Litros	Tambores
Alta	Toneladas	A granel	Metros cúbicos	A granel

Etapa 3: Polvos

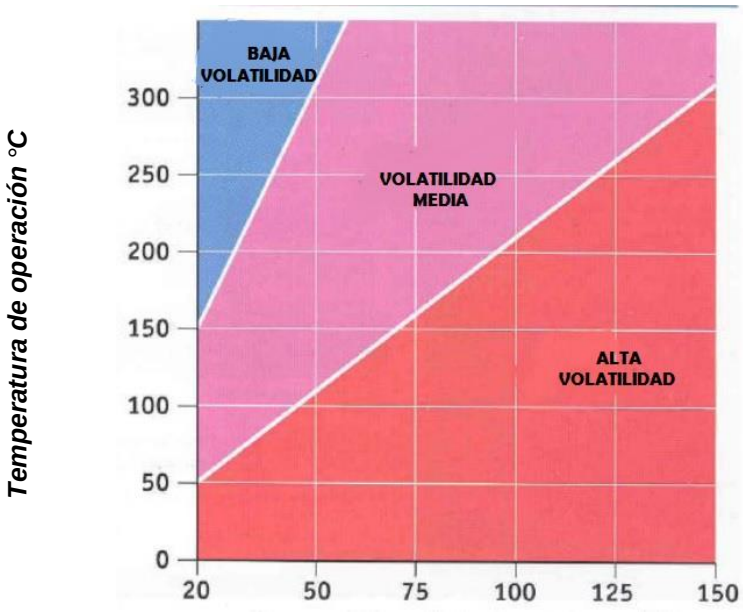
Estimar la cantidad de sustancia que pasara al ambiente, como polvos.

- **Baja**: Sólidos en forma de bolita o perdigón que se parten. Se observa poco polvo durante su utilización, tales como bolitas de PVC, escamas enceradas.
- **Media**: Sólidos cristalinos, granulares. Cuando se utilizan se observa polvo, pero éste se asienta rápidamente. El polvo queda sobre las superficies después de usarlo, tal como el jabón en polvo.
- **Alta:** polvos finos, livianos. Cuando se utiliza la sustancia se puede observar la formación de nubes de polvo que permanecen en el aire por varios minutos, como por ejemplo: cemento, negro de carbón, polvo de tiza.

Estimar la cantidad de sustancia que pasara al ambiente, como vapor, según volatilidad:

- **Alto:** Punto de ebullición menor a 50ºC.
- **Medio:** Punto de ebullición entre 50 y 150ºC.
- **Bajo:** Punto de ebullición mayor a 150ºC.

Gráfica para seleccionar la volatilidad de un líquido



(Fuente: Kit de herramientas de la OIT)

Etapa 4: Determinar el enfoque de control

Cantidad de uso	Bajo polvo o volatilidad	Mediana volatilidad	Mediano Polvo	Alto polvo o volatilidad
Grupo de Peligro A				
Baja	**1**	**1**	**1**	**1**
Media	**1**	**1**	**1**	**2**
Alta	**1**	**1**	**2**	**2**
Grupo de Peligro B				
Baja	**1**	**1**	**1**	**1**
Media	**1**	**2**	**2**	**2**
Alta	**1**	**2**	**3**	**3**
Grupo de Peligro C				
Baja	**1**	**2**	**1**	**2**
Media	**2**	**3**	**3**	**3**
Alta	**2**	**4**	**4**	**4**
Grupo de Peligro D				
Baja	**2**	**3**	**2**	**3**
Media	**3**	**4**	**4**	**4**
Alta	**3**	**4**	**4**	**4**
Grupo de Peligro E				
Para todas las sustancias de este grupo seleccione el abordaje de control 4				

Etapa 5: Encontrar instrucciones para el control específico.

Descripción de la tarea	Hoja de control de la tarea
Abordaje de control 1	
Principios generales	100
Almacenamiento de sacos, botellas y tambores	101
Almacenamiento a granel	102
Remoción de desperdicios de la unidad de filtración del aire	103

Abordaje de control 2	
Principios generales	200
Armario o banco de trabajo ventilado	201
Caseta o cabina ventilada	202
Remoción de desperdicios de la unidad de filtración del aire	203
Transferencia de cinta transportadora	204
Llenado de sacos	205
Vaciado de sacos	206
Cargar reactor o mezclador desde saco o barril	207
Vaciado de contenedores intermedios de granel	208
Llenado de tambores	209
Vaciado de tambor con una bomba	210
Pesado de sólidos	211
Mezclado de líquidos con líquidos o sólidos	212
Mezclado de sólidos	213
Cribado (tamizaje)	214
Revisado	215
Pintura de rocío (*spray*)	216
Baño de enchape	217
Baño de desengrasado a vapor	218
Horno de secado de bandejas	219
Poner en plataformas	220
Prensado de tabletas	221

Abordaje de control 3	
Principios generales	300
Caja de guantes	301
Remoción de desperdicios de una unidad de extracción	302
Transferencia de sólidos	303
Vaciado de sacos de alto rendimiento	304
Llenado de tambores	305
Vaciado de tambores	306
Vaciado y llenado de contenedores intermedios de granel	307

4. ENTENDIENDO LAS FUENTES DE CONTAMINANTES

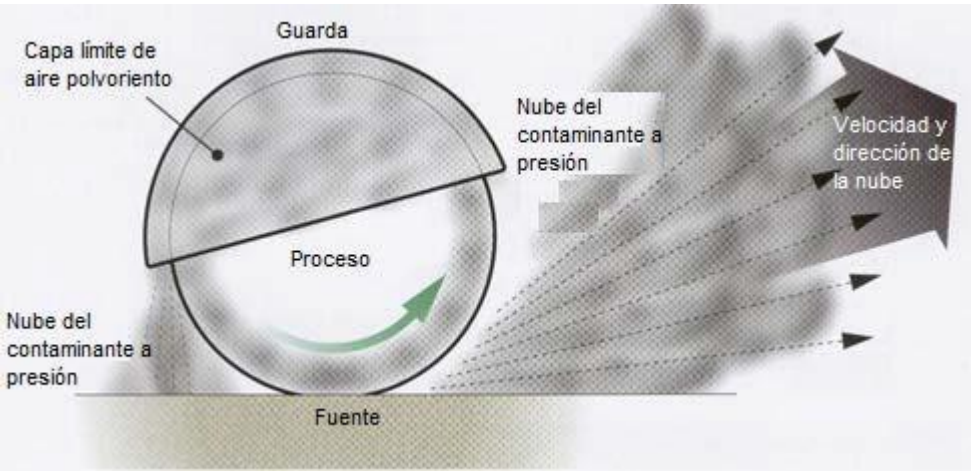
Antes de considerar medidas específicas de control es importante tener una buena comprensión de las fuentes de contaminantes.

En este sentido, es importante distinguir la diferencia entre los procesos y fuentes contaminantes. Estos pueden expresarse así:

Proceso - La forma como se generan los contaminantes en el aire. Por ejemplo, en los procesos de trabajo de la madera podría ser el corte, fresado, cepillado o lijado.

Fuente - El punto donde el contaminante es generado por un proceso.

Los conceptos se ilustran en la figura 4.1 que muestra el proceso, la fuente y las nubes de contaminantes derivados de una amoladora angular.



(Fuente: HSE -reproducida con permiso)

Figura 4.1

A medida que el contaminante se mueve lejos de su fuente, más disperso se vuelve y por lo tanto abarca mucho más espacio. Mientras la ventilación por dilución reduce la concentración de contaminantes dentro de la atmósfera, siempre es más eficaz controlar el contaminante cerca de su fuente, utilizando ventilación local exhaustiva.

Las razones son: * El volumen de contaminantes en la atmósfera es menor y por lo tanto más fácil de controlar. * Los operadores son menos propensos a ser expuestos.

No obstante lo anterior, es importante entender que un solo proceso puede crear varias fuentes de contaminantes en las diferentes etapas. Un ejemplo de esto se puede observar en la figura 4.1, donde tres nubes contaminantes están claramente definidas. Otras pueden surgir por l a suspensión de polvo acumulado en la atmósfera y el polvo depositado en la ropa de protección del operador.

No es exagerado afirmar que el control de las sustancias peligrosas requiere del examen de todas las fuentes de emisión de contaminantes dentro de un proceso.

El HSE (2008) ha preparado una lista de procesos y fuentes comunes que se reproduce en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 - Procesos y Fuentes Comunes

Proceso	Ejemplos	Mecanismo (s) y Descripción de la Fuente	Estado Físico	Controles Posibles
Herramientas y piezas giratorias	Lijadoras excéntricas. Cortadores de disco. Sierras y routers circulares. Tornos. Taladros. Ruedas abrasivas.	La rotación de movimiento crea un efecto ventilador. La fuente creada puede ser un chorro (por ejemplo: amoladora angular con guarda de seguridad) o una nube en forma de rosquilla (por ejemplo: lijadora de disco).	El polvo, la niebla.	• Recinto. • Eliminar el aire cargado de polvo que se mueve con el disco giratorio. • Montar una campana de recepción en la guarda de seguridad. • Utilice un Sistema de bajo volumen de extracción y alta velocidad). • Otros controles, por ejemplo: • Supresión de agua.

Proceso	Ejemplos	Mecanismo (s) y Descripción de la Fuente	Estado Físico	Controles Posibles
Procesos en caliente y frío	Hornos y fundición. soldadura. El uso de nitrógeno líquido.	Fuentes de agua caliente – desprendimiento de humos, enfriamiento de los aerosoles con el aire del espacio. Fuentes de aire frío	Gas, vapor, gas.	• Recepción de la corriente de aire caliente o fría con nube contaminante en una campana. • Otros controles, por ejemplo: • Control de temperatu-ras para reducir humos.
Caída libre, sólidos, líquidos y polvos	Caída de polvo o material sólido. Transferencia de polvos / sólidos.	La caída de material induce un flujo de aire hacia abajo. Si el material es un polvo, habrá algunas nubes de aire cargado de partículas finas en los bordes de la corrien-te. El aire arrastrado puede precipitar	Polvo, vapor.	• Reducir la distancia de caída. • Sellar espacios en bandas transportadoras. • Encerrar parcialmente puntos de transferen-cia.
Desplazamiento	Líquido, polvo y transferencia de sólido granular en un recipiente.	Los materiales desplazan su propio volumen de aire contaminado desde el recipiente. Caída de materiales desde una altura, el flujo de aire inducido desplazará aún más aire del recipiente.	Polvo, vapor.	• Cerramiento parcial. • Reducir la distancia de caída. • Minimizar el área abierta de los conte-nedores. • Colocar campanas de extracción en el recipiente. • Otros controles, por ejemplo: • Bombear líquidos a través de tuberías que se extienden a la parte inferior del recipiente. • Utilizar un sistema de recuperación de vapo-res.

Proceso	Ejemplos	Mecanismo (s) y Descripción de la Fuente	Estado Físico	Controles Posibles
Pulverización y voladura	Pintura a pistola. Chorreado abrasivo.	La presión del aire comprimido produce un chorro que induce el movimiento adicional de aire. La nube contaminante es en forma de cono. Una pistola de pintura puede emitir aire a más de 100 m / s, que se extiende a más de 12 m.	Niebla, vapor, polvo.	• Reducir la presión del aire, por ejemplo: Pistola HVLP (alto volumen baja presión). • Otros controles, por ejemplo, uso de: • Humectación, reemplazo de mineral abrasivo por sintético. Métodos electrostáticos para revestimiento de superficies.
Fracturamiento de sólidos	Aplastamiento de rocas. Trituración de hormigón.	La fractura frágil crea liberación "explosiva" de una nube de polvo. El movimiento de material puede crear un flujo de aire o ayudar al crecimiento de la nube de polvo.	Polvo.	• Filtro de lona completa o parcial. • Sistema push-pull o uso de campanas de captura. • Otros controles, por ejemplo: • Supresión de agua; • EPR como complemento.
Impacto y vibración	Caída de bolsas con polvo sobre una superficie. Vibración Maquinaria re-suspensión asentamiento de polvo.	El choque del impacto físico o vibración crea una nube de polvo. La ropa contaminada con polvo también puede crear una nube de polvo. El polvo acumulado puede volver a suspenderse en el aire.	Polvo.	• Cerramiento parcial. • Otros controles, por ejemplo: • Control de derrames • Sistema de limpieza a vacío. • Minimizar los impactos y vibraciones.
Compactación	Tratamiento de residuos de trituración.	La compactación crea una nube de polvo. El movimiento de material puede crear un flujo de aire.	Polvo.	• Cerramiento parcial.

Proceso	Ejemplos	Mecanismo (s) y Descripción de la Fuente	Estado Físico	Controles Posibles
Manejo	Clasificación.	Reciclaje de los residuos.	Polvo, niebla.	• Desplazamiento de aire local.
Laboreo	Molienda. Torneado.	Fluido de refrigeración en rotación o movimiento alternativo.	Nieblas	• Filtro de lona • Cerramiento parcial. • Otros controles, por ejemplo: • Trabajo en frío.
Abrasión	Lijado. Molienda. Pulido. Desbarbado.	La eliminación mecánica de las superficies crea polvo en el aire.	Polvo.	• Captura con campana extractor. • Cierre parcial, por ejemplo: • Sistemas LVHV. • Otros controles, por ejemplo: • Supresión de agua.
General	Polvo y partículas en suspensión.	Re-suspensión de polvo asentado - una nube de polvo se mueve en la dirección de cepillado.	Polvo.	• Reducir al mínimo las fugas de polvo. • Sistema de vacío. • Limpieza en húmedo.

(Fuente: HSE - reproducido con permiso)

Lo anterior no es de ninguna manera una lista absoluta pero sirve para proporcionar una guía para los procesos comunes. Lo que hay que entender es que para cada proceso existe la necesidad de investigar y evaluar la importancia de cada fuente contaminante antes de considerar que el control de las estrategias sean apropiadas.

Es importante reiterar que las exposiciones a las sustancias pueden ocurrir por vías distintas a las de inhalación. Todas las posibles vías de exposición deben ser consideradas y controladas en caso necesario.

La absorción por la piel es también una importante ruta de entrada. Aunque la piel es una barrera efectiva para muchos productos químicos, entre ellos un gran número de solventes industriales comunes, al entrar en contacto durante un

tiempo prolongado pueden pasar al torrente sanguíneo. Muchos productos químicos también tienen un efecto directo sobre la piel, causando irritación, quemaduras químicas o produciendo dermatitis. La velocidad de absorción depende entonces de la superficie cubierta y si la piel ha sido dañada o no. Lesiones en la piel aumenta la absorción.

El contacto con la piel puede tener su ocurrencia por:

- **Inmersión** de los dedos, manos, piernas y otras partes del cuerpo en los productos químicos
- **Contacto directo** de químicos con la piel (generalmente las manos) al manipular herramientas contaminadas, etc.
- Salpicaduras
- Deposición de polvos o nieblas en la piel

La ingestión es la ruta menos común de entrada al organismo de los peligros químicos en la industria. Muy pocas personas se tragan deliberadamente sustancias químicas en el trabajo. Sin embargo la ingestión accidental puede ocurrir a veces, por ejemplo, por comer, beber o fumar con las manos contaminadas.

La inyección o penetración en la piel también pueden ocurrir en algunas situaciones. Por ejemplo, “lesiones por pinchazos” (inyección accidental) pueden ocurrir cuando los médicos utilizan jeringas en el tratamiento de sus pacientes. También puede ser un riesgo para el personal de laboratorio que utiliza jeringas para inyectar sustancias en equipos analíticos. Otra fuente potencial de penetración de sustancias de forma forzada en la piel puede ser el uso indebido de aire comprimido para eliminar los contaminantes de ropa y / o de la piel, y el chorro de agua a alta presión sin EPP adecuado.

5 DISEÑO Y PRINCIPIOS DEL PROCESO

5.1 DISEÑO GENERAL DEL EQUIPO Y DEL LUGAR DE TRABAJO

El diseño general del equipo en cuanto a control de la exposición a contaminantes debe considerarse en la etapa de planeación. Es importante no sólo tener en cuenta el equipo que se utiliza, sino también como se encuentra en relación con las personas, otros equipos y procesos, aberturas y puertas y otras instalaciones.

La ubicación de cualquier proceso que puede emitir contaminantes peligrosos para la salud debe mantenerse separada de las salas de comida, oficinas, salas de primeros auxilios y otras áreas donde los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos.

Los procesos, idealmente, no deberían estar adyacentes a otros procesos que pueden afectar la exposición general de los trabajadores, por vecindad. Por ejemplo, en lo posible, dos soldadores no deberían colocarse uno al lado del otro, ya que uno de los soldadores estará expuesto a sus propios humos y gases, y también a los humos y gases del segundo soldador. La exposición a los contaminantes de los segundos soldadores en algunos casos puede ser aún peor, ya que puede ocurrir cuando dejan de utilizar sus propias caretas u otro equipo de protección durante los períodos en que no están soldando. La mayoría de humos de soldadura de la fuente se desplaza fuera de la careta de soldador, que actúa como control, y puede reducir su exposición.

El proceso contaminante debe mantenerse lejos de puertas, ventanas y zonas de paso para evitar corrientes de aire que afectan el desempeño de los sistemas de extracción. Si hay un proyecto alrededor de estos sistemas, puede causar cortocircuitos y el contaminante no será eliminado por el sistema de extracción, sino más bien será empujado más allá del espacio de trabajo, con el aire potencialmente limpio que se utiliza para la extracción.

Cuando se utilicen sistemas de ventilación es importante tener en cuenta en qué lugar se descargará la contaminación para asegurar que el contaminante no sea re-arrastrado al interior del edificio. Si esto ocurre, los cambios de aire no estarán siendo reemplazados por aire limpio, ya que este tiene algunos contaminantes en su interior.

También es importante tener en cuenta que el aire que se impulse a través de una operación no se introduzca a otro proceso de producción en las instalaciones, por ejemplo los gases contaminantes, producto de la combustión de vehículos en las zonas de parqueo pueden ingresar a oficinas administrativas.

La automatización de los procesos y el uso de la robótica pueden tener muchos beneficios. En general, hay un aumento en el rendimiento de la producción, la calidad del producto puede ser mejor y se presentan ciclos de tiempos reducidos. Habrá mayores beneficios al considerar la exposición a productos químicos si la prestación de los contaminantes que salen del proceso se controlan adecuadamente. Si un proceso está automatizado, la exposición a productos químicos en la fuente teóricamente será eliminada, con la excepción de los momentos de mantenimiento y de cualquier supervisión o verificación de la operación que pueda ser requerida. La exposición a la contaminación secundaria o por vecindad también tiene el potencial de ser insignificante al proporcionar controles adecuados en la fuente en el área de la automatización. El control más utilizado en este caso es probable que sea la ventilación, y en particular de tipo extractiva, de los cuales hay más explicación y detalles en la Sección 6.

Un ejemplo de la automatización, donde hay importantes beneficios a los trabajadores es la soldadura.

Las ventajas de la soldadura automatizada son numerosos en cuanto a calidad y cantidad, incluyendo:

- Reduce la necesidad de soldadores altamente cualificados,
- Ahorro en los costos de los consumibles, el tiempo y el control de calidad
- Se pueden utilizar niveles de corriente más alta permitiendo una mejor fusión

- La soldadura es continua desde el principio hasta el final de la costura.

Hay diferentes niveles de automatización, y, obviamente, no es aplicable a todas las operaciones de soldadura, en particular el mantenimiento, lo cual normalmente es donde se produce la mayor exposición.

Hay muchos beneficios para la salud al reducir la cantidad de soldadores que están expuestos. El aparato respiratorio es el principal lugar donde pueden ocurrir lesiones para los soldadores. La fiebre de los humos metálicos y la neumonitis son las enfermedades respiratorias agudas más comunes asociados con la soldadura como resultado de la exposición a corto plazo a altas concentraciones de humos y gases. Con menos frecuencia enfermedades respiratorias crónicas como el cáncer, la neumoconiosis y la bronquitis se han observado entre los trabajadores expuestos a ciertos humos de soldadura y gases. Además de las enfermedades respiratorias, los cánceres de riñón, y otros órganos del tracto urinario y la laringe se han descrito en algunos trabajadores.

El vaciado de bolsas pequeñas es también una operación que puede ser automatizado o semi automatizado, lo cual es particularmente útil y beneficioso para los productos que son muy polvorientos, y / o puedan contener altos niveles de sílice. En lugar de tener un trabajador cortando bolsas y una vez abiertas incorporar el producto a un recipiente, un sistema automatizado puede cortar y abrir la bolsa, con la extracción disponible para eliminar el polvo. El polvo en suspensión puede extraerse de la atmósfera a través de un paquete de filtros que se limpian automáticamente, eliminando el polvo en una tolva para la limpieza. A menudo, los trabajadores todavía tendrán que eliminar las bolsas, y esto debe ser hecho de una forma segura para reducir la exposición al polvo.

La limpieza y el mantenimiento de estos sistemas, al igual que los controles y el mantenimiento de cualquier proceso, debe ser evaluado y tratado de forma independiente al resto de los procesos. Es importante que el personal de mantenimiento y personal de limpieza sean conscientes de la importancia del control de la exposición.

5.2 PREVENCIÓN POR ELIMINACIÓN Y SUSTITUCIÓN

La prevención, ya sea por modificación, eliminación, sustitución de la fuente, es el método preferido cuando se trabaja con las exposiciones potenciales. Si ello ocurre durante la etapa de planeación, previo a la implementación de los procesos, es posible prevenir la exposición por completo.

La eliminación, cambiando un proceso o una sustancia completamente, es la siguiente mejor opción de control. Esta suele ser una decisión estratégica de negocios de alto costo que puede resultar en el cierre de un proceso completo. Es una decisión muy simple si el proceso puede ser cerrado sin efectos adversos para la empresa, los trabajadores o de la oferta, sin embargo, este método es poco frecuente.

La sustitución por una sustancia o proceso menos peligroso es la siguiente mejor opción, pero necesita cuidado para asegurar que el sustituto es en realidad menos riesgoso en la práctica. Hay una serie de casos en los se han encontrado sustitutos que resultan más peligrosos que el original. Como se discutió previamente, la fuente es el origen del contaminante y si el contaminante es controlado en el origen, hay menos probabilidad de que haya personas expuestas a concentraciones de contaminantes que son perjudiciales para la salud.

La sustitución puede ser un control simple y eficaz, sin embargo, es adecuado sólo si la sustancia química puede ser sustituida. No es fácil encontrar un sustituto que tenga las mismas características de la sustancia peligrosa ya que podría causar un efecto similar si no se conoce a ciencia cierta que el riesgo es menor.

Al introducir un producto químico sustituto, se debe tener cuidado que el producto químico peligroso no es sustituido por otro donde los riesgos aún no se conozcan completamente o que puedan producir diferentes otros riesgos durante su manipulación. El ejemplo de glutaraldehído indicado más adelante

ilustra algunos de los desafíos en el uso de sustitución como control. Casi inevitablemente, la sustitución de una sustancia peligrosa por otra requerirá de medidas de control adicionales para hacer frente a cualquier riesgo residual del sustituto.

Dos medidas resultan viables cuando se trata de utilizar la sustitución como medida de control en la Fuente:

- Eliminar el proceso u operación peligroso por uno menos peligroso, y
- Eliminar la sustancia peligrosa por una menos peligrosa.

Un ejemplo bien conocido es la sustitución de productos de asbestos por otros sustitutos sintéticos más seguros. El asbesto que provoca cáncer y también mesotelioma, se ha reemplazado con productos más seguros, como la lana de roca y lana de vidrio.

Otros ejemplos incluyen:

- Reemplazo de nafta de petróleo por tetracloruro de carbono para la limpieza en seco; el tetracloruro de carbono también tiene propiedades peligrosas y luego fue reemplazado por percloroetileno
- Muchos productos y procesos han sido liberados de la presencia del plomo como en pinturas y algunas operaciones de soldadura. El plomo puede causar efectos adversos a la salud, y los países más desarrollados han utilizado pintura libre de plomo durante décadas. Sin embargo, muchos productos son exportados desde China, incluyendo el 70-80% de los juguetes de los niños, y en agosto de 2007, había preocupación de la comunidad internacional, cuando se determinó que fueron pintadas con pintura con plomo. No hay que dar por sentado que las sustancias peligrosas comunes no se utilizan, sobre todo en los materiales o productos de los países con menores niveles de reglamentación en salud ocupacional.
- Los discos de Pulido elaborados en piedra arenisca contiene altas cantidades de sílice por lo que puede sustituirse por productos sintéticos y otros minerales como el óxido de aluminio.

- El propilen glicol puede reemplazarse por etilen glycol en los en los fluidos de refrigeración
- El amoníaco anhidro (100% de amoníaco en forma líquida) se ha utilizado como materia prima en el procesamiento de mineral de manganeso. El reemplazo de este por amoníaco acuoso (solución de hidróxido de amonio) ha traído beneficios de control de riesgo en casos de fugas.

Cuando se trata de sustituir productos químicos, hay que recordar que el comportamiento de los productos químicos volátiles (disolventes) es muy diferente a las de los productos químicos no volátiles (metal sólido, polvos). Tanto el disolvente químico como el producto no volátil podría tener una toxicidad similar, sin embargo, la presión de vapor de las sustancias químicas volátiles es suficiente para que se conviertan en un peligro pasivo en el lugar de trabajo, mientras que los productos químicos no volátiles pueden permanecer en espacios alejados de la zona respiratoria.

Un estudio de caso relacionado con glutaraldehído destaca estos puntos.
El glutaraldehído sustituye al formaldehído como desinfectante hospitalario. El formaldehído es altamente tóxico, irritante y es un producto químico carcinógeno. Sin embargo, poco después de la introducción de glutaraldehído, se reportaron efectos graves para la salud de su uso. El glutaraldehído se utiliza para una serie de aplicaciones, incluyendo como esterilizante frío en la industria del cuidado de la salud. Se utiliza para desinfectar el equipo que no puede ser esterilizada por calor, tales como instrumentos de diálisis, instrumentos quirúrgicos, botellas de succión, broncoscopios, endoscopios, e instrumentos de valoración del oído, la nariz, la garganta.

También se utiliza para los siguientes propósitos:

- Como fijador de tejidos en los laboratorios de histología y patología.
- Como un agente de endurecimiento en el desarrollo de rayos X.
- En las soluciones de embalsamamiento.
- En la preparación de los injertos y las bioprótesis.
- En diversas aplicaciones clínicas.

Charney (1991) ofrece un esbozo de las toxicidades de glutaraldehído y algunas posibles estrategias de control.

El producto químico se usa más a menudo en una forma diluida con soluciones que van desde 1% a 50% de glutaraldehído en agua. Los trabajadores pueden estar expuestos al glutaraldehído por inhalación o contacto con la piel. Efectos en la salud que pueden ocurrir como resultado de la exposición a glutaraldehído incluyen pero no se limitan a lo siguiente:

- A corto plazo efectos (agudos): El contacto con líquido y vapor de glutaraldehído puede irritar gravemente los ojos, y en concentraciones más altas erosión de la piel. Respirar glutaraldehído puede irritar la nariz, la garganta y las vías respiratorias, causando tos y respiración sibilante, náuseas, dolores de cabeza, somnolencia, sangrado nasal y mareos.
- Efectos a largo plazo (crónicos): El glutaraldehído es un sensibilizante. Esto significa que algunos trabajadores se volverán muy sensibles a glutaraldehído y tener reacciones fuertes si están expuestos a incluso pequeñas cantidades. Los trabajadores pueden sufrir ataques de asma repentinos con dificultad para respirar, sibilancias, tos y opresión en el pecho. La exposición prolongada puede causar una alergia en la piel y eczema crónico, la exposición a pequeñas cantidades produce picazón y erupciones cutáneas graves. Se ha implicado como una posible causa de asma ocupacional.

Los controles posibles incluyen:

Controlar la exposición al glutaraldehído a través de prácticas seguras de del trabajo, controles de ingeniería y equipo de protección individual (EPI):

- Asegúrese de que las habitaciones en la que el glutaraldehído se va a utilizar estén bien ventiladas mediante un caudal de aire lo suficientemente grande como para asegurar la dilución adecuada de vapor, con una tasa de intercambio de aire mínimo de 10 cambios de aire por hora.

  - Lo ideal es instalar sistemas de ventilación local exhaustiva, tales como las cabinas extractoras de laboratorio (velocidad de captura de al menos 0,5 ms1) para controlar el vapor.
  - Mantener las soluciones de glutaraldehído bajo una campana de vapores siempre que sea posible.
- Use glutaraldehído en la cantidad estrictamente necesaria para realizar el procedimiento de desinfección requerido.
- Almacene el glutaraldehído en recipientes cerrados en lugares bien ventilados. Coloque carteles para recordar al personal la obligación de reemplazar las bandejas después de usar el producto.
- Utilice estaciones compactas de diseño especial para facilitar la esterilización de equipos sensibles al calor, tales como endoscopios. Estas estaciones proporcionan un área cerrada para la esterilización de bandejas, y eliminan los vapores de glutaraldehído y otros desinfectantes.
- Utilice equipos de protección personal, incluyendo:
  - Guantes impermeables al glutaraldehído, tales como los elaborados en goma de butilo, nitrilo, y Viton®, materiales que han demostrado proporcionar una protección turno completo de glutaraldehído.
  - Para las exposiciones más cortas, se puede usar guantes elaborados en polietileno. No use guantes de neopreno y PVC, ya que no proporcionan una protección adecuada contra glutaraldehído y por el contrario puede absorberlo.
  - No use guantes de látex tipo quirúrgico para la protección de la piel contra glutaraldehído, excepto en situaciones donde sólo a corto plazo, se espera un contacto incidental.
  - Use bata de laboratorio, delantales, batas fabricados con materiales adecuados, como el polipropileno para proporcionar una protección adicional.
  - Llevar gafas a prueba de salpicaduras y / o caretas completas cuando se trabaja con glutaraldehído para proteger los ojos.
  - Todos los empleados que puedan estar expuestos a niveles por encima del valor límite umbral de techo (TLV®) de 0,05 ppm, deben utilizar

respiradores adecuados para vapor de glutaraldehído durante el trabajo de rutina o de emergencia.

- Limpie los derrames inmediatamente.
- No comer, beber ni fumar en cualquier área donde glutaraldehído se maneja o almacena.
- Use una aspiradora o un método húmedo para reducir el polvo durante la limpieza glutaraldehído puro. Haga barrido no seco.
- Utilice productos menos tóxicos si es factible y este disponible, u otros procesos de esterilización.
- Automatizar la transferencia de glutaraldehído puro o bombear glutaraldehído líquido desde los tambores u otros recipientes de almacenamiento a los recipientes y operaciones apropiadas, evitando la exposición a glutaraldehído manteniéndola en un proceso cerrado.
- Comunicar el peligro de garantizar que los riesgos de todos los productos químicos son evaluados y que esta información se transmite a los empleados por medio de un programa de comunicación de riesgos que incluye, etiquetado, fichas de datos de seguridad de los materiales, y la formación de los empleados.

Otras sustancias químicas alternativas al glutaraldehído están disponibles y han comenzado a ser utilizadas en gran medida. Mantienen las normas de control de infecciones y no causan un desgaste excesivo en los dispositivos médicos sensibles; sin embargo, hay informes de que algunos de ellos también pueden causar enfermedad profesional incluyendo asma ocupacional. OPA (orto-phthaladehyde) es una alternativa, sin embargo, parece que puede tener riesgos similares al glutaraldehído; sin embargo, el producto está más diluido que el glutaraldehído y parece que es menos volátil. Esto puede ofrecer algún tipo de protección a través de la reducción de los niveles de exposición. Sin embargo, el contacto a través de la piel o en los derrames podría llevar a altos niveles de exposición que pueden causar problemas de salud graves, como el asma. OPA tiene un fuerte efecto de manchas en la piel, lo que debería animar a la gente a tener cuidado al usarlo.

Si un producto no puede ser sustituido, entonces puede ser posible sustituir el proceso, es decir: reducir el riesgo en el proceso al cambiar la forma en que se hace.

- Reemplace el barrido en seco con una escoba por un método de un vacío apropiado o métodos húmedos para controlar el polvo y reducir el riesgo de inhalación. Los métodos húmedos implican pulverizar agua sobre superficies con polvo para mantener los niveles de polvo bajos; o mezcla de materiales con agua para evitar que el polvo se disperse. Un vacío apropiado significa utilizar filtro HEPA o algo similar, por lo general se aplica particularmente a materiales tóxicos como asbestos o el plomo
- Utilice motores eléctricos en lugar de motores diésel para reducir los gases y las partículas emitidas desde el tubo de escape
- Utilice pintura de aspersión sin aire, tanque de inmersión o rodillo de aplicación de pintura para reducir el riesgo de inhalación por rociado de pintura a pistola con aire comprimido.

La forma física de una sustancia puede ser alterada para reducir el riesgo de inhalación, es decir: los gránulos, lentejuelas, por su mayor tamaño frente a los polvos finos puede significar menos partículas en aire en capacidad de ser inhaladas.

Antes de hacer sustituciones hay una serie de factores que hay que considerar:

- Investigue y asegúrese de que un peligro no está siendo cambiado por otro, sobre todo que podría ser peor.
- Comprender todos los riesgos inherentes (salud, fuego, corrosividad, reactividad química, etc) del sustituto antes de realizar cambios.
- Evaluar y comparar los riesgos de los diferentes materiales
- Asegúrese de que el sustituto puede hacer el trabajo con mayor o igual eficacia que el producto original.
- Solicite información a los proveedores y otras empresas con procesos similares acerca de sustitutos más seguros.

- Considere todos los pros y los contras de todos los sustitutos. Determine si también se requieren cambios en el proceso de trabajo, el equipo, la ventilación, el EPP o su eliminación.
- Considere la necesidad de formación en todos los involucrados cuando se considere la necesidad de introducir un nuevo producto por sustitución.
- Aunque algunos sustitutos pueden aparecer más costosos en primera instancia tenga en cuenta que en realidad puede ahorrar dinero si son seguros de usar. Puede haber ahorros adicionales en la aplicación de controles como ventilación, controles de ingeniería y EPP.

Entender los principios básicos de la química relacionados con el sustituto. La volatilidad y relación con el agua de los productos químicos desempeña un papel importante en la determinación de su nivel de riesgo en la fase gaseosa.

Disolventes no volátiles, volátiles, acuosos, semiacuosos y orgánicos son cinco categorías de productos químicos que pueden reemplazar a otros productos químicos para convertirse en una alternativa menos peligrosa.

a) Químicos volátiles y no volátiles

Popendorf (2006) compara las sustancias químicas volátiles y sustancias químicas no volátiles y proporciona un resumen completo que ilustra la importancia de la naturaleza física de un peligro químico al considerar enfoques de control.

b) Materiales volátiles

Los productos químicos volátiles son los productos químicos que se evaporan rápidamente. Por lo tanto, las sustancias volátiles crean un riesgo de inhalación cuando un líquido se expone a la atmosfera. Los materiales volátiles incluyen gases licuados, líquidos incluyendo solventes, metales fundidos y mezclas acuosas con componentes volátiles. Los efectos en la salud de los materiales volátiles pueden variar. Las vías de entrada son en su mayoría por inhalación. Con sustancias, tales como disolventes volátiles, también puede

haber exposición de la piel o absorción a través de la piel. Sin embargo, debido a su volatilidad, la cantidad de tiempo que están en la piel puede ser limitada debido a la evaporación. Tampoco permanecen por mucho tiempo en una superficie contaminada a menos que sea absorbente.

La sustitución de un producto químico volátil con un producto químico volátil diferente puede ocurrir pero deberá ser tenida en cuenta la tasa de evaporación, la presión de vapor y la toxicidad de la nueva sustancia.

c) Materiales no volátiles

Los productos químicos no volátiles no se evaporan fácilmente e incluyen metales sólidos, polvos, pastas y líquidos de baja volatilidad. Generalmente los productos químicos no volátiles no pueden suspenderse en el aire a menos que una fuerza externa lo cause. Debido a esto hay un mayor riesgo de exposición de la piel e ingestión. Pueden permanecer en las superficies contaminadas de herramientas, edificios, o en cualquier otro lugar donde permanecen hasta que el área se limpie.

Por lo tanto si se da la sustitución de un producto químico volátil por un producto químico no volátil, es necesario que haya un entendimiento si la vía principal de exposición ha cambiado de inhalación, por ejemplo a dérmica.

Usando un químico no volátil menos tóxico es a menudo más beneficioso para la protección del trabajador.

d) Disolventes acuosos

Los disolventes orgánicos pueden ser reemplazados en muchos casos por disolventes acuosos es decir, el disolvente es agua. Los aditivos pueden ser añadidos al agua para que pueda limpiar y desengrasar, incluyendo tensoactivos, desfloculantes, álcalis y agentes secuestrantes, y éstos deben ser considerados individualmente por sus propias características en relación con efectos en la salud. La contaminación de las soluciones acuosas también debe tenerse en cuenta, sobre todo en relación a los productos peligrosos que han

sido limpiados en equipos donde se ha utilizado previamente el disolvente, y en particular el crecimiento de microorganismos.

Algunos equipos no toleran el agua, por lo tanto se requiere una comprensión completa del proceso y de los componentes involucrados antes de decidir un disolvente acuoso por un disolvente orgánico.

e) Los disolventes semiacuosos

Los disolventes semiacuosos también consisten en tensoactivos y agua, la diferencia principal entre química acuosa y semiacuosa es el tipo de tensoactivo. Los tensoactivos bajan la tensión superficial del agua, permitiendo que penetre espacios más pequeños, se mueven sobre el contaminante y, de hecho lo despega. Algunos de los tensoactivos se mezclarán con el agua, y otros no. Las propiedades individuales y sus incompatibilidades deben ser entendidas antes de seleccionar un solvente semiacuoso. Estos pueden ser una alternativa más barata que los disolventes acuosos.

f) Los disolventes orgánicos

Un disolvente orgánico es un líquido tal como metil etil cetona o tolueno utilizado para disolver pinturas, barnices, grasa, aceite u otros hidrocarburos. Los disolventes orgánicos en general pueden sustituir otro disolvente orgánico, pero rara vez se utiliza para sustituir soluciones acuosas o semiacuosoas. Por lo general son volátiles.

La toxicidad y la presión de vapor contribuyen al peligro intrínseco de una sustancia química volátil en forma de vapor, sin embargo, la toxicidad y volatilidad no están relacionadas entre sí. No es una suposición correcta de que un producto químico con un estándar de exposición superior es más seguro que uno con un nivel de exposición menor, ni tampoco es correcto que los productos químicos con una baja presión de vapor son los más seguros. Hay ecuaciones disponibles para evaluar la toxicidad y la presión de vapor al decidir qué producto químico es la mejor opción. Estas ecuaciones son detalladas y se requiere un conocimiento profundo de desarrollar en todo su potencial.

5.3 La legislación como medio para lograr el control

El REACH es un nuevo Reglamento de la Comunidad Europea sobre los productos químicos y su uso seguro (CE 1907/2006). Tiene que ver con el registro, la evaluación, la autorización y la restricción de sustancias químicas. (Esto difiere obviamente del termino REACH general para el control de los riesgos - Reconocimiento, Evaluación y Control de Riesgos). La nueva ley entró en vigor el 1 de junio de 2007 y sustituye a 40 leyes químicas diferentes con un sistema a escala comunitaria global.

El objetivo de REACH es mejorar la protección de la salud humana y el medio ambiente a través de la mejor y más temprana identificación de las propiedades intrínsecas de las sustancias químicas. Los beneficios del REACH vendrán poco a poco a medida que más sustancias se incorporen al REACH.

El Reglamento REACH da mayor responsabilidad a la industria para gestionar los riesgos de los productos químicos y para proporcionar información de seguridad sobre las sustancias y su uso seguro a través de la cadena de suministro.

Se requiere que los fabricantes e importadores suministren información sobre las propiedades de sus sustancias químicas, lo que permitirá su manipulación, y registro de la información en una base de datos central gestionada por la Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA) en Helsinki. Bases de datos públicas estarán disponibles para los consumidores y los profesionales para encontrar información sobre los peligros.

La introducción de REACH significa que no habrá aumento de la información disponible de los proveedores.

6. LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN

6.1 INTRODUCCIÓN

La ventilación industrial puede ser un medio eficaz para controlar la exposición del trabajador a sustancias peligrosas. Para que esto ocurra, los sistemas de ventilación deben estar bien diseñados y mantenidos. Desafortunadamente esta práctica no es común en la gran mayoría de los casos, en donde a los sistemas ya instalados se le incorporan modificaciones en detrimento de su rendimiento.

En contraste, aplicando un buen diseño y un mantenimiento correcto, es posible lograr un lugar de trabajo más saludable y por lo tanto una fuerza de trabajo más productiva. Antes de comenzar con el diseño de cualquier sistema de ventilación es esencial disponer de una evaluación completa del riesgo y el entendimiento de cuáles son las fuentes contaminantes, tal como se indicó en el capítulo 4. Esta sección tiene como objetivo introducir a los principios de ventilación, discutir los tipos específicos de los sistemas de ventilación y su aplicación en el lugar de trabajo.

6.2 TIPOS DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN

La ventilación es una sus formas que mayormente se ha empleado para controlar las emisiones a través de los tiempos, personas tan estudiosas del tema de la salud en el trabajo como el alemán Georgius Agricola en 1556 ya describe esta alternativa como un medio de control de la silicosis en las minas.

A pesar del desarrollo industrial, hoy en día se mantienen los mismos principios básicos que se han utilizado siempre, encontrando dos tipos genéricos de sistemas:

- Sistemas de suministro - Utilizado para suministrar aire limpio a un lugar de trabajo.
- Sistemas de extracción - Utilizado para eliminar las sustancias peligrosas que se generan en un proceso a fin de garantizar un lugar de trabajo saludable.

Cualquier sistema de ventilación completa debe tener en cuenta tanto el suministro como la extracción del aire, como condición para lograr el rendimiento deseado.

Los sistemas de suministro generalmente tienen dos propósitos, crear un ambiente confortable para el control de factores tales como la temperatura y la humedad; y / o para reemplazar el aire extra en un lugar de trabajo.

En muchos casos, los sistemas de ventilación se instalan en un lugar de trabajo para extraer los contaminantes, sin embargo es importante considerar que no siempre el sistema de suministro está disponible o es suficiente. En tales casos, el rendimiento del sistema de extracción primaria se degrada, lo que lleva a una posible sobre-exposición de los empleados en el lugar de trabajo.

Los sistemas de extracción son generalmente de dos tipos:

- Sistema de Ventilación General – Consiste en la eliminación de los contaminantes en un lugar de trabajo a través de la introducción de grandes cantidades de aire. Cuando este efecto es debido a la mezcla de grandes cantidades de aire no contaminado esto se llama ventilación por dilución permitiendo que la concentración de contaminantes en el lugar de trabajo se reduzca a niveles aceptables. En algunos casos muy especializados, la ventilación general se puede aplicar de una manera que crea un flujo de aire a través del espacio contaminado para desplazar el aire contaminado y reemplazarlo con aire no contaminado. Esto se conoce como ventilación por desplazamiento. Aunque siempre habrá un grado de mezcla de aire limpio y viciado, la medida es más eficaz con fuentes de contaminantes que se mueven en la parte superior de la edificación, tales como las emisiones de alta temperatura de los hornos.
- Sistemas de extracción local - Se utilizan para capturar un contaminante en o cerca de su fuente de generación, asegurando así que los niveles de concentración no alcancen niveles inaceptables en el lugar de trabajo. La terminología común para este tipo de sistemas es extracción local o LEV.

Existen otros tipos de sistemas de ventilación (Tabla 6.1), sin embargo su aplicación al control de sustancias peligrosas tiende a ser específica para ciertos tipos de proceso.

Tabla 6.1 - Tipos de sistemas de ventilación

Sistema	Función
General de Extracción	Para retirar y reemplazar el aire contaminado (también conocido como ventilación de dilución)
Local Exhaustiva	Para retirar los contaminantes en su origen
Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado (HVAC)	Para proporcionar mecánicamente aire fresco para el confort térmico y la salud (conocido como ventilación general en algunos países)
Natural	Para diluir o desplazar a los contaminantes en el aire mediante el uso de las diferencias del viento o la temperatura para inducir el flujo de aire
Suministro	Para sustituir el aire extraído de un sistema de ventilación

6.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE VENTILACIÓN

6.3.1 Definiciones

Al considerar los sistemas de ventilación hay una serie de definiciones básicas:

a) Densidad del aire

La densidad del aire se define como su masa por unidad de volumen y a temperatura y presión estándar (en la ventilación esto es normalmente 20 ° C y 10^5Pa) normalmente se toma como 1,2 kg m-3. Si existen condiciones no estándar, la densidad del aire puede calcularse a partir de la fórmula:

$$\rho_o = 1.2 \text{ x } \frac{b_o}{b_s} \text{ x } \frac{T_s}{T_o}$$

Donde p_o= Densidad del aire en condiciones no estándar (Kg m-3)

b_o= Presión barométrica en condiciones no estándar (Pa)

b_s= Presión barométrica en condiciones estándar (105Pa (760 mm Hg))

T_o= Temperatura absoluta en condiciones no estándar (° K)

T_s= Temperatura absoluta en condiciones estándar (293 ° K)

b) Presión

Para que el aire fluya debe haber una diferencia de presión y este será desde una presión superior a una presión más baja.

En ventilación la presión se considera se divide como: presión estática (Ps) y presión de velocidad (Pv); siendo la suma de las dos la presión total (Pt). Por lo tanto:

$$P_t = P_S + P_V$$

La presión estática se define como la presión ejercida en todas las direcciones por un fluido en estado estacionario. Si el fluido está en movimiento (como es el caso en un sistema de ventilación), la presión estática se mide a 90 ° a la dirección del flujo a fin de eliminar la influencia del movimiento (es decir: la velocidad). La presión estática puede ser tanto positivo como negativo, según si se mide en la descarga o aspiración de un ventilador.

La presión de velocidad se define como la presión requerida para acelerar el aire desde la velocidad cero hasta cierta velocidad y es proporcional a la energía cinética de la corriente de aire. En términos simples, la presión de velocidad es la energía cinética generada en un sistema de ventilación como resultado del movimiento de aire. Esto puede ser expresado como:

$$P_v = \rho \frac{v^2}{2}$$

Donde p =Densidad del aire (Kg m3)

v = velocidad del aire (ms-1)

P_v= Presión de velocidad (es decir, Pa Nm-2)

Bajo condiciones de temperatura y presión estándar, es decir:

= 1.2 kg m-3

Entonces $P_v = 0.6v^2$

La relación entre Pv, Ps y Pt puede ser mostrada esquemáticamente como en la figura 6.1.

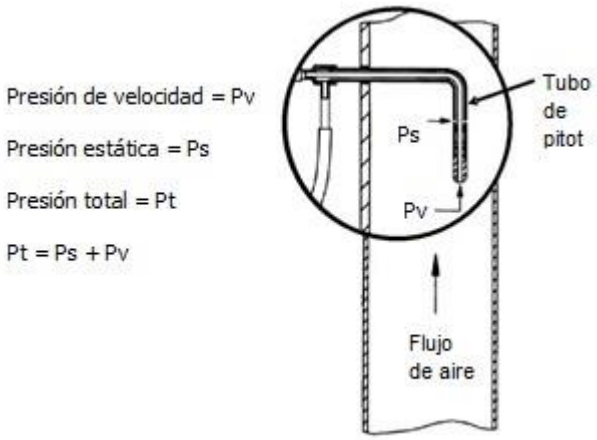


Figura 6.1 - Relaciones entre presión de velocidad, estática y total

c) Volumen y masa

Cuando una cantidad de aire se está moviendo dentro de un sistema de ventilación la velocidad de flujo volumétrico es el producto de la velocidad del aire por el área de la sección transversal del sistema a través del cual está fluyendo.

Por lo tanto

Q = VA

Donde V =velocidad media del aire sobre la sección transversal del sistema (ms-1)

A = Área de sección transversal del sistema en el que se hizo la medición de la velocidad (m^2)

Q = caudal de aire (m3s-1)

d) Velocidad de captura , en la cara y de transporte

Velocidad de captura - es la velocidad del aire requerido en la fuente de emisión con el fin de hacer que el contaminante se mueva hacia el dispositivo de captura y por lo tanto sea eliminado. Algunas velocidades típicas de captura se proporcionan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2 - Velocidades típicas de captura

Condiciones de Dispersión de Contaminantes	Ejemplos	Velocidad de captura (ms-1)
Liberados en aire quieto sin velocidad	Evaporación de los disolventes de tanques desengrasantes, inmersión pintura / secado, etc.	0,3 a 0,5
Lanzamiento a baja velocidad en forma moderada al aire en calma	Transferencia de Soldadura, gotas de líquido	0,5 a 1,0
Condiciones de Dispersión de Contaminantes	Ejemplos	Captura de velocidad (ms-1)
Lanzamiento a velocidad moderada en el aire en movimiento	Trituración, Rociado	1,0 a 2,5
Lanzamiento a alta velocidad en corriente de aire muy turbulento	Cortado, desbastado chorro abrasivo	2,5 a 10

(Fuente: HSE - reproducido con permiso)

Velocidad en la cara - es la velocidad del aire en la apertura de un recinto o campana. Del mismo modo, la velocidad de ranura es la velocidad del aire en la abertura de la ranura.

Velocidad de Transporte - es la velocidad del aire mínima requerida en cualquier punto del sistema de ventilación para asegurar que se recogen las partículas que permanecen en el aire y por lo tanto no se depositen dentro en alguna parte del sistema, excepto el colector o filtro de captación. En términos simples, cuanto menor es la densidad y el tamaño de las partículas menor será la velocidad de

transporte. Las velocidades de transporte recomendadas se proporcionan en la Tabla 6.3

Tabla 6.3 – Velocidades de transporte

Tipo de Contaminante	**Velocidad de transporte (ms-1)**
Gases (sin condensación)	No hay límite mínimo
Vapores, humo y vapores	10
Polvos de densidad liviana y media (por ejemplo: aserrín, polvo de plástico)	15
Polvos comunes industriales (por ejemplo: polvo de amolado, sílice, virutas de madera)	20
Polvos pesados (por ejemplo: plomo, virutas de metales, polvos que son húmedas o tienden a aglomerarse)	25

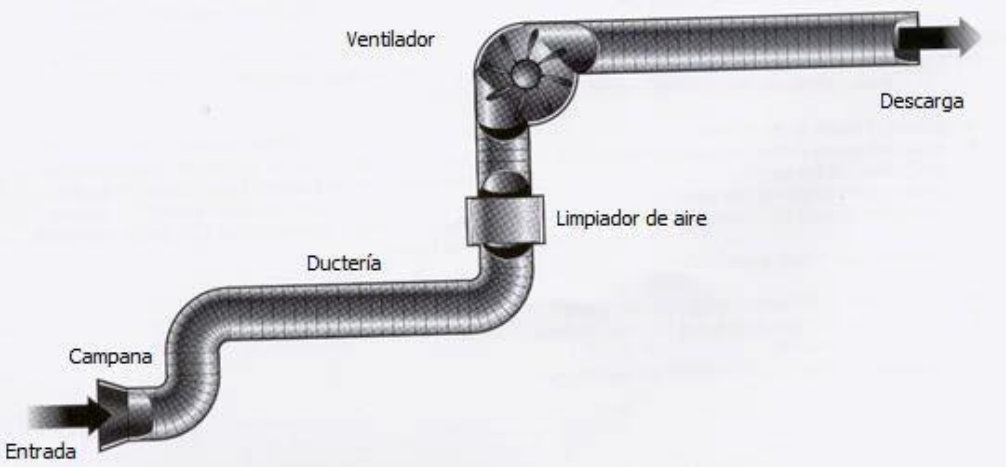
(Fuente: HSE - reproducido con permiso)

6.3.2 Componentes del sistema

Los componentes básicos de un sistema de ventilación dependen de qué tipo de sistema se estè empleando. Para un sistema de extracción local, se incluye una serie de componentes descritos a continuación, mientras que la ventilación general puede ser algo tan simple como una serie de aberturas en un edificio para permitir el movimiento de aire por convección térmica. Un sistema de extracción local incluye una campana para contener o capturar el contaminante, un dispositivo para mover el aire - ventilador o impulsor, un sistema de conductos para transportar el aire recogido desde la campana a un punto de descarga a la atmosfera y un medio para descargar el aire – como un tubo de ventilación o chimenea. Para los contaminantes peligrosos se requiere algún tipo

de elemento para la limpieza del aire (depurador) el cual deberá ser colocado antes del ventilador. Independientemente de si el aire extraído se ha limpiado o no, debe ser descargado a la atmósfera de tal manera que no vuelva a entrar en el edificio (o cualquier edificios adyacentes) hasta que las concentraciones de los contaminantes se hayan diluido a niveles aceptables para cumplir las normas ambientales y para evitar que el aire que se vuelve a introducir en los lugares de trabajo este contaminado. Los mejores métodos de descarga de aire a través de chimeneas implican soltar el aire a la atmósfera a velocidades tan altas como sea posible.

Los componentes básicos de un sistema de LEV se muestran en la Figura 6.2.



(Fuente: HSE – *reproducido con permiso*)

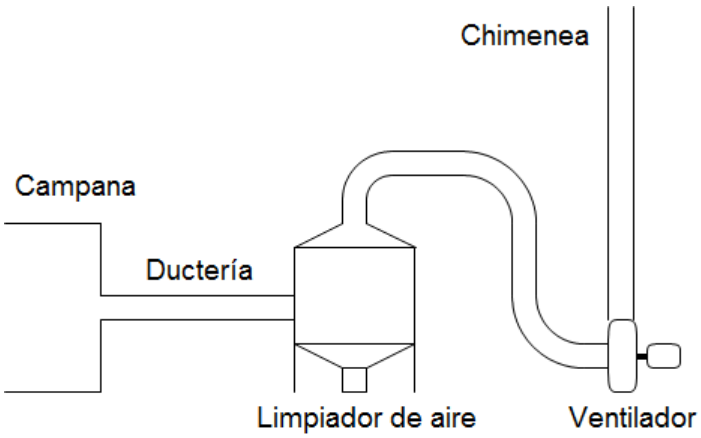
Figura 6.2 - Componentes Básicos de un Sistema LEV

6.4 Sistemas de ventilación local (LEV)

6.4.1 Introducción

Ventilación local es el nombre dado a un sistema diseñado con el propósito de eliminar una sustancia peligrosa en el aire cerca de su fuente o punto de origen. El sistema LEV básico se compone de una o más campanas (entrada en el sistema), conductos, filtro de aire, ventilador (motor de aire) y un punto de

descarga. Un diagrama esquemático de un sistema típico se proporciona en la Figura 6.3.



(Fuente: Diamond Environmental Ltd – reproducido con permiso)

Figura 6.3 - Sistema LEV Típico

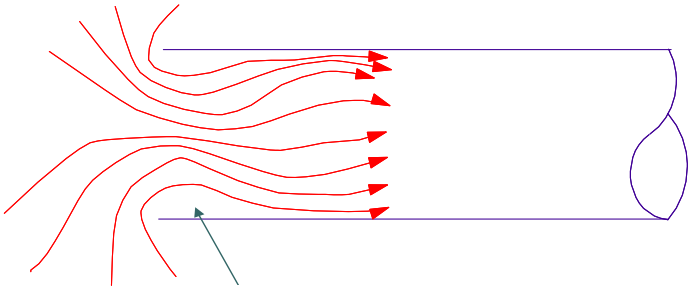
El LEV se elige a menudo como el método de controlar las sustancias peligrosas transportadas por el aire debido al hecho de que el contaminante puede ser eliminado de la atmósfera antes de que los trabajadores estén expuestos. Si bien esto es lo ideal en la teoría, desafortunadamente en la práctica rara vez se cuenta con un buen diseño LEV en los lugares de trabajo, ya que no se presta suficiente atención a los requisitos para la toma eficiente de los contaminantes. Una publicación del HSE del Reino Unido, titulada “Controlando contaminantes atmosféricos en el trabajo - Una guía para ventilación por extracción local (HSE 2008)” ha reconocido este fracaso y proporciona una excelente orientación.

6.4.2 Diseño de Campanas

Uno de los componentes más importantes de cualquier sistema LEV es la campana y la eficacia del sistema se puede definir en términos de cómo se captura la nube contaminante, por la campana. Antes de diseñar un sistema LEV

es importante tener una buena comprensión del potencial de exposición y las consecuencias de esta en la salud de manera que el grado de protección requerido pueda estimarse. Sólo, una vez se entiendan completamente los riesgos y las fuentes de emisión del contaminante, puede ser diseñado un sistema LEV para captar o recibir el contaminante.

Cuando el aire entra en una campana de extracción las líneas de corriente de flujo de aire tienden a “amontonarse” en la primera sección (a la entrada). Esto continúa una vez que el aire se encuentra en el interior de la campana formando una "vena contracta", agrupada hacia el centro. En esta región, el aire en los bordes de la campana no se mueve produciendo la separación del flujo. Esta separación del flujo conduce a la formación de remolinos, lo que puede conducir al escape del contaminante desde el interior de la campana hacia los bordes.



(Fuente: Diamond Environmental Ltd – reproducida con permiso)

Figura 6.4 - Patrón de Flujo de Aire en una Campana de Extracción

Otros factores que pueden interferir con el flujo de aire dentro de la campana, que hace que los contaminantes escapen tiene que ver con la presencia del operador u otras obstrucciones en frente de la campana así como de corrientes de aire externas.

Para garantizar un control eficaz de los contaminantes, hay una serie de reglas básicas que deben seguirse en el diseño de una campana de aspiración local:

- Encerrar la fuente de los contaminantes en la medida de lo posible. De esta forma pueden ser totalmente retenidos, evitando su dispersión, reduciendo la cantidad de aire requerido (y, por lo tanto, la energía) necesaria para impulsar el contaminante.

- Identificar la forma como se mueve el contaminante y colocar la campana de acuerdo con la dirección de este movimiento.

- Colocar la campana lo más cerca posible de la fuente de los contaminantes de forma que sean capturados antes de que se dispersen

- Asegúrese de que la velocidad del aire adecuada se logra cuando los contaminantes ingresan a la campana. La velocidad requerida dependerá tanto de la naturaleza del contaminante como del proceso.

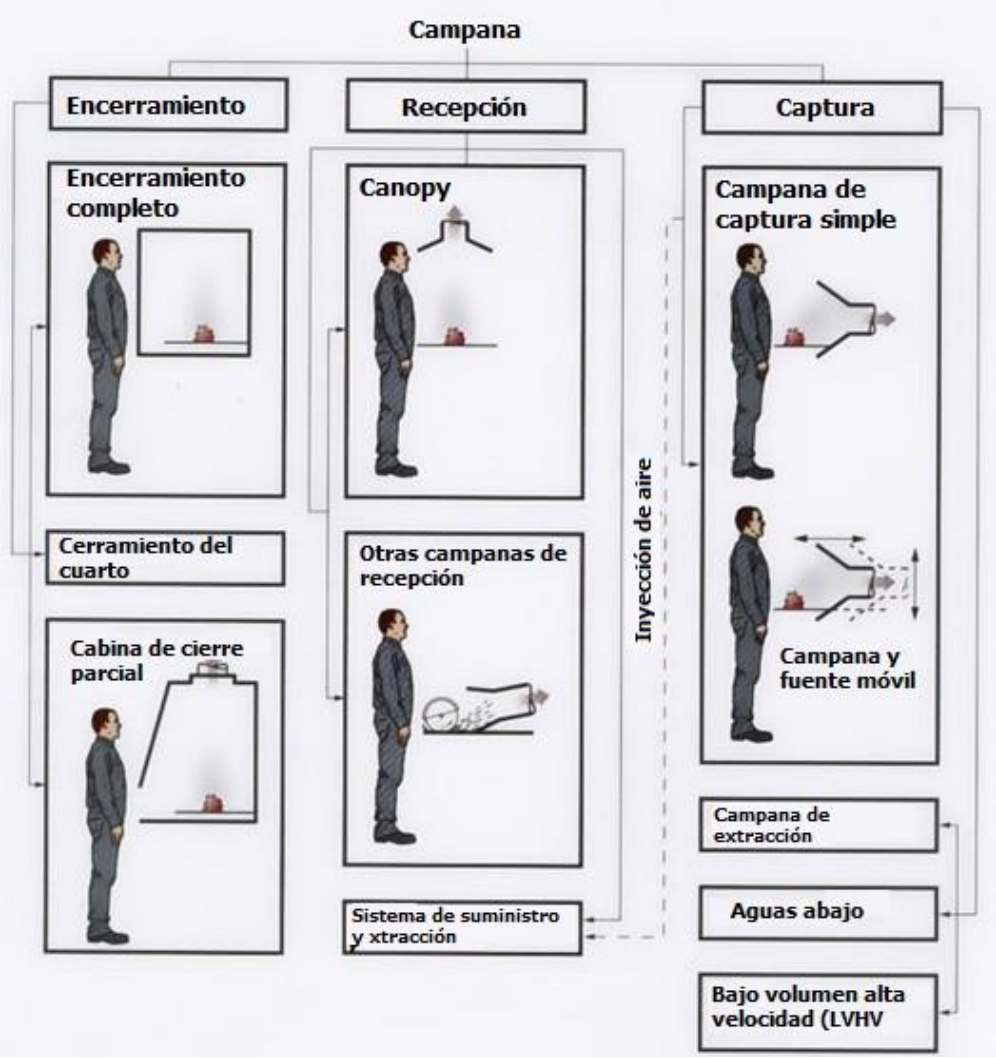
- Reducir al mínimo las turbulencias y remolinos

- Aplicar los principios ergonómicos para garantizar que el sistema sea fácil de usar y que el riesgo de lesión músculo-esquelética se minimiza

Las campanas pueden tener muchas formas y tamaños, sin embargo, se pueden agrupar en tres categorías básicas:

- Campanas que encierran
- Campanas que captura
- Campanas que reciben

Estos tipos de campanas son ilustradas por el HSE (2008) y reproducidas en la Figura 6.5. Cabe señalar que la ubicación del trabajador en estos diagramas generaría turbulencia significativa. La orientación correcta se muestra en la Figura 6.7.



(Fuente: HSE – reproducido con permiso)

Figura 6.5 - Categorías de Diseño de Campanas

a) Campanas que encierran al contaminante

Este tipo de campanas están diseñadas para rodear, en gran medida, el proceso o tarea que requiere ventilación, siendo las formas más comunes las cabinas y vitrinas de vapores. El objetivo de una cabina es mantener una presión negativa dentro de la misma de modo que cualquier liberación repentina de contaminante no escape al medio ambiente circundante.

El HSE (2008) proporcionan una excelente discusión sobre los principios de diseño para cerramiento y esta literatura o similares debe ser consultada antes de seleccionar un recinto para una tarea específica.

Los cerramientos totales proporcionan el mayor grado de protección de los trabajadores, ya que aíslan al trabajador del sitio donde se genera la contaminación minimizando la cantidad de aire requerido con el consecuente ahorro de energía.

Ejemplos de envolturas totales incluyen:

- Guanteras
- Planta de producción de químicos de ciclo cerrado

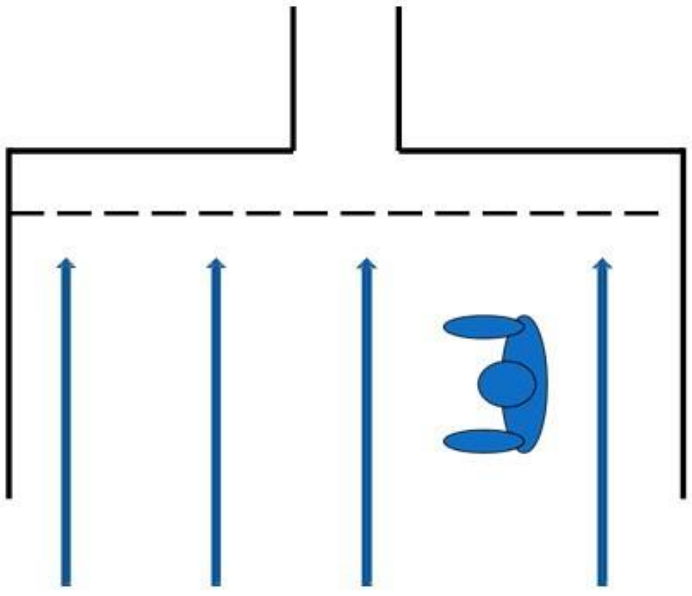
(Fuente: Diamond Environmental Ltd – reproducido con permiso)

Figura 6.6 – Cerramiento Total de un Proceso de Limpieza con Abrasivos

Entre los cerramientos totales más conocidos están el de cabina de chorro abrasivo, y pintura en spray. En estos dispositivos, el operador y el proceso están totalmente aislados aunque en la mayoría de los casos se recomienda el uso de los equipos de protección respiratoria, como un respirador con suministro de aire.

Cerramientos parciales son medios que permiten accesibilidad con un nivel razonable de contención. La campana debe estar diseñada de manera que encierre el contaminante tanto como sea posible. La abertura de la campana (s) debe hacerse tan pequeña para minimizar la cantidad de aire extraído y mantener una velocidad frontal lo suficientemente alta para asegurar que el contaminante no puede escapar.

Hay casos en los cuales las cabinas son tan grandes que el trabajador puede permanecer dentro de estas con el cuidado de evitar la exposición a los contaminantes. Si el trabajador se encuentra frente a la extracción, de espaldas a la corriente, el flujo de aire se obstruye conduciendo a la formación de remolinos. El peor caso será su posición frente a la entrada ya que puede dar lugar a una elevada exposición al contaminante que será atraído hacia su zona de respiración. La mejor posición para adoptar con estas grandes cabinas es en ángulo recto con el flujo de aire, aunque algunos contaminantes todavía pueden extraerse a través de su zona de respiración si hay turbulencia significativa.



(Fuente: Diamond Environmental Ltd – reproducido con permiso)

Figura 6.7 –El personal trabajando dentro de un cerramiento parcial debe estar en ángulo recto con el flujo de aire

En algunas industrias, como en la fabricación de productos farmacéuticos, existen cabinas de flujo laminar con diseño especial para tareas como el pesado de los polvos. Una vez que el trabajador se encuentra dentro de la cabina con el proceso, se generan corrientes de aire predecibles. El trabajador se sitúa en ángulo recto con el flujo de manera que los contaminantes sean arrastrados por la corriente de aire y se elimine sin pasar a través de la zona de respiración. Hay dos tipos principales de diseño: De flujo horizontal y de flujo hacia abajo o vertical.

Se requiere un buen diseño de estas cabinas para garantizar buenas condiciones de flujo laminar para lograr que los contaminantes no se muevan a través de la zona de respiración. Procedimientos adecuados de funcionamiento se deben seguir para que el trabajador se encuentre en la posición correcta es decir, al lado del flujo de aire.

Pueden diseñarse cerramientos parciales más pequeños, para que el operador este fuera del recinto y así, se elimina en cierta medida la fuente contaminante. Barreras transparentes (pantallas) se pueden colocar entre el operador y el contaminante como suele ser el caso con vitrinas de vapores.

La principal limitación técnica de los cerramientos parciales es que el aire contaminado puede escapar de la cabina. Esto puede ocurrir porque a medida que el aire entra en la campana, se crean remolinos que pueden conducir el aire contaminado hacia afuera de la cabina.

Un buen diseño a la entrada (para reducir al mínimo los remolinos, turbulencias y por lo tanto el flujo de aire a través de la cara de la cabina), puede reducir al mínimo las fugas. Existen consideraciones de diseño fundamentales que se deben tener en cuenta:

- Utilice deflectores o filtros para crear una cámara para igualar el flujo en el
- interior del recinto.
- Diseñe la entrada de la campana procurando un ingreso suave del aire, sin turbulencias, por ejemplo de forma cónica, para reducir las pérdidas de entrada.

- Asegúrese de que la cabina sea lo suficientemente profunda como para permitir que la fuente contaminante se encuentre lo suficientemente lejos de la zona de respiración del trabajador (la profundidad debe ser de al menos el 75% de la mayor dimensión de la cara).
- Reducir al mínimo el tamaño de la abertura de la cara - utilizar paneles transparentes delante de la cara y la zona de respiración del trabajador (Figura 6.8)

Como regla general, la velocidad de la cara de la campana nunca debe ser inferior a 0,5 ms-1 y los niveles deben mantenerse a más de 1 ms-1 para los contaminantes más tóxicos o partículas generadas con alto impulso en el proceso. Estas son generalizaciones y cada contaminante debe ser evaluado por sus méritos relativos.

Tabla 6.4 – Velocidades nominales sugeridas para cabinas de cerramiento parcial

Condiciones Fuente	Velocidad Cara (m / s)
Gases y vapores	0,5 a 1,0
Polvos	1,0 a 2,5

(Fuente: Diamond Environmental Ltd – reproducida con permiso)

Figura 6.8 - Una pequeña cabina equipada con un panel de cristal

b) Campanas que capturan al contaminante

En este caso el contaminante se genera fuera de la campana. La velocidad requerida tiene que ser suficiente para capturar el contaminante y superar el movimiento de aire alrededor de la entrada o cara de la campana.

La velocidad requerida para lograr este fin se conoce comúnmente como velocidad de captura. La velocidad de captura requerida en una situación particular dependerá de cómo se genera el contaminante, si tiene un movimiento uniforme o turbulento y su densidad.

Las campanas de captura son ampliamente utilizadas debido a que son relativamente fáciles de adaptar, no interfieren con el proceso tanto como otros sistemas y están comercialmente disponibles.

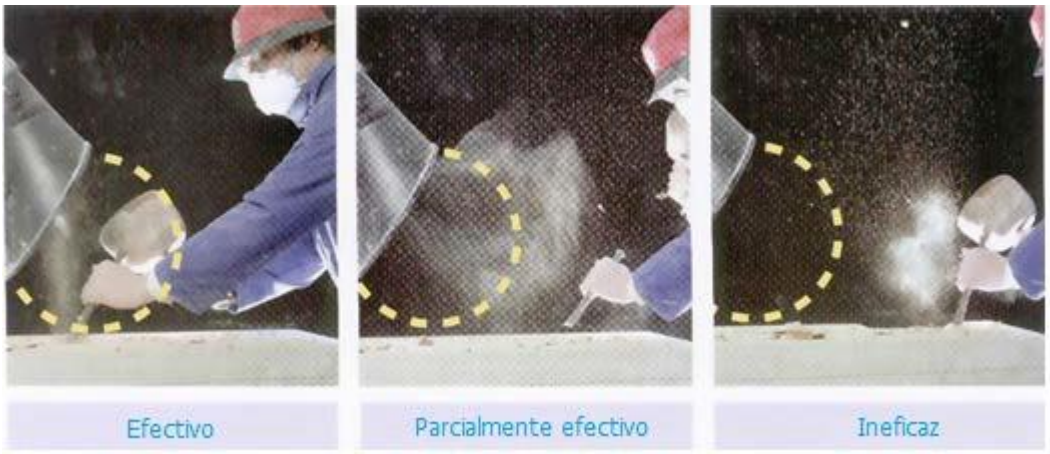
(Fuente: Diamond Environmental Ltd – reproducida con permiso)

Figura 6.9- Una campana de captura típica

Teniendo en cuenta que el aire no se desplaza en una sola dirección, la velocidad disminuye rápidamente con la distancia desde la cara de la campana. De hecho con una campana de captura redonda, la velocidad a una distancia de un diámetro del conducto en la parte delantera será menor del 10% de la alcanzada en la cara (es decir: el punto de entrada en la campana). En consecuencia, tienen una zona limitada de influencia donde la "captura eficaz" de los contaminantes se puede lograr.

La extensión de esta zona debe establecerse correctamente para asegurar que la campana se coloca correctamente en relación con la fuente de contaminación.

La relación entre la zona de captura de la campana, la zona de trabajo y zona de respiración del operador son fundamentales para garantizar que la exposición de los empleados este controlada. Esto se demuestra en la Figura 6.10.



(Fuente: HSE – reproducida con permiso)

Figura 6.10 –Zonas de captura, trabajo y de respiración

Por desgracia, las campanas de captura son a menudo mucho menos eficaces de lo previsto debido a los siguientes aspectos:

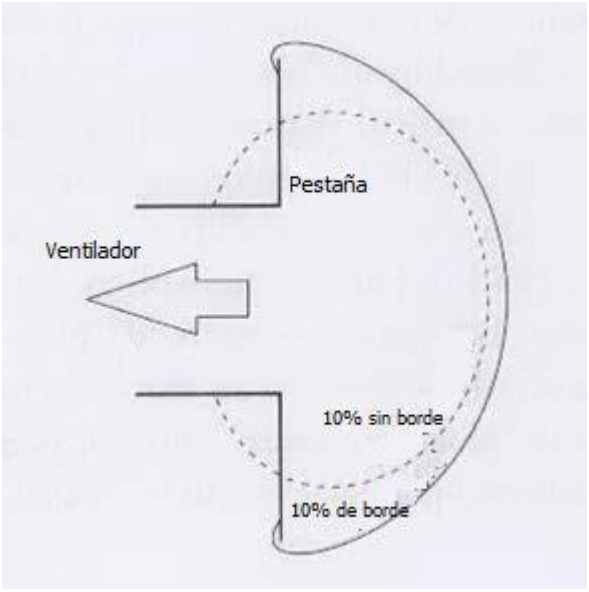
- La mala comprensión de la fuente o el movimiento del contaminante.
- Zona de captura demasiado pequeña.
- Zona de captura interrumpida por corrientes de aire.
- Zona de captura que no incluye la zona de trabajo.

- El proceso se mueve en la zona de trabajo fuera de la zona de captura.
- Cálculo incorrecto de la zona de captura.
- Movimiento de la fuente.

La zona de captura puede reducirse y ampliarse en función de las condiciones (por ejemplo, como corrientes de aire), y casi siempre es menor de lo que el usuario espera.

Si bien estos aspectos se pueden corregir, en muchos casos, es más sencillo elegir una opción de diseño alternativo, por ejemplo: un recinto parcial.

La eficacia de una campana exterior se puede mejorar, aunque por un factor pequeño, colocando pestañas alrededor de la campana (rebordeado) lo cual aumenta el grado de cerramiento de la fuente contaminante. Esto minimiza la cantidad de aire "limpio" que ingresa en el sistema, reduciendo así el flujo volumétrico requerido para lograr el control sobre el contaminante. La figura 6.11 demuestra cómo una brida o pestaña puede reducir la cantidad de aire localizado detrás de la campana para ser obligado a ingresar en el sistema y por lo tanto ampliar la gama del área de la campana para capturar el aire contaminado, aunque en un grado limitado.



(Fuente: AIOH 2007 – reproducida con permiso)

Figura 6.11 - Eficacia de una campana con brida o pestaña

Las bridas también favorecen la existencia de un flujo de aire suave y reducen el grado de separación de flujo, que a su vez minimiza el grado de turbulencia y maximiza la eficiencia de la campana.

Las **ranuras** son campanas donde la relación de aspecto de anchura-longitud es menor que 0,2. Las ranuras se utilizan a menudo donde se requiere accesibilidad o donde se requiere que los materiales de proceso sean incorporados permanentemente al Sistema de ventilación. Estas ranuras son comúnmente utilizadas en los tanques de desengrase, limpieza de baños y galvanización, a fin de eliminar los vapores contaminantes liberados de la solución madre. En tanques más pequeños, una ranura es usualmente suficiente, posicionado a lo largo del borde más largo del tanque. Con tanques más grandes, son obligatorias dos ranuras, en los lados opuestos. Sin embargo a medida que trabajan una contra la otra, habrá una zona "muerta" en el centro del tanque, que no será cubierta.

Gardiner y Harrington (2005) indican que es difícil extraer el aire en una ranura a una distancia de más de 0,75 metros y la distribución de movimiento del aire a lo largo de la longitud de la ranura necesita ser analizada. Por ejemplo, si la conexión del conducto a la ranura se coloca en un extremo, muy poco aire se introduce en la ranura en el extremo opuesto, creando así un desequilibrio. Esto se puede superar, hasta cierto punto por la inserción de más divisores de aire, sin embargo, debe tenerse precaución en la colocación adecuada del conducto en la ranura en la etapa de diseño para minimizar este problema.

(Fuente: Diamond Environmental Ltd – *reproducida con permiso*)

Figura 6.12 - Tanque de revestimiento con ranura de extracción a lo largo de un borde

Para mejorar la eficiencia del sistema en algunos casos puede ser necesaria la inclusión de una ranura de alimentación en el lado opuesto del tanque. Esto se conoce como sistema “push – pull” (empuje -extracción)

Hay una serie de problemas relacionados con los sistemas de ventilación push-pull:

- Altas velocidades de aire sobre la superficie de un líquido en un tanque se traducirá en un aumento de la evaporación
- Cualquier interrupción del chorro de aire (lado de empuje del sistema) se traducirá en un aumento de la concentración en la zona y en consecuencia en la exposición del trabajador.

Sistemas de Bajo Volumen Alta Velocidad (LVHV) es un tipo especial de campanas de captura a veces utilizado en herramientas de mano, donde los tipos más comunes de campanas de extracción son impracticables. El contaminante es capturado cerca de su fuente utilizando una alta velocidad (de 50 a 100 ms-1) a través de una pequeña abertura. La zona de la campana pequeña significa que muy bajos volúmenes de aire se pueden utilizar para lograr el control eficaz. Los sistemas LVHV también se han utilizado con éxito en los soldadores, tornos y lijadoras de banda. Aunque estos sistemas tienen un flujo de bajo volumen, habitualmente menos de 10% en los sistemas "convencionales", el pequeño diámetro de campanas y conductos utilizados (a menudo de tuberías flexibles), se traducen en pérdidas de presión muy altas.

(Fuente: Diamond Environmental Ltd – reproducida con permiso)

Figura 6.13 - Un Sistema LVHV utilizado en soldadora

Independientemente del tipo de diseño, para garantizar un control efectivo las campanas de captura deben cumplir los siguientes parámetros:

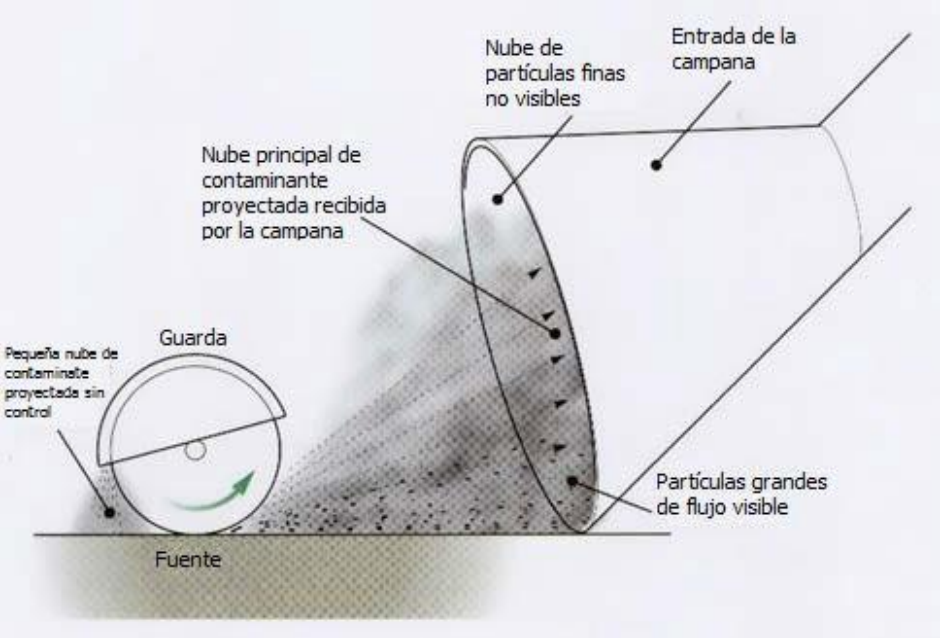
- La fuente de contaminación debe estar completamente situada dentro de la zona de captura de la campana.
- Debe haber suficiente velocidad para extraer el contaminante en la campana (velocidad de captura).

La AIOH (2007) sugiere los siguientes principios simples para hacer campanas de captura más eficaz:

- Colocación de la campana lo más cerca posible de la fuente, preferiblemente encerrándolo.
- Si la fuente incluye partículas en rápido movimiento, el posicionamiento de la campana para recibir esas partículas debe seguir la dirección de proyección de las partículas.
- Especificar una velocidad de captura en un punto dado, mayor que la velocidad de partícula.

c) Campanas Receptoras

En este tipo de arreglo, la fuente o el proceso a intervenir se encuentran fuera de la campana y los contaminantes hacen su propio recorrido a la campana debido a su impulso. Incluyen campanas suspendidas situadas sobre los procesos termales donde los contaminantes se elevan debido a las altas temperaturas y campanas utilizadas en procesos de pulido en los que una gran proporción de los contaminantes generados son direccionales hacia la campana.



(Fuente: HSE – reproducida con permiso)

Figura 6.14 – Campana receptora

Las campanas receptoras pueden ser aplicadas en situaciones en que un proceso produce una nube contaminante que tiene una fuerza y dirección predecible (la figura 6.14 ilustra estos principios). Es importante tener en cuenta que la campana debe ser lo suficientemente grande y estar lo suficientemente cerca para recoger eficazmente la nube de contaminantes y otros materiales de alta velocidad generadas a partir de la fuente. Son aplicables a situaciones en las que los trabajadores no tienen que posicionarse entre la fuente de contaminación y la entrada de la campana.

En el caso de una campana suspendida (tipo dosel o toldo) en un proceso en caliente, los contaminantes son transportados al interior de la campana a través de la corriente de aire ascendente. Por lo tanto es importante asegurarse de que todo el aire contaminado entra en la campana. Para lograr esto, la entrada debe estar colocada lo más cerca posible a la fuente. También, como el penacho de contaminante caliente sube comienza a extenderse, por lo que la campana debe ser más ancha que la fuente para que los contaminantes no se mueve alrededor de los lados de la cubierta. La instalación de cortinas hechas de un material

adecuado, suspendidas desde el lado de la cubierta puede mejorar su rendimiento - convirtiendo efectivamente en un cerramiento parcial (véase la Figura 6.15).

(Fuente: Diamond Environmental Ltd – *reproducida con permiso*)

Figura 6.15 – Campana receptora para controlar neblina caliente de aceite y gas

Ya que las campanas receptoras no captan activamente el contaminante, los valores recomendados de las velocidades de captura dadas anteriormente no son aplicables. Sin embargo, el flujo de aire debe ser suficiente para eliminar todo el aire contaminado que entra en la cabina. Si no es así, los contaminantes volverán a entrar en el lugar de trabajo. También es esencial que los trabajadores no se coloquen entre la fuente y la campana ya que estarían en la corriente de aire contaminado.

6.4.3 Conductos

El suministro de aire a través de un sistema de ventilación depende de la transferencia de aire desde un punto a otro a través de conductos. Los requisitos clave de diseño son de que la red de conductos que contiene el aire contaminado sea resistente a la abrasión y al ataque químico, que se asegure que no se desarrollaran fugas y que la velocidad del aire sea suficiente para

mantener todos los contaminantes en suspensión, de manera que no se asienten y causen una obstrucción.

Los conductos se fabrican generalmente de acero galvanizado sin embargo se usan otros materiales como el PVC, aluminio, fibra de vidrio, ladrillo u hormigón.

Por lo general, los ductos se elaboran en secciones circulares o rectangulares y la forma y tamaño están diseñados para adaptarse a las necesidades del sistema de ventilación.

Al seleccionar el tamaño de los conductos para una aplicación particular es necesario considerar una serie de factores. Por ejemplo, para una tasa de flujo volumétrico el tamaño del conducto estará determinado por la velocidad del aire y la energía absorbida (fricción), a un costo más elevado. Los conductos de sección circular son más económicos en términos de eficiencia y materiales de construcción aerodinámica pero los requisitos de espacio pueden determinar el uso de sección conductos con sección rectangular.

En el diseño de cualquier sistema de conductos, algunos puntos necesitan ser recordados para mantener el aire que fluye sin problemas y eficientemente como sea posible:

- Mantener el diseño tan simple como sea posible.
- Mantener el número de codos y cruces, a un mínimo para reducir la resistencia al flujo.
- Cuando los cambios de dirección son necesarios el radio de línea central debería ser idealmente 2,5 veces el diámetro del conducto.
- Uniones “T” 'nunca deben ser utilizados. Idealmente las ramas deben unirse al conducto principal en un ángulo de 30 a 45 grados.

Los diámetros de los conductos deben aumentarse después de intersecciones para compensar el aumento del flujo de volumen (el área total de los conductos debe mantenerse constante para mantener la velocidad constante). Secciones cónicas deben utilizarse cuando la sección transversal del conducto tiene que cambiar.

Evitar largas longitudes de conductos flexibles, especialmente donde la resistencia de flujo alto está presente.

Evite las curvas en “U”, ya que actúan como trampas para las partículas y, eventualmente, pueden bloquear el conducto

Cuando sea posible diseñe el sistema para minimizar o eliminar la necesidad de balanceo de flujo a través de compuertas o dampers

Si hay necesidad de mantener una velocidad de transporte particular y por lo tanto se establece un caudal requerido, la sección transversal del conducto puede calcularse a partir de la fórmula de base:

Q = VA (Ver Sección 6.3.1)

En términos de un sistema general de conductos, es inevitable que habrá pérdidas, principalmente debido a la fricción, y éstas se expresan en términos de pérdida de presión. Hay necesidad de calcular todas estas pérdidas de presión a través de la longitud del sistema y la suma de estos representa la pérdida de presión total. A partir de este debe seleccionarse el ventilador, siendo el caudal volumétrico calculado a la pérdida total de presión. Para asegurarse de que un ventilador apropiado se ha seleccionado la presión de velocidad a una velocidad de descarga de conjunto (independientemente de lo que es el valor de ajuste) debe ser añadido a la pérdida de presión total, ya que esto representa la energía que el ventilador debe proporcionar. Si no se realiza este ajuste, se traducirá en que el ventilador esté sub dimensionado para el propósito para el que es requerido.

Una vez que la decisión ha sido tomada para instalar conductos hay una serie de factores que deben tenerse en cuenta ya que estos afectan al diseño final:

- *¿Qué materiales de construcción se debe utilizar?*

En la mayoría de los casos se utiliza normalmente acero galvanizado, sin embargo, si los gases o vapores corrosivos están presentes, se utilizan materiales tales como acero inoxidable o plástico.

- *¿Qué velocidad debe mantenerse en el conducto?*

Esto depende del tipo de contaminante que se llevará. Para las partículas como los vapores, zinc y aluminio, las velocidades de 7-10 ms-1 serían adecuadas. Para polvos pesados húmedos se requieren velocidades de más de 22,5 ms-1, lo que puede dar lugar a altos niveles de ruido.

- *¿Qué forma de sección transversal se debe utilizar?*

Se prefiere sección circular, sin embargo, en algunos casos debido a las limitaciones de espacio, secciones transversales rectangulares pueden ser necesarias.

Una vez que un sistema ha sido instalado, se requerirá de equilibrio para asegurar que cada rama del sistema esté funcionando a su máximo rendimiento. El proceso de equilibrio de un sistema debe llevarse a cabo de forma sistemática como la restricción del flujo de aire en una rama alterará la tasa de flujo de aire para todas las demás ramas del sistema. Con un buen diseño la necesidad de equilibrio puede ser minimizado. Cuando el equilibrio a través del diseño no es posible, puede ser necesario el uso de compuertas para regular el flujo.

El equilibrio o balanceamiento se requiere para cada campana o ramal hasta llegar al ventilador. Pueden surgir problemas graves si los principales desequilibrios o desbalanceo se corrigen simplemente usando compuertas reguladoras o dampers.

El equilibrio correcto o reequilibrio de un sistema es una actividad altamente especializada y sólo debe ser realizada por personas con experiencia.

En cualquier sistema de conductos es importante proporcionar aberturas para la inspección y limpieza de conductos. También es importante para proporcionar puntos de prueba, donde como mínimo se puede medir la presión estática.

Estos puntos deben estar ubicados después de cada campana o lugar cerrado, en los puntos clave del sistema de conductos como después de codos, aplicaciones,

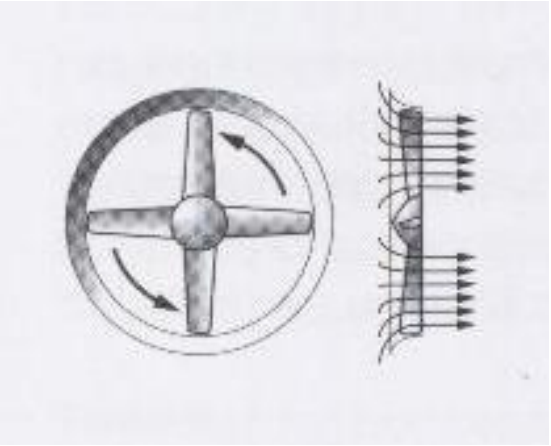
reducciones y en determinados componentes para medir caídas de presión (por ejemplo: ventiladores y filtros).

6.4.4 Ventiladores

Un ventilador se compone de una serie de aletas (impulsor) montado sobre un eje central (eje) que está conectado a una fuente de energía (motor del ventilador). Estos componentes son encerrados dentro de una carcasa que crea una diferencia de presión (y por lo tanto de flujo de aire) entre la entrada y la salida por la rotación del impulsor.

Hay cinco tipos comunes de ventiladores:

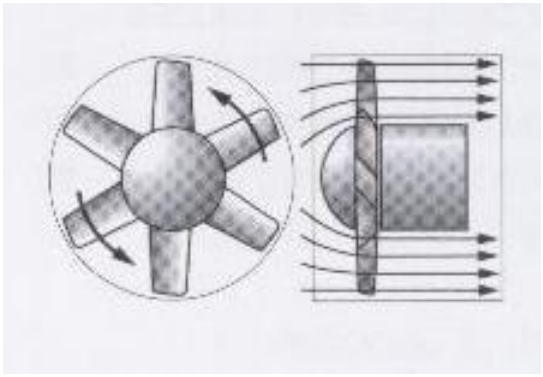
- Ventilador propulsor – compuesto por aspas (metal o plástico) conectados a un eje que se une directamente a una fuente de energía (motor eléctrico) o a través de una correa. Los ventiladores propulsores son generalmente de baja eficiencia y no son adecuados para los sistemas de filtración de aire o conductos. Se utilizan con mayor frecuencia para la ventilación general o de dilución.



(Fuente: HSE – *reproducido con permiso*)

Figura 6.16 – Ventilador de hélice

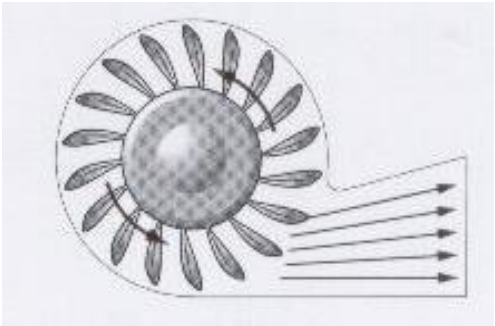
- Ventiladores axiales - constan de una carcasa cilíndrica con el eje del impulsor en el centro de la carcasa. Las palas del impulsor por lo general tienen una forma de perfil aerodinámico y giran dentro de la carcasa con sus puntas muy cerca de la superficie interna de esta. Los ventiladores axiales son similares a los ventiladores de hélice que producen presiones ligeramente superiores. Los ventiladores axiales no se montan normalmente dentro de los conductos del sistema de ventilación. Son útiles en sistemas con resistencias inferiores, por ejemplo pequeños sistemas en movimiento de gases o vapores con ningún dispositivo de limpieza de aire.



(Fuente: HSE – *reproducido con permiso*)

Figura 6.17 – Ventilador axial

- Ventiladores centrífugos – tienen forma de una rueda de paletas donde se mueve el aire aspirado en el centro del impulsor hacia el borde exterior donde se recoge en una carcasa especialmente diseñada como impulsor giratorio, siendo el aire expulsado por la tangente (Figura 6.18).



(Fuente: HSE – *reproducido con permiso*)

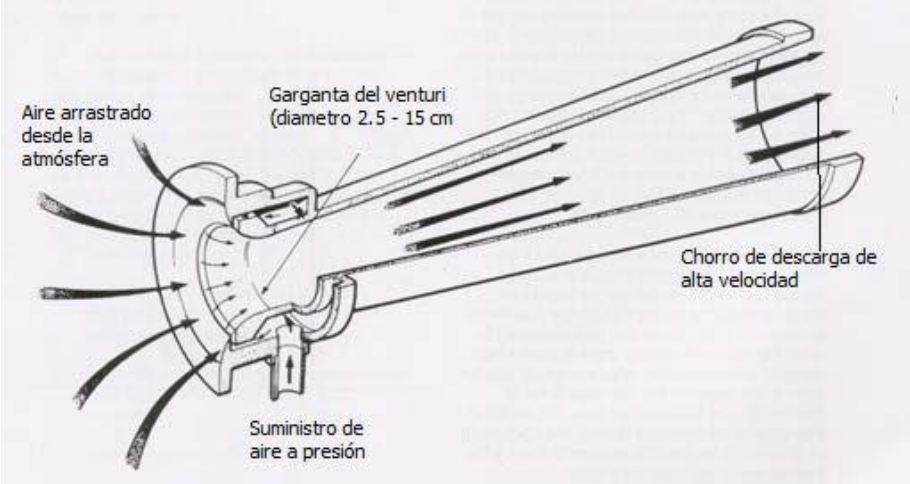
Figura 6.18 – Ventilador centrífugo

Debido a su diseño, los ventiladores centrífugos generan grandes diferencias de presión y mayores corrientes de aire en contra de la resistencia de un sistema LEV. La forma de la aleta cambia las características del ventilador de las siguientes maneras:

- Aletas o palas radiales (o plana), los ventiladores son robustos, fáciles de reparar, limpiar y mantener. Se utilizan en aplicaciones donde las cargas de aire o polvo pesado ,altamente corrosivos, están presentes
- Ventiladores de palas hacia adelante tienen pequeñas hojas en gran cantidad con las puntas inclinadas hacia el sentido de giro. Este diseño da lugar a un ventilador compacto global donde el espacio es limitado, pero no es adecuado para los sistemas de extracción de polvo. Son buenos para mover grandes volúmenes de aire contra resistencias bajas y por lo tanto se utilizan principalmente en los sistemas de ventilación simples.
- Ventiladores de palas hacia atrás tienen un menor número de palas, son más usados que el sistema de palas hacia delante y son menos compactos. Ellos son el tipo más común de ventilador utilizado para el aire cargado de polvo y en grandes sistemas. Son buenos para mover volúmenes moderados de aire contra una alta resistencia

- Turbo extractor o ventiladores centrífugos multietapas - pueden producir presiones muy elevadas a bajo volumen pero a altas velocidades. Estos ventiladores especiales requieren la protección de sus cuchillas de precisión, de los daños causados por el polvo, etc.

- Motores de aire Comprimido - se utilizan donde los ventiladores de propulsión eléctrica no son adecuados - por ejemplo, en ambientes donde el fuego o una explosión pueden ser un riesgo. Las ventajas son su tamaño relativamente pequeño que hace que sea razonablemente portátil mientras que sus desventajas son su alto costo de operación y el ruido excesivo



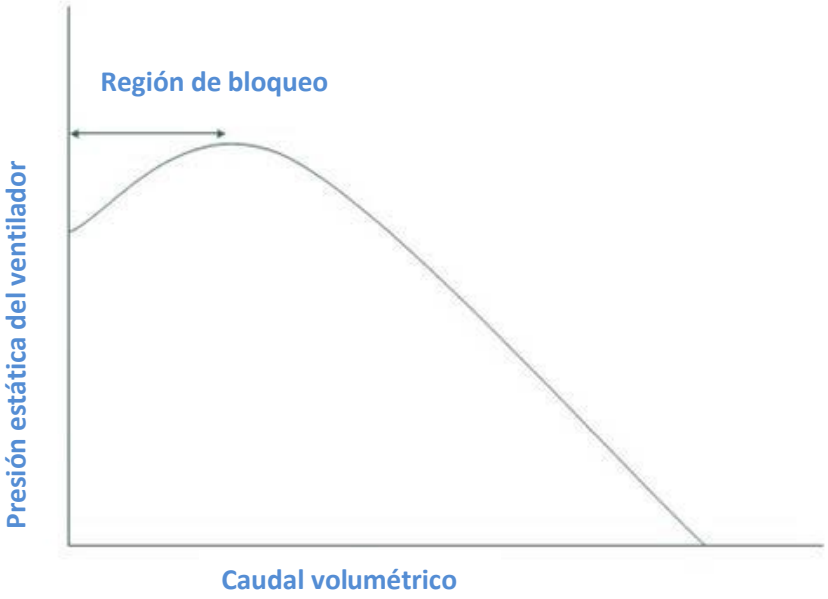
(Fuente: HSE – *reproducido con permiso*)

Figura 6.19 – Motor de aire

Es esencial la consulta de un experto antes de seleccionar un ventilador, ya que hay muchos factores a considerar. Las consideraciones más importantes, sin embargo, son las que se refieren a la cantidad de flujo de aire (caudal) y la resistencia que debe ser superada.

La resistencia del sistema varía con el flujo de aire (la resistencia tiende a ser aproximadamente proporcional al cuadrado del flujo de aire). La curva del sistema muestra cómo la resistencia (expresado como presión estática) varía con el flujo de aire. El flujo de aire generado por un ventilador dado dependerá de la Resistencia que debe ser superada. El flujo de aire máximo se produce cuando no hay resistencia que superar. Por otro lado, si la entrada del ventilador se bloquea por completo (resistencia en su valor máximo) no se produce flujo de aire. La curva del ventilador también se puede elaborar con la relación entre el flujo y la presión estática del ventilador. La forma exacta de la curva del ventilador depende del tipo de ventilador.

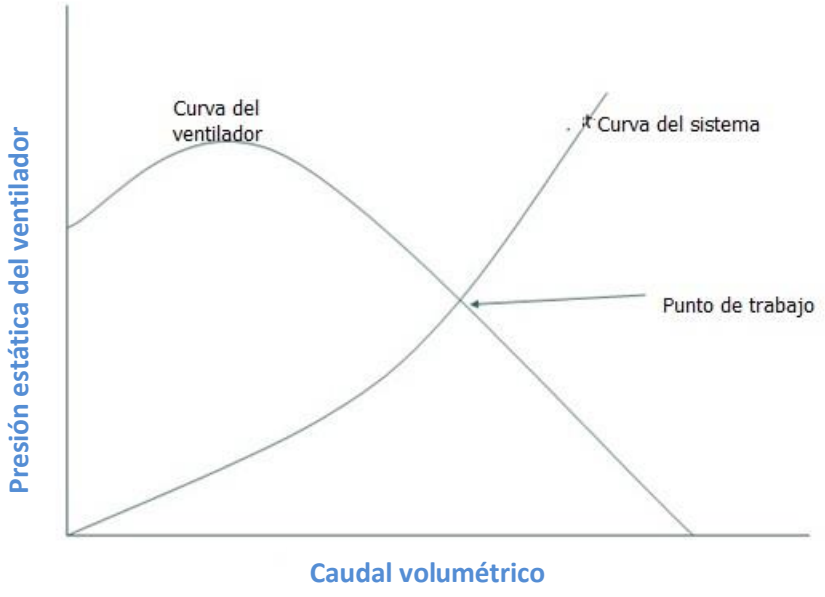
A altas presiones estáticas y flujos de bajo volumen, las curvas del ventilador tienen una región de bloqueo característica. La operación en esta área conduce a un flujo de aire errático que genera ruido y vibraciones excesivas, y debe ser evitado.



(Fuente: HSE – *reproducido con permiso*)

Figura 6.20 - Curva típica de un ventilador con aspas curvadas hacia atrás.

Si las curvas del sistema y del ventilador se trazan en el mismo gráfico, el punto donde se cruzan proporciona el punto de trabajo que muestra lo que se logrará en flujo de aire cuando el ventilador este instalado en el sistema.



(Fuente: HSE – *reproducido con permiso*)

Figura 6.21 – Curva y sistema de un ventilador –usado para su selección

El punto de trabajo no se puede cambiar sin alterar la velocidad del ventilador o realizar cambios en el sistema que vaya a cambiar la curva del sistema.

6.4.5 Filtros de aire

Con un sistema LEV debidamente integrado, una reflexión cuidadosa debe darse a la selección de un dispositivo de limpieza de aire adecuada. Las principales razones por las cuales esto se requiere son:

- El cumplimiento de la legislación ambiental
- La prevención de re-entrada de aire contaminado el lugar de trabajo u otros talleres adyacentes
- Las consideraciones económicas tales como la recuperación de materiales caros
- Hay muchos tipos diferentes de dispositivos de limpieza de aire en el mercado. Estos varían en eficacia entre los distintos contaminantes y en diferentes situaciones. Por tanto, es importante asegurarse de que el equipo adecuado se selecciona para la situación particular encontrado en el diseño de un sistema LEV.

Los tipos comunes de los métodos de purificación de aire se enumeran en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5 - Tipos de Filtros de aire

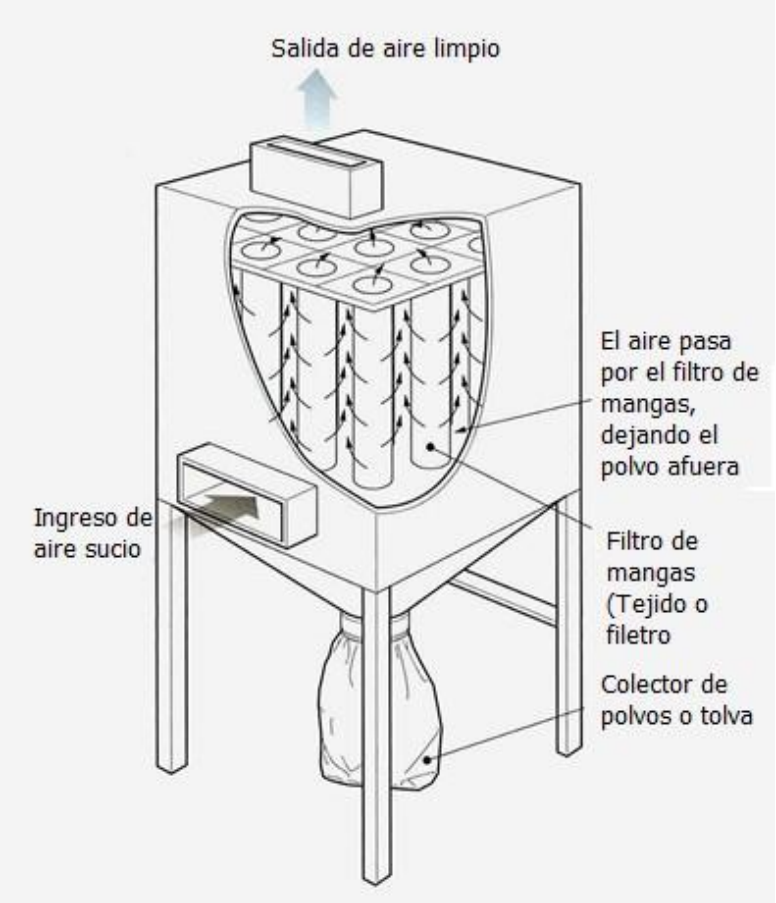
Contaminante	Tipo de filtro de aire	Rendimiento y Comentarios
Partículas	Ciclón	Pobres en tamaños de partículas de bajo diámetro (2 micras = 0%, 5 micras = 50%), pero bueno en tamaños más grandes (8 micras = 90%).

Contaminante	Tipo de filtro de aire	Rendimiento y Comentarios
Partículas	Precipitador electrostático	<5 micras : 80-99% , de 5 - 10 micras : 99% Bajo rendimiento con partículas que tienen una conductividad eléctrica muy baja o alta.
Partículas	Filtro Tela	Muy bueno para pequeños tamaños de partículas, pero el flujo incrementa la resistencia ya que acumula polvo en el filtro.
Partículas	Sistemas húmedos como Venturi Depuradores, ciclones, etc.	Bajo rendimiento (20 - 80%) con partículas de menos de 5 micras pero > 95% con partículas> a 5 m. Produce un lodo que requiere disposición.
Gases y vapores	Adsorción	Los más comunes son filtros de carbón activado, sin embargo, el filtro puede fallar de repente cuando se satura.
Gases y vapores	Lavador de gases	Adecuado para contaminantes específicos.
Gases y vapores	Destrucción térmica	La combustión puede producir subproductos no deseados.

(Fuente: HSE - reproducido con permiso)

Los colectores de partículas conforman el grupo más común de los dispositivos de limpieza de aire que normalmente se asocian con los sistemas LEV. Hay varios tipos, incluyendo filtros de tela (filtros de bolsa), ciclones, precipitadores electrostáticos y los depuradores.

Diagramas esquemáticos de estos sistemas se proporcionan en las figuras 6.22 a 6.26 y una simple explicación de su funcionamiento se puede encontrar en la publicación HSE “controlando los contaminantes atmosféricos en el trabajo“ (HSE 2008).

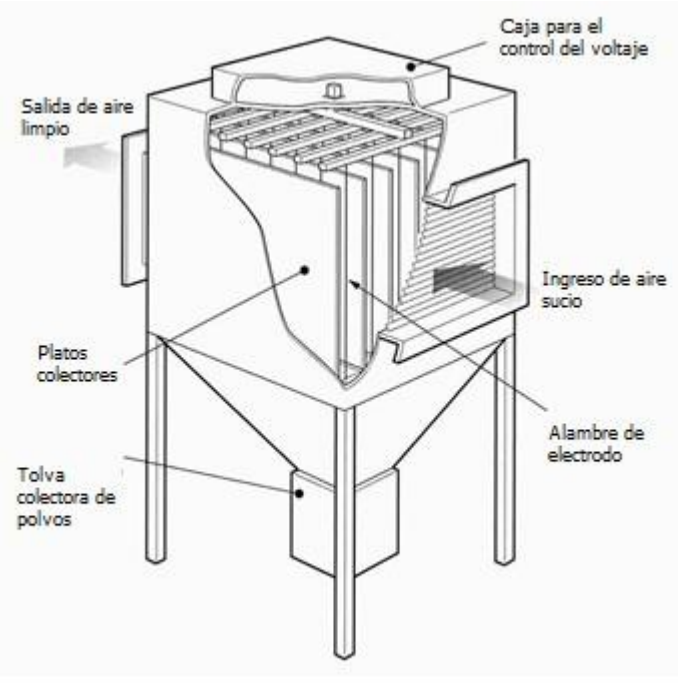


(Fuente: HSE - Reproducido con permiso)

Figura 6.22 - Esquema de un filtro de tela

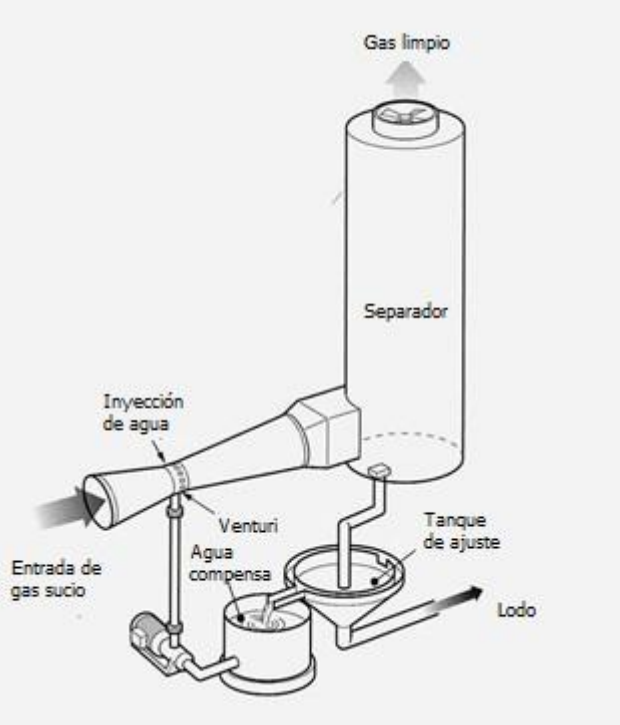
Fuente: HSE - Reproducido con permiso)

Figura 6.23 - Esquema de un ciclón



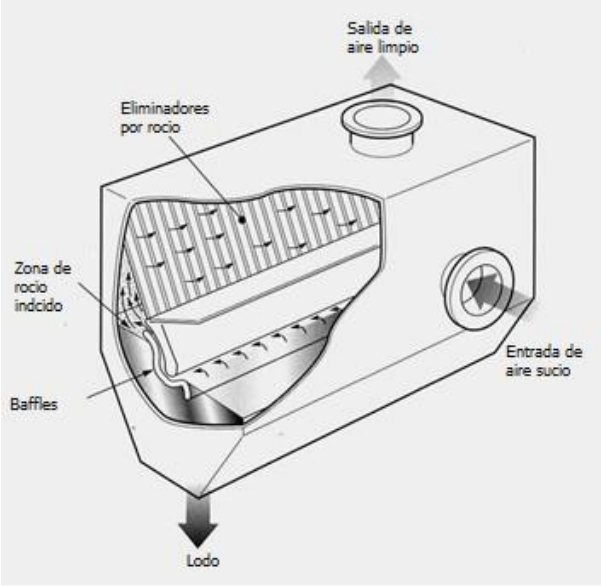
(Fuente: HSE - Reproducido con permiso)

Figura 6.24 - Esquema de un precipitador electrostático



(Fuente: HSE - Reproducido con permiso)

Figura 6.25 - Esquema de un lavador Venturi



(Fuente: HSE - Reproducido con permiso)

Figura 6.26 - Esquema de un colector autoinducido

6.4.6 Descarga a la atmósfera

Independientemente de si el aire extraído se ha limpiado o no, debe ser descargado a la atmósfera, de tal manera que no vuelva a entrar en el edificio (o cualquier edificio adyacente) hasta que las concentraciones de contaminantes se hayan diluido a niveles aceptables para cumplir con las normas ambientales y para evitar que el aire contaminado vuelva a entrar en los lugares de trabajo. Los mejores métodos de descarga de aire a través de chimeneas implican soltar el aire a la atmósfera a una velocidad tan alta como sea posible.

Dispositivos tales como capuchas y tapas que dirigen el aire descargado hacia abajo deben ser evitados. Crean una gran resistencia al flujo de aire, reduciendo la eficiencia del sistema, y evita que los contaminantes se dispersen.

En el diseño de sistemas de descarga hay necesidad de entender los patrones de flujo de aire alrededor de la ubicación de la descarga de modo que se pueda lograr la mejor ubicación posible.

Con algunos contaminantes puede ser apropiado incorporar un sistema de tratamiento apropiado para reducir el nivel de contaminante a niveles aceptables antes de la descarga a la atmósfera.

6.4.7 Medición y Verificación de los sistemas LEV

El rendimiento de cada sistema de ventilación debe ser establecido y supervisado de forma rutinaria. Idealmente, una evaluación inicial debe llevarse a cabo durante la puesta de un sistema LEV competentemente diseñado para comprobar que se ajusta a las especificaciones de diseño y con ello que este logrando un adecuado control de los contaminantes en la práctica. Al proveedor del sistema se le debe pedir que suministre esta información como condición de compra.

Las revisiones de rutina deben realizarse a intervalos apropiados así como evaluaciones y pruebas exhaustivas, al menos, una vez al año y los resultados deben estar documentados. La frecuencia de estas pruebas se determinará en función de factores como la edad y fiabilidad del Sistema. El factor crítico de éxito para cualquier sistema es si controla efectivamente las exposiciones personales. Una reevaluación de la instalación posterior, incluida la vigilancia de la exposición, es recomendable durante la puesta en marcha y en las pruebas de rutina de cualquier sistema de control, incluyendo la ventilación.

Los criterios de funcionamiento que deben definirse dependerán del diseño del sistema, y suelen incluirse los siguientes (según corresponda):

Campanas	• Evaluación de la eficacia en el control de los contaminantes en cualquier momento ubicación y posición de trabajo de cada campana • presión estática, velocidad de cara de la campana (para cerramientos parciales). • velocidad de captura en la fuente más lejana de generación de contaminantes y velocidad de entrada (para campanas captadoras).
Conductos	• dimensiones • velocidad de transporte • caudal volumétrico
Filtros de aire	• especificaciones • caudal volumétrico • presiones estáticas en la entrada, • de salida y a través de equipo
Ventilador (u otro motor de aire)	• especificación • caudal volumétrico • presión estática en la entrada
Sistemas de escape	• eficiencia del filtro • concentración de contaminante en caso de que el aire ingrese nuevamente al recinto.

a) Velocidad del aire

Existe una serie de instrumentos disponibles para medir la velocidad del aire, los anemómetros, termoanemómetros y tubos de Pitot.

El anemómetro de paleta giratoria se compone de un número de palas que están configurados para permitir el movimiento de aire para girar en una dirección. El número de rotaciones se cuenta luego durante un período de tiempo (normalmente 1 minuto) y se convierte a velocidad del aire. Estos dispositivos no son exactos a bajas velocidades del aire, no son omni-direccional y no se puede utilizar cuando la dirección del flujo de aire es variable.

(Fuente: Universidad de Wollongong)

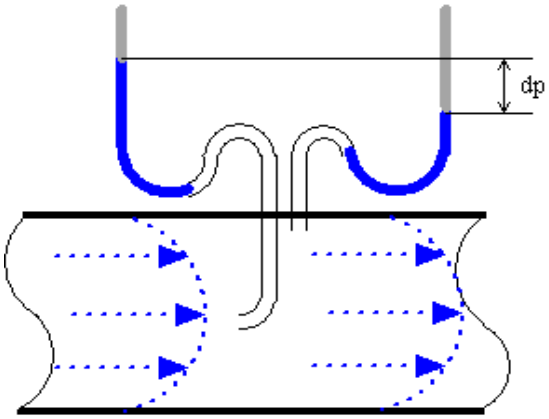
Figura 6.27 – anemómetro

El anemómetro de alambre caliente funciona por una corriente eléctrica que calienta el sensor a una temperatura superior a la ambiente y se enfría por el movimiento del aire: la cantidad de enfriamiento depende de la velocidad del aire, la temperatura del aire ambiente y las características del elemento de calor. Estos dispositivos son direccionales y pueden ser inexactos en bajas velocidades del aire debido a la convección natural del alambre caliente. Se requiere precaución al usar estos dispositivos en presencia de gases y vapores inflamables o explosivos, ya la mayoría de las unidades no son intrínsecamente seguros para su uso en tales condiciones.

(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 6.28 - anemómetro de alambre caliente

Los tubos de Pitot (o más correctamente tubos pitot-estática) están diseñados para medir las presiones dentro de un sistema de ventilación. Dependiendo de cómo el sistema está configurado, puede ser utilizado para medir la presión estática, la velocidad y la presión total. El sistema de medición consta de dos tubos concéntricos uno de los cuales está enfrentado al flujo de aire y el otro (tubo exterior) tiene una serie de agujeros en 90 ° a la corriente de aire. Los dos tubos se conectan a un manómetro o presión manométrica y la presión velocidad es registrada por el diferencial entre la presión total y estática. Este proceso se muestra esquemáticamente en la Figura 6.29. Un instrumento moderno se muestra en la Figura 6.30.



(Fuente: La Caja de herramientas de Ingeniería - reproducido en condiciones de derechos de autor)

Figura 6.29 - Principio del tubo Pitot

(Fuente: TSI Inc - reproducido con permiso)

Figura 6.30 Tubo -Pitot con lectura digital

A partir de la presión de velocidad registrada (Pv) se puede calcular la velocidad del aire así:

$$P_v = \rho \frac{v^2}{2}$$

p = Densidad del aire
v = Velocidad del aire

Los tubos pitot no necesitan calibración si está conectado a un manómetro lleno de líquido. Sin embargo, cuando están conectados a un instrumento medidor este requerirá calibración. Las mediciones deberán realizarse en un área de red de conductos donde no haya obstáculos, curvas o turbulencias. Para lograr esto, es práctica común tomar mediciones en una sección recta de conducto de al menos 10 diámetros de distancias de los codos o de la obstrucción más cercana.

Los tubos pitot generalmente no se consideran fiables para medir los flujos de aire con velocidades de menos de 3 ms-1.

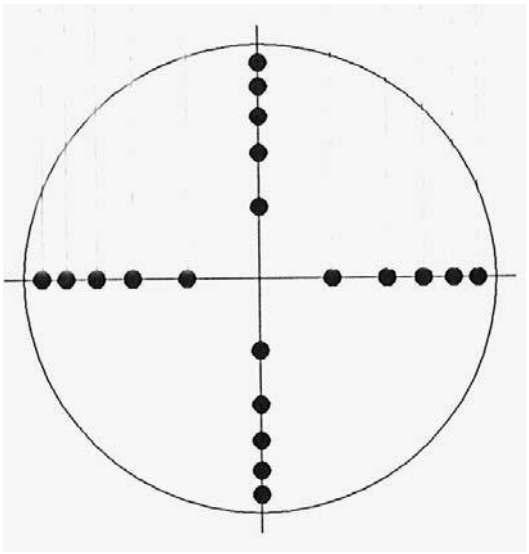
Una vez que el instrumento de medición ha sido seleccionado, es importante tomar las medidas reales de una manera apropiada a fin de garantizar la precisión. Debido a que el flujo de aire puede ser influenciado por las curvas, obstrucciones, etc., y el hecho de que el aire cerca de las paredes del conducto se moverá más lentamente que en el centro (debido a las fuerzas de fricción), será necesario obtener una velocidad promedio sobre toda la cruzada sección del conducto.

Para obtener la velocidad promedio en la zona de medición el conducto debe dividirse en secciones de igual área y tomar una medición representativa en cada punto. La mayoría de las autoridades estatutarias tienen requerimientos específicos en cuanto al número de puntos de muestreo que se debe utilizar para las situaciones de conductos específicos, sin embargo, el ACGIH® (2007) ofrece la siguiente orientación general.

- **Conductos redondos**
    - Para conductos <15 cm un mínimo de 6 puntos
    - Para conductos> 15 cm un mínimo de 10 puntos
    - Para conductos muy grandes o donde una amplia variación en la velocidad está presente, un mínimo de 20 puntos proporcionará un mayor nivel de precisión.

Siempre que sea posible el paso transversal del tubo de Pitot se debe hacer aguas abajo en un punto 7.5 conductos de diámetro o más de cualquier gran perturbación del flujo de aire (por ejemplo: el codo, campana). Si las mediciones se realizan más cerca de las perturbaciones, los resultados deben considerarse dudosos y cotejar con una segunda medición (debe estar dentro del 10% que se considera aceptable).

Una travesía de 10 puntos de un conducto superior a 15 cm se proporciona en la figura 6.31.

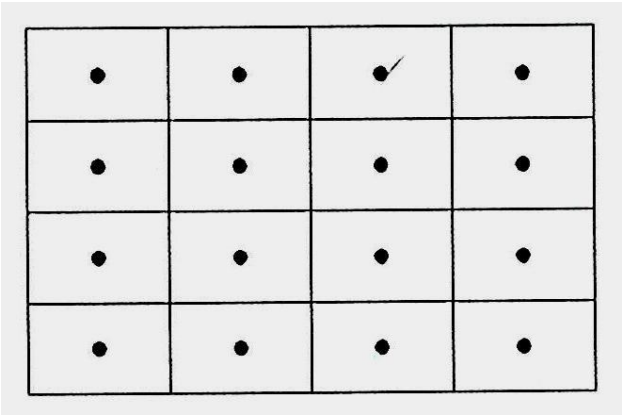


(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 6.31 – Paso típico de diez puntos en conducto redondo

- **Conductos cuadrados o rectangulares**

  - Dividir la sección transversal del conducto en un número de rectángulos iguales y medir la velocidad en el centro de cada uno. El número mínimo de puntos debe ser 16, sin embargo, la distancia máxima entre cada centro rectángulo debe ser mayor que 15 cm
  - Una vez se establece la velocidad promedio este se multiplica por el área del conducto para dar el flujo de aire.



(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 6.32 Paso típico en un conducto rectangular

Es importante señalar que cuando se toman mediciones de la presión de velocidad para medir la velocidad del aire, todas las mediciones de la presión de velocidad deben ser convertidas a velocidad antes de tomar la media de todas las mediciones.

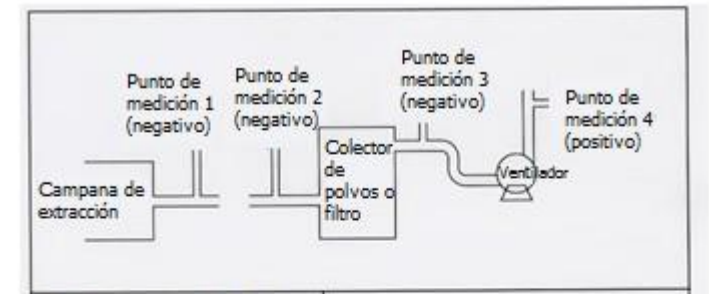
b) Mediciones de presión

La presión dentro de un sistema se puede medir con simples manómetros de tubo en U, donde la diferencia de altura entre los dos extremos de la columna de líquido indica la presión. La mayoría de los manómetros comerciales se calibran en pascales, sin embargo la presión se puede calcular utilizando cualquier manómetro partir de la fórmula:

P = 2g h
Dónde: P = Presión
g = aceleración de la gravedad
h = altura de la columna
2 = Densidad del líquido manométrico

La instrumentación utilizada para medir la presión se puede obtener comercialmente. La medición rutinaria de la presión estática puede ser un excelente indicador de los problemas.

Ejemplos de cómo esto se puede utilizar se proporcionan en la publicación HSE - Mantenimiento, control y ensayo de ventilación de escape local. Un ejemplo del uso de la presión estática para la búsqueda de fallas en un sistema LEV sencillo se proporciona en la Figura 6.33.



Alto

Presión estática en el punto comparado con lo normal				Error tipico
1	2	3	4	
Normal	Normal	Normal	Normal	Sistema operando normal
Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bloqueo en el ducto, o damper cerrado entre los puntos 1 y 2
Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bloqueo en el colector de polvos
Alto	Alto	Bajo	Alto	Daño o perdida del filtro Baja cantidad de agua en colector humedo
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Daño en el ventilador; velocidad del ventilador incorrecta, desplazamiento de la correa de trasmición, depósitos o daño de las aletas, cableado eléctrico incorrecto
Alto	Alto	Alto	Bajo	Acumulación de polvo y suciedad en la campana
Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bloqueo en la chimenea de salida

(Fuente: HSE - reproducido con permiso)

Figura 6.33 -Uso de presión estática para la detección de averías en un sistema LEV

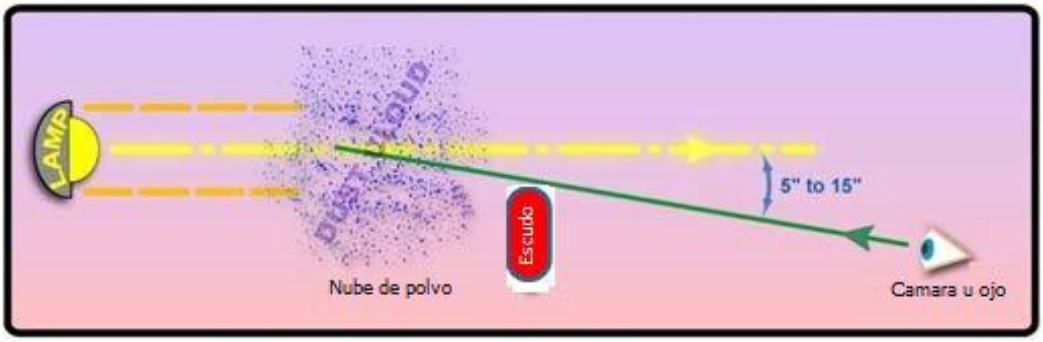
c) Movimiento de Aire

La visualización de la dirección y el movimiento del aire se puede conseguir fácilmente mediante el uso de tubos de humo. Un producto químico en estos tubos reacciona con la humedad en el aire para formar un humo blanco, que no sólo permite la visualización de movimiento de aire, sino también su magnitud. Estos dispositivos son excelentes para demostrar las limitaciones de una campana en la captura de contaminantes o corrientes de aire secundario por detrás de la campana.

En ambientes cargados de polvo el movimiento de las partículas se puede identificar con el uso de la lámpara de polvo.

La lámpara de polvo se basa en la efecto -Tyndall descubierto por John Tyndall, a mediados de 1800.

Esencialmente, un haz de luz brillante se proyecta a través de la zona en la que se cree una nube de partículas puede estar presente. Las partículas presentes difractan la luz incidente y un observador mirando hacia la fuente de iluminación (en un ángulo de cerca de 5 - 15 °) puede ver las partículas de polvo. El proceso se describe esquemáticamente en la Figura 6.34 y puede ser una herramienta poderosa si se vincula a una fotografía de alta velocidad o equipo de vídeo digital.



(Fuente: HSE - reproducido con permiso)

Figura 6.34 - Principio de la lámpara del polvo

Este dispositivo ha sido incluido para demostrar cómo una gama simple de luz se puede utilizar para resaltar las nubes de polvo, pero al igual que con la mayoría de las cosas se requiere un cierto nivel de conocimientos y habilidades para lograr buenos resultados.

Utilizando la instrumentación arriba mencionada y mediciones posteriores, es posible hacer una evaluación de un sistema LEV.

Si bien los requisitos de evaluación de los sistemas LEV varían de un país a otro, el HSE (2008) sugiere que la realización de un examen completo y prueba de un sistema LEV sea llevada a cabo en tres etapas:

- Un examen visual exhaustivo para verificar que el LEV se encuentre en buen estado de funcionamiento y en buenas condiciones de limpieza.

- Medición del rendimiento técnico con el fin de comprobar la conformidad con los datos de puesta en marcha inicial.

- Evaluación para comprobar el control de exposición de los trabajadores (por ejemplo: tubos de humo, concentración de polvo del lugar de trabajo).

El HSE (2008) recomienda las siguientes medidas específicas:

- **Campanas cerradas**

La presión estática en el interior del recinto debe ser inferior a la sala de trabajo.

- **Campanas parciales**

Las mediciones de velocidad en la cara no deben variar en más del 20% de la media y también cumplir con las normas legales o nacionales.

- **Campanas receptoras**

Las mediciones de velocidad en la cara no deben variar en más del 20% de la media.

- **Campanas de captura**

Medir la velocidad del aire en puntos equidistantes a lo largo de la ranura y promedie las lecturas. Lecturas individuales no deben variar en más de 20% de la media.

- **Campanas tipo ducto**

Compruebe la presión estática y comparar con el valor normal.

- **Plenos**

Medir la presión estática del pleno (recinto detrás de algunos tipos de campana) y el conducto de la campana.

- **Conductos**

Mida la velocidad del aire en el conducto que sirve a cada campana.

- **Ventilador**

Medir la presión estática en la entrada del ventilador y determine el caudal volumétrico.

- **Dispositivos colectores**

Medir la caída de presión estática a través del dispositivo y comparar con las condiciones normales.

Debe tenerse en cuenta que muchas de las medidas indicadas anteriormente no solo son de competencia del higienista sino también de los responsables de mantenimiento como parte de los programas de mantenimiento preventivo que luego serán auditados.

En la mayoría de los casos las evaluaciones de los sistemas de ventilación deben llevarse a cabo cada 12 a 15 meses. El HSE (2004) indica que una inspección y control periódico puede incluir:
Asegurar que la LEV se ejecuta siempre cuando se están emitiendo sustancias peligrosas, o puedan ser emitidos

Observar la condición de la succión de entrada tales como la campana, cabina, etc para establecer si opera adecuadamente.
Observar la red de conductos y compuertas presentes a la entrada

Corregir cualquier evidencia de falla de control, por ejemplo si hay depósitos de polvo inusuales o un olor fuerte de lo normal inmediatamente fuera de la LEV

La observación de cualquier instrumento fijo que haya sido instalado en el LEV para mostrar su rendimiento, tal como un medidor de presión en un filtro o un dispositivo de flujo de aire en una campana de vapores

La realización de cualquier actividad como el vaciado de contenedores de filtro

Los resultados de todas las inspecciones y los datos de las pruebas deben registrarse en un diario a bordo del sistema. Este es un requisito legal en muchas autoridades.

6.4.8 Limitaciones de los Sistemas LEV

Mientras la LEV es el método preferido de control de contaminantes de ventilación, al igual que otras estrategias de control, tiene algunos problemas que limitan su aceptación o utilidad:

- Necesidad de ser objetivo al diseñar el proceso, tener en cuenta que introducir cambios en el proceso puede modificar el elemento de captura y la eficiencia del control.
- Costos de operación. Todos los sistemas LEV requieren de energía para el ventilador y para el acondicionamiento de aire de compensación, por lo que los costos de operación supone un gasto adicional.
- Los altos niveles de ruido son comunes con el sistema LEV, por lo que estos son desactivados por los operadores en muchos casos.
- Muchos están localizados en sitios fijos haciendo difícil la flexibilidad en el lugar de trabajo.
- Muchos requieren la instalación de un sistema de suministro de aire. Puede necesitar suministro de aire climatizado en climas fríos o durante los meses de invierno en los climas templados.
- No es práctico para las grandes nubes de contaminación dispersa que tienen varias fuentes.
- Aplicación limitada para el control de las fuentes móviles.

6.5 SISTEMAS DE VENTILACION GENERAL

6.5.1 Ventilación por dilución

La ventilación por dilución (ventilación de escape general en algunos países) es en esencia la dilución de aire contaminado con aire no contaminado suficiente como para reducir la concentración de contaminantes a niveles aceptables.

La ventilación por dilución proporciona un menor nivel de control para peligros para la salud de los que se pueda lograr mediante el uso de ventilación de escape local. Se ha sugerido (AIOH 2007) que la ventilación de dilución puede ser apropiado cuando:

- El contaminante del aire tiene baja toxicidad
- Existen múltiples fuentes
- La emisión es continua
- Las concentraciones están cerca o por debajo del límite de exposición ocupacional
- El volumen de aire necesario es manejable
- Los contaminantes pueden ser los suficientemente diluidos antes de la inhalación o cuando el confort o los malos olores sean un problema.
- Cuando un derrame se ha producido y se necesita aireación extendida del lugar de trabajo

La ventilación por dilución no es eficaz en las siguientes situaciones:

- En los procesos que generan altos niveles de contaminantes
- En procesos donde el contaminante generada tiene una alta toxicidad
- En procesos donde la generación del contaminante es muy variable (es decir: de bajo a muy alto)
- La ventilación por dilución puede ser forzada (medios mecánicos para lograr el movimiento del aire) o natural. Si se utilizan los flujos de aire naturales para lograr la dilución de contaminantes al nivel requerido, factores tales como las

temperaturas, la dirección del viento, la velocidad del viento pueden influir en la eficacia del proceso.

Es importante recordar que si la dependencia exclusiva se coloca sobre la ventilación natural, poco o ningún control se logrará en los días cuando no hay viento o si sopla desde la dirección equivocada.

6.5.2 Ecuaciones utilizadas en la ventilación por dilución

La ventilación por dilución de aire contaminado se puede visualizar mediante el vertido de agua limpia (aire limpio) en un recipiente de agua coloreada (aire contaminado). Si el agua limpia añadida no se mezcla con el agua de color entonces el color del agua (contaminante) persiste y el recipiente simplemente se desborda. Sin embargo, si el recipiente se mezcla durante la adición del agua limpia todavía se desborda pero el color se desvanece.

El uso de este principio aplica en un enfoque matemático para el proceso de dilución que permite tasas necesarias para reducir la exposición de los trabajadores de flujo de aire a estimar.

Si consideramos una fuente de emisión constante, mezclado perfecto y un flujo de aire constante, la siguiente ecuación representa la concentración de equilibrio en un espacio ventilado (por ejemplo: una habitación).

$$Q = \frac{r}{C}$$

Donde Q = tasa de flujo de aire en m-3s

r = tasa de emisión en mg-1

C = concentración de equilibrio en mgm-3

Por lo tanto, es posible utilizar esta ecuación para calcular la tasa de flujo de aire para reducir el potencial de exposición de los trabajadores a la norma de exposición (o alguna fracción del TLV). Desafortunadamente, el valor de r es

difícil de establecer, ya que tiene que basarse en la cantidad de contaminantes liberados a la atmósfera. Esto depende de la tasa de consumo del material de origen y la liberación.

Otro enfoque es considerar el decaimiento de la concentración de contaminante con el tiempo. Esto se puede representar como:

$$C = Co\ e^{-Rt}$$

Donde Co= Concentración de la contaminación inicial (ppm)

R = tasa de ventilación $\left(\frac{Q}{V}\right)$

Q = caudal de aire (m3s-1)

V = Volumen de espacio ventilado (m3)

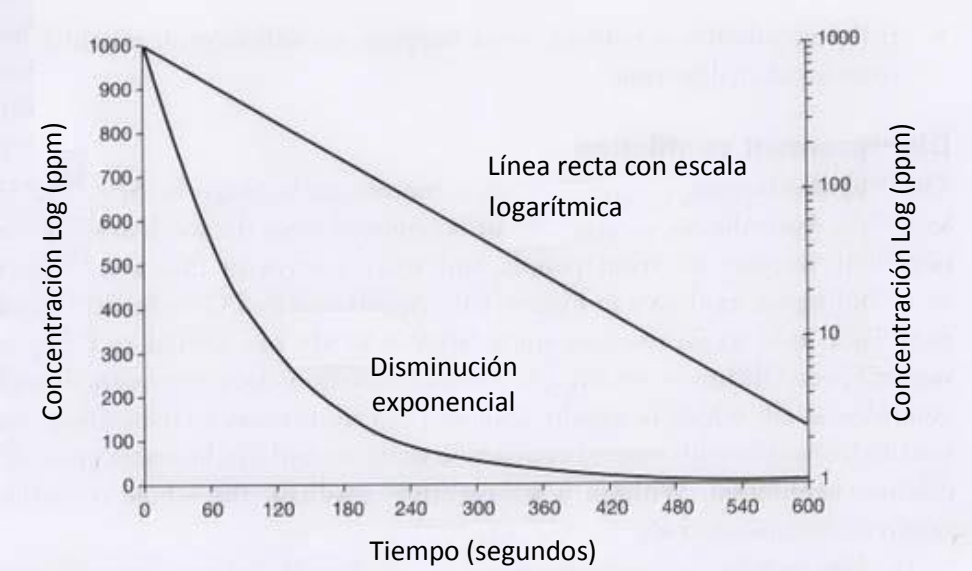
t = tiempo (s)

Esta fórmula describe la reducción de la concentración del contaminante en horas y puede considerarse como una disminución exponencial (Figura 6.35).

Si consideramos una sala de 10 m^3 con una concentración de contaminante inicial de 1.000 ppm y un flujo de aire de dilución de 0,1 m^3s-1, la concentración en el ambiente después de 10 minutos sería 2,5 ppm (mezcla completa).

Por lo tanto, en este ejemplo podemos predecir que en una sala de 10 metros3 y un flujo de aire de dilución de 0,1 m3s-1 la concentración sería una pequeña fracción de lo que estaba originalmente en sólo 10 minutos.

(Fuente: AIOH 2007 - reproducido con permiso)



(Fuente: AIOH 2007 – *reproducido con permiso*)

Figura 6.35 – Disminución de la concentración mediante ventilación por dilución

Este ejemplo de cálculo es engañoso y lo más probable es subestimar la concentración final debido a la mezcla incompleta. Para superar este problema es común aplicar un factor *K* que puede está en un intervalo de 1,0 a 0 10.

El valor *K* es algo arbitrario y de acuerdo con la ACGIH® (ACGIH® 2009) se basa en:

- La eficiencia de la mezcla y la distribución de aire de reemplazo
- Toxicidad del disolvente
- Un juicio dado por el higienista ocupacional como a cualquier otra circunstancia de importancia

Así, las dos ecuaciones de dilución se convierten en:

$$Q = \left(\frac{r}{C}\right) k$$

$$C = C_o \, e^{\frac{-Rt}{k}}$$

Para una sustancia en particular, si la velocidad de evaporación (mg s-1) y la densidad (kg m-3) es conocida, la cantidad de aire necesaria para reducir la concentración de vapor a la norma de exposición (ppm) se puede calcular por la fórmula:

$$Q = \frac{\text{Rata de Evaporation}}{\text{Densidad x TLV}}$$

Esta ecuación no toma en cuenta la mezcla y por lo tanto un factor K adecuado se debe aplicar.

6.5.3 Infiltración

La infiltración se produce cuando el aire se introduce en un edificio a través de los respiraderos y aberturas involuntarias. Este proceso puede afectar adversamente el sistema general de ventilación de extracción mezclando el aire con contaminantes no deseados o cambiar la dirección del flujo de aire de modo que la dilución adecuada de la fuente contaminante no se produce.

6.5.4 Aplicación de Sistemas de ventilación de dilución

La AIHA (2003) sugiere que los sistemas de ventilación de dilución pueden ser eficaces cuando:

- Los principales contaminantes del aire son de relativamente baja toxicidad
- Las concentraciones de contaminantes no son peligrosas
- No está permitido fumar en el espacio ocupado
- Las fuentes de emisión son difíciles o costosas de eliminar
- Las emisiones ocurren de manera uniforme en el tiempo
- Las fuentes de emisión están muy dispersas
- Las emisiones no se producen cerca de la zona de respiración de las personas
- Las condiciones climáticas moderadas prevalecen

- El aire exterior es menos contaminado que el aire dentro
- El sistema de climatización es capaz de condicionar el aire de dilución

El AIOH (2007) tiene un enfoque similar y sus recomendaciones de uso son cuando:

- El contaminante del aire tiene baja toxicidad
- Existen múltiples fuentes
- La emisión es continua
- Las concentraciones están cerca o por debajo del límite de exposición ocupacional
- El volumen de aire necesario es manejable

Los contaminantes pueden ser los suficientemente diluidos antes de la inhalación Confort (u olor).

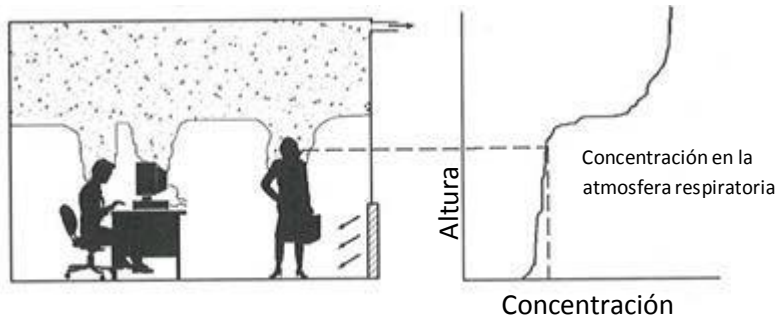
Un derrame se ha producido y se necesita aireación extendida del espacio de trabajo

Gardiner y Harrington (2005) afirman que este método de ventilación es menos efectivo que la extracción y sólo debe utilizarse cuando la ventilación de extracción no es posible; los contaminantes tienen una baja toxicidad y el volumen de liberación no sea fluctuante.

Esto representa una orientación sólida y debe tenerse presente al examinar qué sistema de ventilación debe seleccionarse para un lugar de trabajo dado.

6.5.5 Ventilación por desplazamiento

La ventilación por desplazamiento (o más correctamente la ventilación por desplazamiento térmico) no se utiliza ampliamente para el control de las sustancias peligrosas. Sin embargo, a menudo se puede encontrar en las plantas industriales pesadas, como acerías, donde hay grandes fuentes de alta temperatura. En este proceso, el penacho de aire caliente se eleva a la parte superior o techo y aire nuevo ligeramente más frío se introduce en el lugar de trabajo cerca del piso dejando a los trabajadores en un ambiente confortable.



(Fuente: AIOH 2007 - reproducido con permiso)

Figura 6.36 – Ventilación por desplazamiento térmico

Una aplicación industrial de este principio se puede ver en la Figura 6.37.

(Fuente: Fotografía de autor Colt Internacional Licensing Limited)

Figura 6.37 - Aplicación de desplazamiento térmico

Es interesante observar que la ventilación por desplazamiento puede ser mucho más eficiente que la ventilación por dilución. Para la ventilación por desplazamiento la altura del techo debe ser relativamente alta (3 m) para que sea eficiente.

El AIOH (2007) indica que la ventilación por desplazamiento funciona mejor cuando:

- Los contaminantes están más calientes que el aire circundante
- El aire de alimentación es ligeramente más frío que el aire circundante
- La habitación es relativamente alta (> 3 m)
- Hay un movimiento limitado en la habitación

La ventilación por desplazamiento no es común en muchos países, se practica rutinariamente en los países del norte de Europa.

6.5.6 Limitaciones de los Sistemas Generales de ventilación

Mientras la ventilación general se practica habitualmente como medio de control de contaminantes, hay una serie de limitaciones que deben tenerse en cuenta al seleccionar un sistema de ventilación para un lugar de trabajo:

- Agotar un volumen de aire igual a la capacidad de la zona de trabajo no garantiza que todo el aire en la zona se ha cambiado una vez, ya que el aire en el centro de la vía entre entradas y salidas se mueve bien y se cambia más de una vez, mientras que aire en las esquinas y en la zona lateral puede estar relativamente estancada. La fuente de un contaminante peligroso puede estar lejos de la ruta de flujo directo y óptimo de aire a través de la instalación y por lo tanto los niveles de contaminantes puede permanecer elevada
- El aire que lleva una sustancia peligrosa puede ser movido hacia el trabajador o transitar a otras estaciones de trabajo aumentando la exposición al contaminante

Los procesos que liberan grandes cantidades de material por un corto tiempo, exigen un alto nivel de movimiento de aire durante el corto tiempo de generación.

Desafortunadamente, el periodo de tiempo en que el contaminante está siendo liberado por lo general coincide con la presencia del trabajador.

Reducciones estacionales en la tasa de ventilación pueden reducir el flujo de aire en zonas peligrosas por debajo de las tasas deseables
Una pérdida de eficiencia puede ocurrir entre los tiempos de mantenimiento de rutina como conductos o filtro que se bloquean por excesos de polvo o en el mecanismo del ventilador.

Los cálculos de flujo asume que el aire que entra es, aire limpio de alta calidad y así no contribuye a la contaminación del aire de la habitación. Esto a menudo no es el caso.

La AIHA (2003) considera que la ventilación de dilución resulta menos eficaz y más costosa en las siguientes situaciones:

- Los contaminantes del aire son materiales altamente tóxicos
- Las concentraciones de contaminantes son peligrosas
- Se permite fumar en el espacio ocupado
- Las fuentes de emisión son fáciles de quitar
- Las emisiones varían con el tiempo
- Las fuentes de emisión se componen de grandes fuentes puntuales
- Las zonas de respiración de las personas están en las inmediaciones de las fuentes de emisión (es decir: menos de 1 metro)
- El edificio se encuentra en climas severos
- El aire exterior es más contaminado que el aire en el interior
- El sistema HVAC existente no es capaz de tratar el aire
- Otro factor que debe tenerse en cuenta es subestimar los cambios en el proceso en el lugar de trabajo

La introducción de fuentes de sustancias químicas o partículas nuevas o mayores puede ocasionar riesgos al sistema inicialmente establecido que no pueda manejar ahora. Un nuevo proceso puede incluir una sustancia cuyas concentraciones en el aire pueden estar a niveles inferiores a los previamente en uso. Incluso sin un cambio en las sustancias químicas o en el nivel total de producción en el aire de la

planta, los problemas surgen si el cambio de proceso abandona una tasa moderada constante de emisión a favor de las liberaciones más grandes intermitentes. La reorganización de las ubicaciones de los trabajadores para adaptarse al nuevo proceso podría resultar en la exposición a sustancias nocivas.

Durante un período de cambio a menudo la atención se centra en mejorar el costo y la eficiencia del proceso y es importante que tales fuerzas motrices sean contempladas con una evaluación científica de tales cambios en el lugar de trabajo. Esto se debe, pero a menudo no se hace, con los sistemas de ventilación.

7. PRINCIPIOS DE CONTENCIÓN

7.1 INTRODUCCIÓN

7.1.1 Definición de contención

Los términos -contención -aislamiento y –segregación- se usan indistintamente para describir los equipos, sistemas o procedimientos que se emplean para prevenir o reducir la exposición a sustancias peligrosas. En este caso el término de contención se utiliza para describir cualquier medida de control que reduce la exposición mediante el uso de una barrera para evitar el escape de materiales peligrosos para la salud en el lugar de trabajo circundante.

Vale la pena señalar que la contención también puede ser utilizada como un control de calidad del producto; es decir, que se puede utilizar contención para prevenir la contaminación o la degradación de los compuestos por el medio ambiente; por ejemplo, durante la fabricación de componentes electrónicos o productos farmacéuticos, se requiere de un entorno de fabricación controlado (Figura 7.1).

(Source: Adrian Hirst – reproduced with permission)

Figure 7.1

7.1.2 Uso de Contención

La contención se utiliza en las industrias manufactureras, especialmente en el manejo y producción de productos químicos; por ejemplo: fabricación de productos químicos, agroquímicos, productos farmacéuticos, industria petroquímica.

La contención tiende a ser utilizada como una medida de control para reducir el nivel de riesgo a partir de los siguientes peligros:

- Inflamabilidad
- Explosividad
- Toxicidad

7.1.3 Contención Primaria y Secundaria

En algunos casos es posible y útil clasificar la contención en dos tipos diferentes, dependiendo de su función:

La contención primaria puede ser definida como el primer nivel de contención, es decir, la parte interior del recipiente que entra en contacto inmediato en su superficie interior con el material que contenía.

La contención secundaria es una medida de control para evitar emisiones imprevistas de compuestos tóxicos o peligrosos en áreas de trabajo no controladas. Como tal, este es un nivel de contención que es externo y separado de la contención primaria.

A un nivel sencillo un ejemplo de contención primaria es el uso de un recipiente intermedio a granel o el tambor sellado para contener un líquido, mientras que la contención secundaria es el uso de una bandeja de goteo para capturar cualquier liberación de los bidones.

7.1.4 Integración de Contención Con Otras medidas de control

Todas las medidas de control deben integrarse entre sí para trabajar de forma aditiva o sinérgica y no antagónica. Esto es particularmente importante con respecto a las soluciones de contención. Es igualmente clave entender como las medidas de control deben tenerse en cuenta desde la etapa del diseño. En particular, la contención a menudo está diseñada para incorporar la ventilación como una medida

de control. Es esencial que los diseñadores de contención tengan un buen conocimiento de ventilación general y de escape local con el fin de combinar los dos. Del mismo modo el funcionamiento de los controles de contención requerirá una cantidad significativa de control administrativo en términos de las prácticas de trabajo, información, instrucción y capacitación.

Los dispositivos de contención se pueden clasificar en dos tipos, dependiendo del modo de operación:

- **Dispositivos de barrera:** Aquí es donde una o más barreras se colocan entre el operador y la fuente de exposición. Por ejemplo la mezcla de productos químicos se lleva a cabo dentro de un recipiente cerrado herméticamente.
- **Combinación barrera- dispositivos LEV:** Por ejemplo, una campana de laboratorio con una pantalla tipo ventana de guillotina de altura ajustable. El uso de la LEV para mantener la contención mediante la creación de presiones negativas es especialmente importante.

7.1.5 Integración de Contención Con Diseño de Procesos

En muchos casos es conveniente integrar el diseño de contención con la del proceso y, como tal, la contención influirá en el diseño del proceso. La contención es mucho más difícil de aplicar como medida de control cuando se considera en la fase de puesta en marcha.

7.1.6 Procesos Industriales Típicos que Requieren Contención

La fabricación de productos químicos puede implicar a un número significativo de los siguientes procesos.

- Pesaje / dispensación de materias primas sólidas
- Adición de sólido / líquido y/o de los reactivos gaseosos a recipientes de reacción.

- La reacción controlada de productos químicos con el producto subsiguiente y por la generación de productos.
- Las etapas de purificación que puede implicar la adición y eliminación de materiales.
- La cristalización de un producto sólido
- Separación de los productos de licores
- El secado
- La eliminación del producto a contenedores
- Fresado y Mezcla

La escala y la naturaleza de estas operaciones pueden variar dependiendo del producto que se utilice y de las formas de fabricación como pintura, polvo de jabón o alimentos.

- Operaciones de transferencia que implican sólidos:
  - Operaciones de dispensación
  - Carga de equipos
  - Equipo de separación sólido-líquido
  - Secador de Descarga
  - Fresado y Mezcla
  - Eliminación de impurezas sólidas

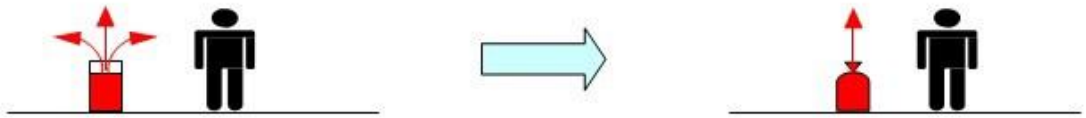
- Operaciones de transferencia con líquidos:
  - Carga y descarga de vagones cisterna
  - Transferencias en tambores y contenedores a granel
  - Transferencias en pequeños contenedores
  - Transferencias de líquidos presurizadas
  - Llenado de contenedores

- Transferencias Gaseosas:
  - Toma de muestras de control de calidad
  - Contención Proceso
  - Limpieza de la planta.

7.2 TIPOS DE EQUIPOS DE CONTENCIÓN

7.2.1 Cajas simples y pantallas

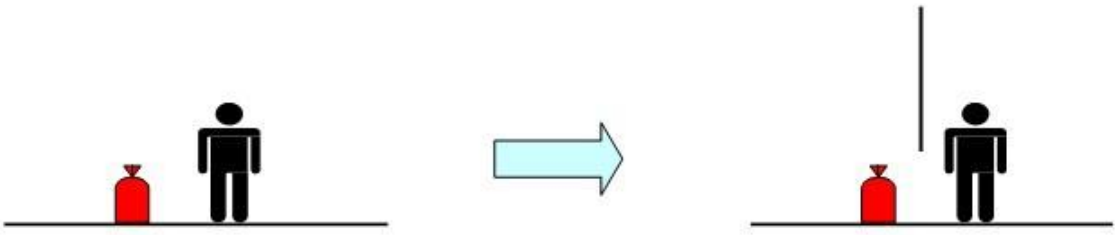
En la contención el nivel más simple se utiliza para el almacenamiento de sustancias peligrosas. Encerrando sustancias con contenedores sellados se pueden prevenir o reducir al mínimo las emisiones en el lugar de trabajo (Figura 7.2). Ejemplos de este tipo de contención incluyen: el uso de tapas y contenedores especializados y dispensadores, tales como latas de émbolo.



(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.2

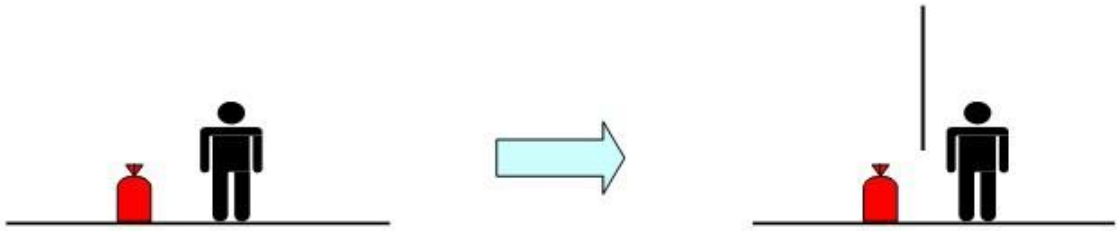
El uso de una barrera simple pero incompleta entre el operador y la sustancia también puede actuar como contención. Esta barrera tiene también el efecto de influir en el comportamiento del operador ya que les impide llevar a cabo ciertas actividades que pueden aumentar su exposición (Figura 7.3).



(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.3

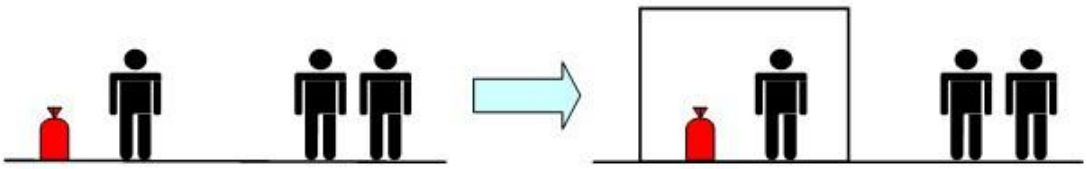
Este tipo de contención se puede combinar con tubos de ventilación para aumentar los efectos de los dos tipos de control (Figura 7.4). La barrera actúa para controlar la dirección del flujo de aire.



(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.4

La segregación de sustancias y actividades ya sea por la distancia de la contención física también puede reducir la exposición en virtud del hecho de que menos personas están expuestas (Figura 7.5). Un ejemplo de este tipo de contención es la separación de las diferentes actividades (soldadura, pintura, etc.) en la industria manufacturera en general.

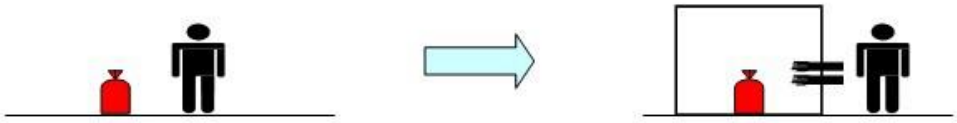


(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.5

7.2.2 Aisladores

Un aislador es cualquier entorno localizado creado por un recinto sellado a fin de lograr la contención (Figura 7.6). Para los fines de esta introducción a los controles del lugar de trabajo, puede ser útil considerar un aislador -un dispositivo similar a una caja de guantes-. Los aisladores se utilizan en laboratorios biológicos, la industria nuclear y la industria farmacéutica o en cualquier lugar que requiere un alto nivel de contención. Los aisladores vienen en una amplia gama de diseños y pueden ser estructuras rígidas compuestas de acero inoxidable y de vidrio o pueden ser unidades flexibles de plástico simples.

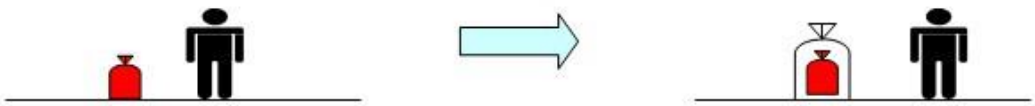


(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.6

7.2.3 El exceso de ensacado

La envoltura o la doble bolsa de materiales para fines de almacenamiento o transporte, proporciona un mayor grado de contención primaria, así como un grado de contención secundaria (Figura 7.7). Un ejemplo de este tipo de contención se emplea durante la eliminación del asbesto, donde los materiales de desecho se envuelven en dos capas; la capa exterior de plástico transparente facilita la inspección de la integridad de la contención lograda.



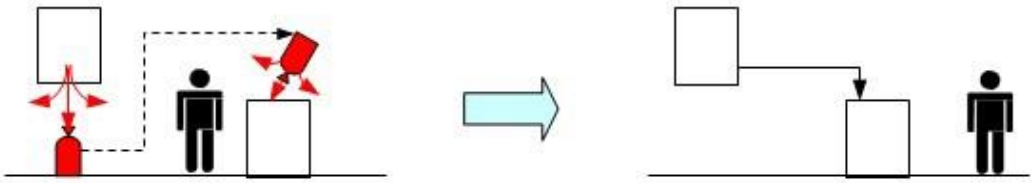
(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.7

7.2.4 Dispositivos de Transferencia

Los aisladores son útiles para llevar a cabo reacciones o actividades específicas que necesitan ser transferidos dentro y / o fuera de estos y de otros dispositivos. El uso de técnicas de transferencia de vacío o tuberías directas y transportadores representan formas para lograr la contención (Figura 7.8). Un ejemplo de este tipo de contención es la transferencia de harina en fábrica de

alimentos utilizando un dispositivo de soplado para enviar a lo largo de una tubería a una tolva de dispensación.

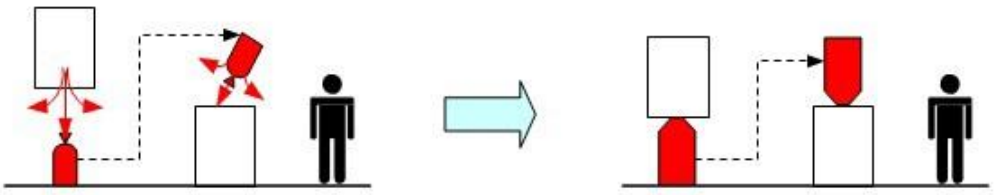


(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.8

7.2.5 Dispositivos de acoplamiento

Otra técnica de contención utilizada en la transferencia de materiales es el uso de dispositivos de acoplamiento donde los contenedores sellados están vinculados directamente con los dispositivos de los que se llenan o vacían. Esta técnica permite que los materiales se almacenen en recipientes intermedios en lugar de ser transferidos directamente. Los dispositivos de acoplamiento pueden ser por simple gravedad alimentadores de rampas o dispositivos de ingeniería más complicados como válvulas de mariposa e (Figura 7.9). Un ejemplo de este tipo de confinamiento son las botellas utilizadas para tóner de fotocopiadora o el uso de contenedores a granel para aplicaciones tales como la fabricación de espuma de poliuretano.

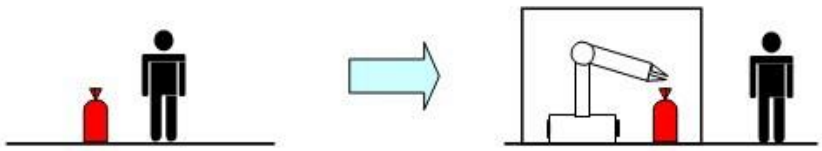


(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.9

7.2.6 Manipulación Remota

Cuando el nivel de contención debe ser máximo, los recintos pueden utilizarse para encerrar todo el proceso y la actividad se lleva a cabo de forma remota mediante dispositivos automatizados (Figura 7.10). Este tipo de contención se utiliza en la industria nuclear.



(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.10

7.3 DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN

El diseño y la aplicación efectiva de las medidas de control de contención requieren un conocimiento profundo de las sustancias peligrosas implicadas y los procedimientos que se utilizan. Puesto que existe una fuerte interacción entre el uso de la contención con LEV y las cuestiones de ergonomía, a menudo es una buena práctica utilizar maquetas de contención en la etapa de diseño.

El uso de modelos y maquetas de tamaño completo, así como imágenes 3D en el ordenador, permiten a los empleadores evaluar si se cumplen los requisitos ergonómicos de una tarea. Por ejemplo, algunos ejemplos de las fotos que se muestran al final de esta sección, habrían sido difíciles de producir sin la elaboración previa de maquetas.

Maquetas completas elaboradas con materiales baratos y flexibles también pueden ser una ayuda útil para evaluar la eficacia de un diseño LEV.

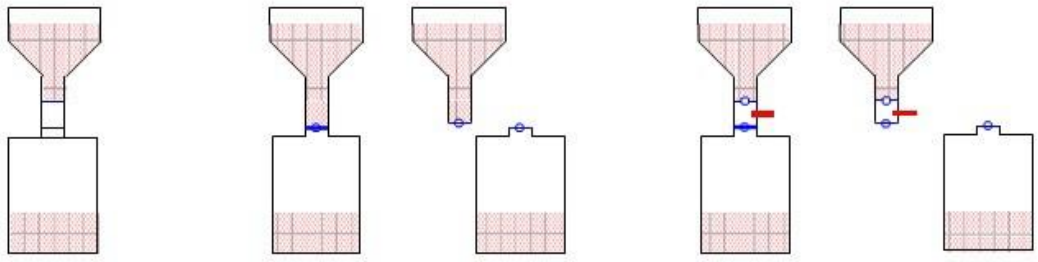
El uso de un enfoque de bandas de control se adopta con frecuencia para determinar el nivel de contención que se requiere.

7.3.1 Sistemas de alto nivel de contención

Los altos niveles de contención tienden a ser implementados cuando se utilizan materiales peligrosos que tienen límites de exposición bajos o cuando están presentes grandes cantidades de materiales más polvorientos/volátiles. Por ejemplo el almacenamiento de líquidos inflamables en la industria del petróleo normalmente requiere un alto nivel de contención, como trabajar en laboratorios biológicos y de industria nuclear. Un alto nivel de contención requiere de un diseño cuidadoso y precisión en la ingeniería.

El nivel de contención logrado en este caso se refina mediante el uso de formas cada vez más complejas de ingeniería. Por ejemplo, la Figura 7.11 muestra tres diferentes niveles de contención utilizados para cerrar el suministro de polvo al llenar recipientes por gravedad. En la primera etapa una válvula de mariposa sencilla corta la alimentación por gravedad de polvo desde arriba. Esto evita la fuga de masa del material pero deja en el recipiente abierto algún residuo en la boca de la válvula de mariposa.

En la segunda etapa, el recipiente está conectado físicamente a la unidad de distribución y una válvula de mariposa está empotrada. La válvula de mariposa sella tanto el suministro como el contenedor pero deja la posibilidad de que pequeñas cantidades de material estén presenten donde las dos válvulas se encuentran. En la tercera etapa se utiliza una válvula de mariposa, pero un suministro de aire comprimido también se utiliza para soplar el residuo de la válvula antes de que se cierre.



Etapa 1 Etapa 2 Etapa 3

(Fuente: Adrian Hirst - reproducido con permiso)

Figura 7.11

Los tipos de equipos utilizados en las instalaciones de contención de alto nivel son las siguientes:

- **Aisladores:** Recintos sellados en los que la sustancia peligrosa está contenida, mientras el trabajo se lleva a cabo en él.
- **Tecnología de sala limpia:** - Las habitaciones dotadas de aire filtrado para mantener condiciones asépticas, asegurar la ventilación general adecuada, así como la transferencia de límite de materiales desde y hacia las zonas adyacentes.
- **En la limpieza proceso:** Instalaciones de lavado y limpieza que permiten que el equipo debe limpiarse rápida y fácilmente en el sitio.
- **En mantenimiento del proceso:** Diseños que permiten actividades tales como cambio de filtro en un aislador a llevarse a cabo sin tener que limpiar y desmontar todo el aparato.
- **Válvulas de mariposa:** Sistemas que minimizan los depósitos en las superficies después de componentes de sellado han sido separados.
- **Sistemas de acoplamiento:** Dispositivos de acoplamiento directos que están diseñados específicamente para enlazar a la siguiente etapa del proceso.
- **Cajas de paso:** Antecámaras aisladoras que permiten condiciones controladas de materiales para entrar y salir del aislador. Una caja de paso normalmente consta de dos puertas, una en el lugar de trabajo y otra en el aislador. Las puertas están entrelazadas impidiendo la apertura.

7.4 OTRAS CONSIDERACIONES

7.4.1 Control de los Residuos y Emisiones

Cualquier material que se retira de un sistema de contención, ya sean productos o materiales de desecho, tienen el potencial de estar contaminados con materiales peligrosos. Cualquier forma de contención, por tanto, requerirá la debida consideración, a tener en cuenta en el tratamiento de materiales a medida que se retira de este.

Residuos procedentes de sistemas de contención: Bolsas vacías, tambores y revestimientos etc, contendrán restos de los materiales que se mantuvieron dentro de ellos. El manejo de estos materiales puede dar lugar a exposiciones importantes; por ejemplo, al disponer de una bolsa vacía para su eliminación.

Contención de elementos con filtro: Será necesario cambiar los consumibles, tales como elementos con filtros que requieran ser eliminados. Esto puede resultar en exposición, así como un fallo temporal del sistema de contención.

Ropa contaminada: Ropa y otras formas de EPP / EPR pueden estar contaminados y requerirán controles específicos, con el fin de garantizar su manipulación, limpieza y / o eliminación.

Gases de escape que contienen vapores o partículas peligrosas: Estos pueden ser generados por el proceso o inducidos como parte del equipo de contención. Tendrán que ser consideradas la limpieza y la descarga de los gases subsiguientes. Cuando se necesitan altos niveles de contención entonces el nivel de filtración tendrá que ser alto; por ejemplo: uso de filtros HEPA en los aisladores de la industria farmacéutica.

Contaminación por drenaje y limpieza de líquidos: Los líquidos invariablemente necesitan ser utilizados para fines de limpieza. Estos plantean consideraciones muy diferentes cuando se trata de la exposición potencial y eventual disposición.

7.4.2 Prevención y Control de Explosiones

La acumulación de altas concentraciones de polvo, gases y vapores inflamables, puede dar lugar a la posibilidad de explosión. El acto de contención significa que las sustancias se encuentran en un espacio más pequeño que a su vez significa que las concentraciones localizadas son más altas. Esto significa que la introducción del concepto de la contención puede aumentar la probabilidad así como la gravedad de explosión.

Está más allá del alcance de este curso, dar detalles sobre el diseño de las instalaciones y equipos para la prevención y control de las explosiones. Sin embargo, siempre se debe reconocer que cuando la contención se introduce como una medida de control, la prevención y el control efectivo de potenciales explosiones deben ser considerados.

El diseño de cualquier sistema de contención que implica atmósferas potencialmente explosivas deben incorporar características de diseño que eviten la ocurrencia de una explosión, así como mitigar los efectos en el caso de que se manifieste el fenómeno.

Prevención de explosiones: Esto se puede lograr usando una variedad de técnicas tales como:

- ✓ La eliminación de las fuentes de ignición: fuentes eléctricas, el calor, la electricidad estática, etc.
- ✓ La prevención de concentraciones explosivas

Medidas de mitigación: Esto se logra usando técnicas tales como:

- ✓ Supresión de explosión - el uso de sensores y extintores de incendios para reaccionar rápidamente y apagar las explosiones a medida que empiezan.
- ✓ La compartimentación - la división de una contención en unidades más pequeñas para evitar la propagación de una explosión a otras partes del sistema.

7.4.3 Operación y Mantenimiento de dispositivos de contención

Al igual que con todas las formas de exposición, controlar el correcto funcionamiento y el mantenimiento de dispositivos de contención es esencial si se quiere que sean eficaces.

Información, instrucción y capacitación sobre el uso correcto del dispositivo - Procedimientos operativos.

Controles periódicos y examen exhaustivo. En el Reino Unido las normas COSHH requieren que todas las formas de medida de control sean inspeccionadas y probadas de manera regular.

El mantenimiento y reparación de dispositivos de contención pueden presentar un mayor potencial para la exposición que durante su uso habitual. La limpieza de los dispositivos y actividades, tales como el cambio de las piezas consumibles, debe considerarse en la etapa de diseño tanto como el normal funcionamiento de los dispositivos. Todo el personal de mantenimiento debe ser protegido durante cualquier proceso que puede exponerlos a los contaminantes. Esto puede implicar el uso a corto plazo de equipos de protección personal

7.4.4 Limitaciones de los Sistemas de Contención

Los sistemas de contención tienen debilidades inherentes que se derivan de la naturaleza de su diseño.

Puntos de transferencia: Siempre que un material sea removido en o alrededor de un sistema de contención existe el potencial de liberación de sustancias peligrosas. En muchos casos, los puntos de transferencia tienen que ser especialmente diseñados para minimizar la liberación de estas sustancias.

Sellos: Las juntas en los sistemas de contención tienen el potencial de presentar fugas. Las fugas pueden ocurrir como resultado de la descomposición del material o debido a un mal diseño o la contaminación durante el uso.

Limpieza: El diseño de sistemas de contención implica que ambos necesitan limpieza y al mismo tiempo se vuelven difíciles de limpiar. En algunos casos, esto se supera mediante la instalación de procesos con dispositivos de limpieza.

Garantía de calidad de muestreo: El requisito para tomar muestras de material con fines de garantía de calidad puede presentar problemas particulares. En primer lugar podría requerirse romper el contenedor con el fin de recoger la

muestra. En segundo lugar, la muestra obtenida debe estar contenida mientras se lleva a cabo el ensayo de control de calidad.

Problemas ergonómicos: El uso de contención puede limitar severamente la forma en que se trabaja y, como tal, la eficiencia con que se hace. Por ejemplo el trabajo de pesaje dentro de un aislador en lugar de un banco abierto o cabina de extracción podría fácilmente duplicar o triplicar la cantidad de tiempo requerido.

7.4.5 Desarrollos futuros

Hay una serie de factores que indican que la contención podría convertirse en un método cada vez más importante para controlar la exposición.

- La tendencia de reducir continuamente exposiciones -los requisitos legales se vuelven más estrictos-, significa que se necesitará de la utilización de contención en lugar de métodos menos efectivos o menos deseables de control; por ejemplo, reducir la dependencia de EPR.
- El desarrollo de los compuestos más potentes en las industrias farmacéuticas y químicas significa que será necesario mejorar los niveles de control, y de cómo se desarrollan y controlan ingredientes activos que tienen límites de exposición más bajos.
- La aparición y el crecimiento de la nanotecnología presentan una nueva gama de riesgos, que sólo pueden ser confiadamente controlados mediante el uso de la contención.

7.5 PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE CONTENCIÓN

Es importante asegurarse de que cualquier medida de control que se introduce esté funcionando eficazmente. El acto de demostrar la eficacia de una solución de contención se denomina –Validación- y consiste en el examen visual de los controles, así como la realización de pruebas objetivas tales como el monitoreo del aire, la prueba de fugas y el uso de lámparas de polvo.

La validación específica puede ser necesaria por varias razones:

- Puede que no sea posible determinar visualmente que la contención es efectiva, por ejemplo: cuando se utilizan compuestos potentes con OEL (TLVs) bajos como en la industria farmacéutica.
- Es necesario validar la contención para asegurarse de que está protegiendo el producto (control de procesos), así como al operador (control de la exposición).

El tipo y extensión de cualquier prueba de validación variará dependiendo de la naturaleza de las sustancias que intervienen y el nivel de contención que se espera alcanzar. En un nivel simple la evaluación de los dispositivos de contención se puede lograr utilizando evaluaciones cualitativas. Al tratar de verificar la contención en los dispositivos que controlan compuestos altamente potentes con límites muy bajos de exposición, se puede requerir luego una prueba más detallada y específica. Ciertas mediciones pueden requerir niveles de sensibilidad tan bajos como 5 nanogramos / m3. Esto es el equivalente a un grano de polen en un salón de tamaño medio.

Un ejemplo de una técnica de validación detallada de contención es el descrito en las directrices SMEPAC (medición estandarizada de concentración de partículas en aire). Esto implica tomar muestras de aire estáticas en los todos de posibles puntos de emisión en un sistema de contención. Los resultados de los puntos de emisión individuales se suman para producir un estimado de la liberación de todo el sistema.

Es común en muchas industrias realizar pruebas de aceptación en fábrica (FAT) y pruebas de aceptación en las instalaciones (SAT). Los protocolos para esto varían dependiendo de lo que se ha acordado entre el cliente y el proveedor, pero normalmente contienen una gran cantidad de pruebas para las que ambas partes han acordado normas específicas.

La prueba de aceptación en fábrica (FAT) es normalmente la primera etapa del proceso de aceptación e involucra una serie de pruebas en el equipo, en las instalaciones del proveedor.

Pruebas de Aceptación del sitio (SAT) se llevan a cabo in situ en las instalaciones del cliente durante y después de la instalación de los equipos.

Normalmente ambas pruebas FAT y SAT cubrirán la calidad de la producción y las cuestiones de eficacia, así como la evaluación de la contención. Las pruebas pueden llevarse a cabo en condiciones normales de funcionamiento o bajo las peores condiciones.

7.6 ALGUNOS EJEMPLOS ESPECÍFICOS DE CONTENCIÓN

Los siguientes son algunos ejemplos específicos de contención que se utilizan en diferentes industrias.

Ejemplo Industria petroquímica

Productos petroquímicos a granel son manejados invariablemente en una planta química diseñada para minimizar el potencial de las emisiones al aire y al agua.

Ejemplos típicos de las medidas de control y sistemas aplicados para garantizar tales condiciones estrictamente controladas incluyen:

- Transferencias cerradas diseñadas para evitar fugas; por ejemplo, líneas de transferencia auto drenantes.
- Métodos de alta integridad de la carga y descarga de materiales (por ejemplo, los acoplamientos de rotura secos, captura y recuperación de vapor).
- Planta diseñada para facilitar el drenaje y el lavado de los equipos de la planta antes de mantenimiento, con el reciclaje y / o disposición adecuada de los desechos.
- Alta integridad (baja emisión) empaquetaduras de válvulas y juntas de brida.
- Sistemas en línea, controles de proceso y / o contenidos de muestreo de proceso.
- Bombas de baja emisión, por ejemplo: juntas magnéticas, mecánicas.
- Seguimiento e inspección de fugas para reducir las emisiones fugitivas de rutina.

En su próxima visita a una estación de gasolina, eche un vistazo a la clase de controles de contención que existen, aquí están algunos ejemplos:

- La boquilla de llenado de combustible se ajusta a su coche y tiene un dispositivo para cortar el suministro cuando está lleno.
- Hay una envoltura alrededor de la parte superior de la boquilla que ayuda a reducir las salpicaduras y dispersar los vapores.
- Los tanques de almacenamiento subterráneos están equipado con filtros para igualar presiones y reducir las emisiones, mientras se llenan y vacían.

Ejemplo de Industria Química

En la manipulación de productos químicos en las plantas de manipulación de lotes de química fina, será necesario que las instalaciones y sistemas estén diseñados para minimizar el potencial de las emisiones al aire y al agua.

Ejemplos típicos de las medidas de control y sistemas que se podrían encontrar para entregar tales condiciones estrictamente controladas incluyen:

- Transferencias de material a través de los sistemas cerrados (por ejemplo: envases semi-granel)
- Sistemas de carga cerrado y ventilado (por ejemplo: cortadoras de bolsa con la eliminación integral del paquete)
- Descarga de arreglos diseñados para minimizar las emisiones (por ejemplo: en bidones / barriles a través de cabezales neumáticos y revestimientos continuos; cabinas ventiladas con lavado de escape)
- Planta diseñada para facilitar el drenaje y lavado (y desintoxicación) de elementos del equipo antes del mantenimiento
- Máximo uso se hace de los sistemas automatizados de control de proceso para reducir al mínimo las intervenciones manuales
- Sistemas de muestreo (por ejemplo: armarios ventilados o bombas de muestra)

Ejemplos de la Industria Farmacéutica

Transferencias de polvos farmacéuticamente activos suelen utilizar sistemas de acoplamiento y cerrados directos, a veces combinados con el uso de cabinas de flujo de aire unidireccionales. Los ejemplos incluyen:

- Diseño de dispositivos de flujo de aire
- Recintos ventilados, por ejemplo: flujo laminar / cabina de contención de polvo
- Trenes de proceso vertical, con materiales que fluye por gravedad en instalaciones cerradas
- Válvulas especializadas tales como válvulas de mariposa
- Transferencia de vacío de materiales
- Recipientes para granel

Para materiales muy potentes, se necesitan procesos totalmente cerrados. Los ejemplos incluyen:

- Tecnología de aislamiento (por ejemplo: cajas de guantes, aisladores)
- Los aisladores de pared (bolsas de guantes)

Las siguientes fotografías ilustran algunos de los controles utilizados en la industria farmacéutica.

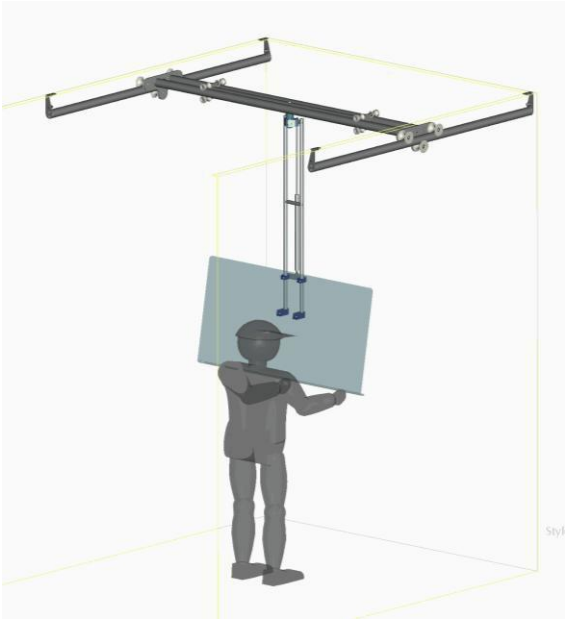
(Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.12

La figura 7.12 muestra la configuración para la dispensación y pesaje de compuestos potentes. El otro extremo de la habitación es una cabina de flujo descendente con aire limpio que baja de los paneles en el techo. El aire se extrae a continuación a nivel del suelo a través de los paneles de acero inoxidable.

Una hoja de plástico transparente con guantes integrales en forma de contención que aumenta la cabina de flujo descendente.

El aislador de acero inoxidable en el primer plano permite un mayor grado de contención para pesar y mezclar cantidades más pequeñas.



(Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.13

La figura 7.13 muestra un diagrama de diseño asistido por ordenador de una pantalla móvil. La pantalla se puede utilizar durante la dispensación y representa una forma simple de barrera de contención. La pantalla está prevista para la instalación dentro de una cabina de flujo hacia abajo y se puede mover de lado a lado y de arriba a abajo para lograr el control y acceso.

Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.14

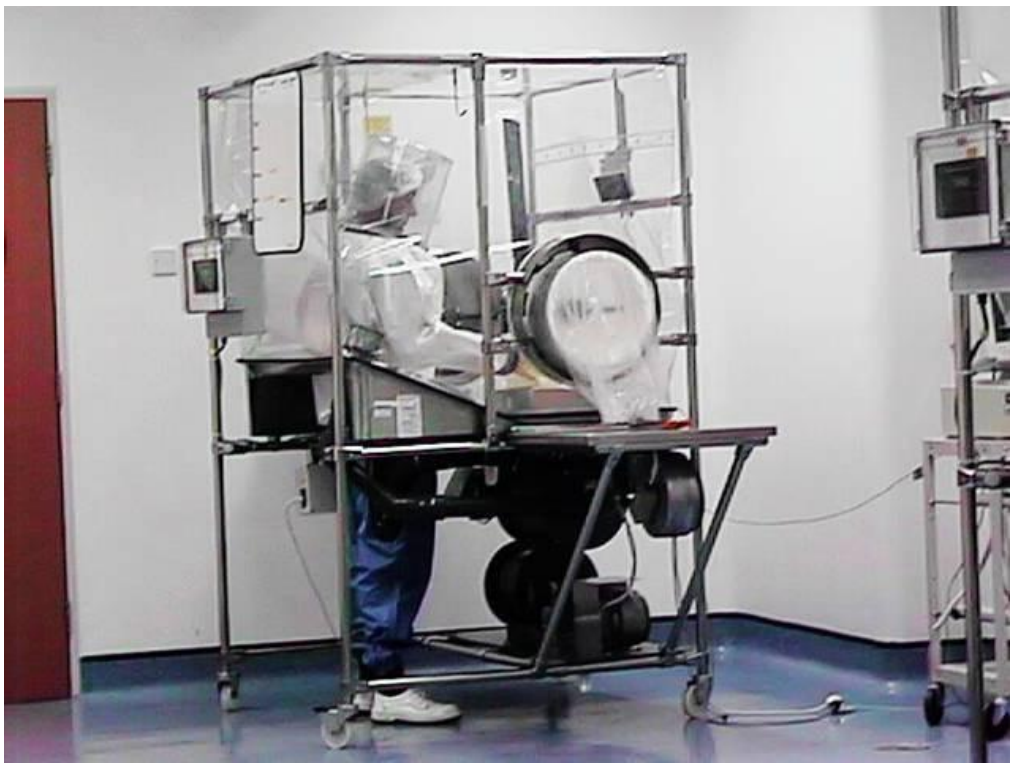
La figura 7.14 muestra una instalación de envasado de producto que utiliza la contención. El producto se descarga en un secador, a través del transportador de tornillo. Se transfiere entonces a un -Big Bag. Un sistema de descarga de -STOTT (neumático inflable) asegura que no es un sello alrededor de la entrada a la bolsa. La bolsa está situada dentro de un plástico. La unidad se maneja desde un panel de control adyacente, pero fuera de la cabina ventilada.

(Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.15

La figura 7.15 muestra un aislador típico. El trabajo se lleva a cabo dentro de la cámara, el acceso a la unidad se consigue a través de los puertos de guantes.

Tenga en cuenta los indicadores de presión en la parte superior de la unidad que indican si se está logrando la presión negativa correcta.



(Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.16

La figura 7.16 muestra un aislador de medio traje. El gabinete de plexiglás transparente proporciona la contención de la actividad con el operador de acceso desde abajo. El uso de un medio traje permite un buen acceso para el operador.

Los materiales pueden ser transportados dentro y fuera del dispositivo mediante el revestimiento de plástico flexible en el puerto circular en el lado.

La unidad se mantiene bajo presión negativa por el sistema de ventilación y bajo filtración. El sistema también es portátil y puede ser movido a diferentes áreas.

(Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.17

La figura 7.17 muestra una forma simple de contención que ha sido fabricado en la empresa utilizando láminas de plástico transparente y cinta adhesiva.

La provisión de puertos de acceso permite al operador abrir y cerrar la tapa del recipiente sin liberar demasiado material. En este caso se requiere el acceso a corto plazo a los vasos para raspar el material que se acumula en la tapa.

(Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.18

La figura 7.18 muestra una unidad de llenado de bolsa donde los polvos se dispensan desde arriba en una bolsa de plástico transparente. Un sello hermético se logra en la bolsa utilizando una junta inflable (la banda blanca en el centro de la imagen). Esta se infla con aire comprimido antes de que se disperse en polvo. Además la contención se consigue por los tres lados de la cámara, que se ve aumentada por la extracción en la parte trasera.

(Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.19

Figura 7.19 muestra otra forma de decantación de productos en bolsas de plástico - esta vez como un revestimiento de plástico dentro de un tambor. Un revestimiento continuo se utiliza en lo que se había estirado para cada nuevo tambor.

La línea roja indica el lugar donde el revestimiento se liga dos veces antes de cortarla. De esta manera la unión inferior sella el producto dentro del tambor, mientras que la unión superior la base de la siguiente bolsa y evita la fuga de la unidad de distribución. De nuevo la instalación se ve aumentada por el uso de LEV en la parte trasera del tambor.

(Fuente: GSK - reproducido con permiso)

Figura 7.20

La figura 7.20 muestra una campana de extracción modificada a lo largo de la parte superior de un tambor de disolvente. Esto ilustra el principio de combinar la contención con ventilación local y cómo esto mejora el rendimiento de ambos.

8. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

8.1 GENERAL

8.1.1 Introducción

En la gestión de los riesgos de salud y seguridad en el trabajo y en particular en el control de sustancias peligrosas, hay tres enfoques amplios que se pueden utilizar individualmente o en combinación, como se ha mencionado anteriormente. Ellos pueden ser descritos como:

- Ingeniería, tales como la ventilación
- Administrativo, tales como señales, procedimientos o sustitución, y el último recurso
- Equipo de protección personal (EPP)

La selección correcta del Equipo de protección personal (EPP) resulta difícil para aquellos empleados o supervisores que carecen de los conocimientos y la experiencia adecuada; en particular cuando se trata del EPP requerido para el control de sustancias peligrosas. Con demasiada frecuencia, esto se traduce en un EPP mal seleccionado; poco o ningún entrenamiento en su uso y limitaciones (con el agravante de que el usuario cree que el EPP le está proporcionando una protección absoluta).

Los estándares nacionales e internacionales normalmente proporcionan recomendaciones para la selección y uso de los EPP y los criterios de rendimiento requeridos.

Cabe señalar que actualmente no existe una armonización global con respeto a las normas para los EPP. Mientras que algunas normas como las de la Organización Internacional de Normalización (ISO) han sido adoptadas por diversas organizaciones y por entes gubernamentales nacionales, sin duda hay diferencias entre los diferentes países, sobre todo en lo referente a la protección personal respiratoria.

8.1.2 Tipos de EPP

Los EPP están diseñados para proteger el cuerpo humano de la interacción con los productos químicos y / o contacto con los peligros de la energía. Hay muchos tipos de EPP e incluyen:

- Protección de la Cabeza
- Protección de Ojos y Cara
- Protección Auditiva
- Protección Respiratoria
- Protección de las manos
- Protección del cuerpo
- Protección para los pies
- Protección contra caídas

8.1.3 Programas de EPP

Cuando se requiere el uso de los EPP, la empresa debe establecer un programa o un conjunto de procedimientos de rutina, asignando la responsabilidad de administrar este programa a una persona competente. La persona ideal debe tener formación técnica y profesional que le permita la toma de decisiones acertadas sobre la base de la evaluación y la comprensión de los riesgos en el trabajo, preferiblemente un profesional de seguridad, higienista ocupacional o un médico. En una pequeña empresa puede ser el propietario o supervisor.

Un programa básico debe incluir los siguientes aspectos:

- Reconocimiento médico a cada empleado al que se le ha asignado algún EPP (cuando sea necesario); por ejemplo: para las vías respiratoria, auditiva y ocular.
- Un plan de formación dirigido a los empleados, para que estos puedan familiarizarse con el EPP y tengan en cuenta su uso adecuado, la naturaleza del peligro y la necesidad de protección.

- Tener en cuenta que todo EPP tiene algún factor limitante inherente a su diseño y uso. Las limitaciones deben ser conocidas y comprendidas por el usuario.
- Asignación de los EPP y ropa de protección para uso exclusivo de los empleados (siempre que sea posible). Esto no sería normalmente aplicable a los equipos cuyo uso está destinado para la atención en caso de emergencias.
- Ajuste correcto del EPP.
- Limpieza regular y desinfección de los equipos y/o la ropa.
- Almacenamiento adecuado de los equipos y/o la ropa por ejemplo: armarios adyacentes a la zona de trabajo.
- Provisión para la inspección periódica y mantenimiento de los equipos y la sustitución cuando sea necesario.
- Una evaluación periódica por el administrador del programa para asegurar su funcionamiento y eficacia contínua.

Para el propósito de este manual solo consideraremos en detalle los siguientes tipos de EPP:

- Equipo de Protección Respiratoria
- Ropa de protección química
- Guantes, y
- Protección de ojos y cara

8.2 EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA

8.2.1 Introducción

El equipo de protección respiratoria (respiradores) está diseñado para proporcionar protección contra uno o más de los siguientes riesgos:

- Deficiencias de oxígeno
- Contaminantes en forma de partículas

- Contaminantes en forma de gas o vapor

Cabe señalar que el uso de los respiradores para la protección contra partículas, gases y vapores no proporciona necesariamente protección contra deficiencias en oxígeno.

Los respiradores ayudan a proteger contra ciertos contaminantes en el aire mediante la reducción de las concentraciones en la zona respiratoria por debajo de los valores límite permisible. El mal uso de los respiradores puede resultar en una sobreexposición al contaminante y causar enfermedad o muerte. Por esta razón, la adecuada selección del respirador, la capacitación, el uso y el mantenimiento, son obligatorios para que el usuario esté debidamente protegido.

8.2.2 Limitaciones generales de uso

- Los respiradores purificadores de aire no suministran oxígeno.
- Cuando las concentraciones de contaminantes son un peligro inmediato para la vida o la salud (IDLH), cuando las concentraciones son desconocidos, o las atmósferas contengan menos del 19,5% de oxígeno, debe usarse un equipo de respiración autónomo (SCBA) o línea de aire en combinación con SCBA.
- No abusar o hacer mal uso del respirador.
- No usar respiradores ajustados o caretas holgadas con barbas u otras condiciones de vello facial que impiden el contacto directo entre la cara y el borde de sellado del respirador
- No utilizar cuando los niveles de concentración en aire excedan las concentraciones máximas de uso establecidas por las autoridades reguladoras.

Nota: IDLH es un término originalmente introducido por NIOSH en los EE.UU. para ayudar en la selección de equipos de protección respiratoria. NIOSH define una condición IDLH como "aquella que represente una amenaza de exposición a contaminantes en el aire cuando es

probable que cause la muerte o efectos adversos inmediatos y permanentes para la salud " (NIOSH 2004)

8.2.3 Tipos de respiradores

Hay dos tipos principales de respiradores:

- Respiradores purificadores de aire
- Respiradores con suministro de aire

a) Respiradores purificadores de aire

Existen dos tipos principales de respiradores purificadores de aire:

- Respiradores que filtran las partículas a través de medios mecánicos, y
- Respiradores para gases y vapores

También se dispone de filtros combinados (partículas, gases y vapores) cuando los contaminantes están presentes en estos tres estados.

El modo de suministro de aire al usuario puede ser uno o una combinación de dos tipos:

b) Respirador sin suministro de aire

El aire contaminado es retenido en un filtro a través del proceso de respiración que realiza el usuario. El respirador puede consistir en un filtro desechable, una media máscara o pieza facial con uno o más filtros reemplazables, una careta completa con uno o más filtros reemplazables, o un clip de boquilla con un filtro integral.

Figura 8.1 – Respirador filtrante o desechable

Figura 8.2 – Respirador media cara

Figura 8.3 – Respirador cara completa

(Fuente: 3M Australia Pty Limited - reproducido con permiso)

- **Respirador de aire forzado**

El aire contaminado se extrae a través del filtro o filtros por medio de un ventilador y se entrega al espacio encerrado por la careta bajo presión positiva.

El respirador puede ser de media máscara o máscara completa, con uno o más filtros reemplazables y un ventilador operado por una batería. Estos respiradores son a menudo conocidos como respiradores purificadores de aire (PAPRs).

Figura 8.4 - Respirador purificador de aire forzado

(Fuente: 3M Australia Pty Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.4 - Respirador purificador de aire forzado

Hay varios tipos de filtros purificadores de aire:

- **Filtros para partículas**

  Actualmente existen diferentes terminologías utilizadas internacionalmente para describir este tipo de filtros. A continuación se presenta una breve descripción de los principales tipos.

  Para obtener información detallada sobre la normatividad internacional para la selección y uso de respiradores y requisitos de pruebas de ajuste, consulte la lista de referencias incluida en este manual.

  Normas AS / NZS

  Clases P1, P2 y P3 pruebas de eficiencia de los filtros determinada mediante el uso standard de cloruro de sodio.

  Los ensayos se determinan para filtros generados mecánicamente (P1), térmicamente (P2) o materiales altamente tóxicos (P3).

  Normas EN / UK / SA Estándares

  Clases P1, P2 y P3 pruebas de eficiencia y degradación del filtro determinado por el ensayo estándar de cloruro de sodio y aceite de parafina.

  Normas USA

  Clases 95, 99 y 100, según niveles de eficiencia de filtrado.

  Tipo de filtros N, P & R cuyas pruebas son determinadas por el ensayo estándar de aerosoles.

  Los filtros se clasifican como no resistente al aceite (N), resistente al aceite (R) y a prueba de aceites (P).

Tabla 8.1 - Comparativa de Filtro de Partículas Clasificaciones

AS/NZS 1715	EN 529 / SA	NIOSH
P1	P1	
P2	P2	95 (N,P,R) 99 (N,P,R)
P3	P3	100 (N,P,R)

Respiradores para sustancias específicas

En algunos países las regulaciones requieren de cierto tipo de respirador para agentes específicos como el asbesto, plomo y cromo hexavalente.

Filtros para gases y vapores (cartuchos)

El filtro para gases y vapores, conocido también como cartucho químico, elimina el contaminante del aire inhalado. El filtro tiene una vida limitada que varía con la cantidad de sorbente (carbón activado o carbón tratado) y las condiciones en las que se utiliza. Asimismo por factores como el tipo, calidad y cantidad del sorbente, la concentración del contaminante en el aire, la humedad y la frecuencia respiratoria de la persona o el volumen de aspirado a través del filtro. Los fabricantes pueden proporcionar información a los usuarios sobre la vida útil esperada de sus filtros.

Los principales tipos de filtros para gases y vapores utilizados en Australia / Nueva Zelanda y los países europeos pueden incluir:

Tipo A Para uso contra ciertos gases y vapores orgánicos según lo especificado por el fabricante.

Tipo B Para uso contra ciertos gases y vapores inorgánicos como se especifica por el fabricante (pero no para el monóxido de carbono).

Tipo E Para uso contra el dióxido de azufre y otros gases inorgánicos y gases ácidos como es especificado por el fabricante (pero no para el monóxido de carbono).

Tipo G Para uso contra productos químicos de baja presión de vapor (presión de vapor de menos de 1,3 Pa (0,01 mmHg) a 25 ° C como se especifica por el fabricante.

Tipo K Para uso contra derivados del amoníaco y amoníaco ecológico especificado por el fabricante.

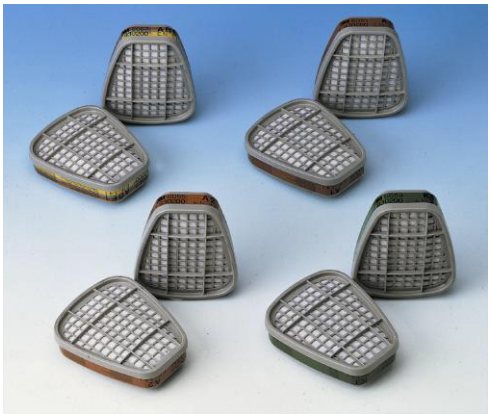
Tipo AX Para uso contra compuestos orgánicos de bajo punto de ebullición (menos de 65 ° C) según lo especificado por el fabricante.

Tipo NO Para uso contra los óxidos de nitrógeno.

Tipo Hg Para uso contra el mercurio metálico.

Tipo MB Para uso contra el bromuro de metilo.

Específico Para uso contra uno o más productos químicos no especificados en cualquiera de las descripciones de los tipos anteriores.



(Fuente: 3M Australia Pty Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.5 – Filtros gases y vapores

Estos filtros tienen una etiqueta de código de colores que se destina a ayudar al usuario en la identificación rápida del tipo de filtro del filtro.

NB: No existe un sistema de código de color universal y hay diferencias en los colores utilizados en Europa / Australia y los colores utilizados, por ejemplo, en los EE.UU.

NB: Filtros de gas y vapor especializados contra agentes terroristas o de guerra química se consideran fuera del alcance de este curso y por lo tanto no están cubiertos aquí.

- **Clasificación de filtros para gases y vapores**

La designación se refiere a la cantidad o la capacidad del gas o vapor que puede ser recogido por el filtro. No es una indicación de la eficacia del filtro.

El filtro de gas y de vapor puede estar disponible en cuatro clases de aumento de la capacidad es decir, cuanto mayor sea el número de clase, durará más bajo condiciones estandarizadas.

Las clases son:

Clase AUS	Filtros de baja capacidad de absorción con una vida más corta que la clase 1
Clase 1	Filtros de baja a media capacidad de absorción
Clase 2	Filtros de media capacidad de absorción
Clase 3	Filtros de alta capacidad de absorción

Generalmente, un filtro de clase superior tendrá un volumen y masa (peso) mayor, así como una mayor capacidad de adsorción. La masa y el volumen determinarán la elección de la configuración del estilo de máscara y el arnés, según lo exigen las normas del respirador.

Los límites se establecen según las masas; se puedan conectar a una media mascara o una máscara completa. Las limitaciones de masa están destinadas a minimizar la inestabilidad del respirador y molestias en caso de desgaste, y aplicarse tanto a los respiradores purificadores de aire no motorizados como motorizados.

Combinación de filtros para partículas, gases y vapores

Cuando un riesgo o peligro de partículas en el aire junto con un riesgo de gas y vapor están presentes, se debe utilizar una combinación de filtros para estos dos tipos de agentes. Los ejemplos incluyen la industria de la pintura de aerosol donde gotitas de líquido y vapores orgánicos están presentes, o en la industria de fundición de aluminio, donde los fluoruros pueden estar presentes como partículas de fluoruro de sodio y fluoruro de hidrógeno gaseoso.

Las combinaciones pueden ser:

- Combinación de filtros: Comprende un filtro de gas y vapor junto con un filtro de partículas independientes, unidos en el lado de entrada.

(Fuente: 3M Australia Pty Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.6 - Filtro de Partículas, de retención y filtro de gas y de vapor

- Filtro combinado integral que incorpora tanto el filtro de gas y vapor como el filtro de partículas en una sola unidad.

Un filtro de pre-filtro externo o adicional puede ser añadido a ambos tipos, para eliminar las partículas de gran tamaño y por lo tanto extender la vida útil del filtro principal de partículas.

Cuando el filtro de partículas y el filtro de gas y vapor son componentes separados, deben ser colocados de manera que el aire inhalado pase primero a través del filtro de partículas. En algunos casos, los filtros combinados se

especifican para uso en circunstancias en las que no son realmente necesarios; esto puede generar una mayor incomodidad para los usuarios, porque se presentará una mayor resistencia a la respiración que la experimentada con los filtros individuales y esto se sumará a las influencias negativas experimentadas por el usuario (haciendo más probable su uso incorrecto).

Respiradores para sustancias específicas

En los reglamentos de algunos países, se indica que se requiere de un respirador específico para ciertas sustancias (como cloruro de vinilo y benceno).

a) Respiradores con suministro de aire

Estos respiradores de aire, permiten el paso de aire respirable al usuario (de una fuente independiente). Hay tres tipos principales de respiradores de suministro de aire:

Mangueras de suministro de aire

El aire suministrado a este tipo de respirador no está presurizado es decir: está en o cerca de la presión atmosférica. Típicamente, el aire es proporcionado por una manguera con orificio para la respiración natural o la manguera conectada a un soplador de baja presión. La zona de toma del aire de la manguera debe estar libre de contaminantes. La resistencia a la respiración se limita a la longitud de la manguera, pero esto puede mejorarse mediante el uso de una bomba de accionamiento manual, un fuelle o un soplante de baja presión.

Respiradores de línea de aire

El aire suministrado se presuriza, es decir, es mayor que la presión atmosférica. Normalmente, el aire es suministrado desde un compresor o un banco de grandes cilindros de gas de aire comprimido a través de un orificio de línea de aire relativamente estrecho. El aire debe ser de calidad aceptable para respirar.

El aire suministrado a los respiradores de línea puede ser entregado de diferentes formas:

- Flujo de aire continuo que cubre parcial o totalmente la cara, a una presión superior a la presión atmosférica o a presión positiva, impidiendo así la entrada del contaminante.
- Demanda de presión negativa, donde la presión dentro de la máscara es inferior a la del entorno inmediato durante la inhalación. Diferentes piezas faciales ajustadas se llevan con este tipo de sistema.
- Demanda de presión positiva, donde la presión dentro de la máscara es mayor a la del entorno inmediato. La válvula de demanda se abre automáticamente para suministrar aire al usuario, cuando la presión positiva dentro de las piezas faciales disminuye a un mínimo preestablecido

(Fuente: Dräger Safety Pacífico Pty Ltd - reproducido con permiso)

Figura 8.7 – Respirador de línea de aire

- **Aparato de auto respiración (SCBA)**

  El aire suministrado es presurizado y utiliza cilindros de aire comprimido atado al cuerpo del usuario. Este tipo de sistema permite que el usuario se mueva libremente sin la restricción de una manguera o línea de aire.

(Fuente: Dräger Safety Pacífico Pty Ltd - reproducido con permiso)

Figura 8.8 - Equipo de respiración autónomo

La calidad del aire para los respiradores de aire suministrado tiene que ser de calidad aceptable para respirar. Los requisitos de calidad del aire donde se instalara el compresor son los siguientes:

- No tener olor desagradable
- Contenido mínimo de 19,5% y no más del 22% oxígeno, en volumen
- Contenido de monóxido de carbono inferior a 10 ppm
- Contenido de dióxido de carbón inferior a 800 ppm
- Contenido de aceite de menos de 1 mg / m3

8.2.4 Selección y uso de respiradores

La selección de un respirador adecuado depende de la naturaleza, la forma física, la toxicidad y la concentración de los contaminantes presentes en el lugar de trabajo, las tareas que deben realizarse, así como los factores relacionados con el usuario.

a) Evaluación de la exposición

Con el fin de seleccionar un respirador con la capacidad de filtrado apropiada, debe llevarse a cabo una evaluación de la exposición. La concentración medida se

compara con los límites de exposición ocupacional, para la selección correcta tanto del medio facial como del filtro.

b) Factores de protección y normas de exposición

El factor de protección es una medida de la reducción de la exposición, que puede ser proporcionada por un tipo de respirador particular. El factor de protección se define como la relación entre la concentración fuera del respirador y la concentración dentro del respirador; es decir, lo respirado por el usuario. El factor de protección también puede expresarse mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Factor de Protección} = \frac{\text{Concentración Ambiental}}{\text{Concentración inhalado dentro del respirado}}$$

$$\text{Factor de protección mínimo requerido} = \frac{\text{Concentración Ambiental}}{\text{Nivel de exposición aceptable o TLV}}$$

El factor de protección mínimo requerido será el necesario para mantener la exposición del usuario por debajo de un nivel estándar o exposición aceptable.

Otros términos que se utilizan a nivel internacional en relación con este concepto, incluyen factor de protección asignado, factor de protección nominal y factor de protección mínimo requerido, que son denominaciones para indicar niveles de protección que puedan ser proporcionados por un respirador seleccionado correctamente.

Un ejemplo ayudará en la comprensión de este concepto:
Si la concentración ambiental de un polvo xyz es de 0.5 mg / m3 y las normas de exposición para el polvo está indicada en 0,1 mg / m3.
El factor de protección mínimo requerido será = 0,5 / 0,1 = 5

En la norma AS / NZS 1715: 2009 el factor de protección mínima -requerido para filtros respiradores de media cara con filtro reemplazable o estilo desechable, tipo P1, P2 o P3 se les asigna un factor de 10.

Por tanto, podríamos recomendar un respirador P1 porque proporcionaría un nivel adecuado de protección si se usa correctamente en estas circunstancias.

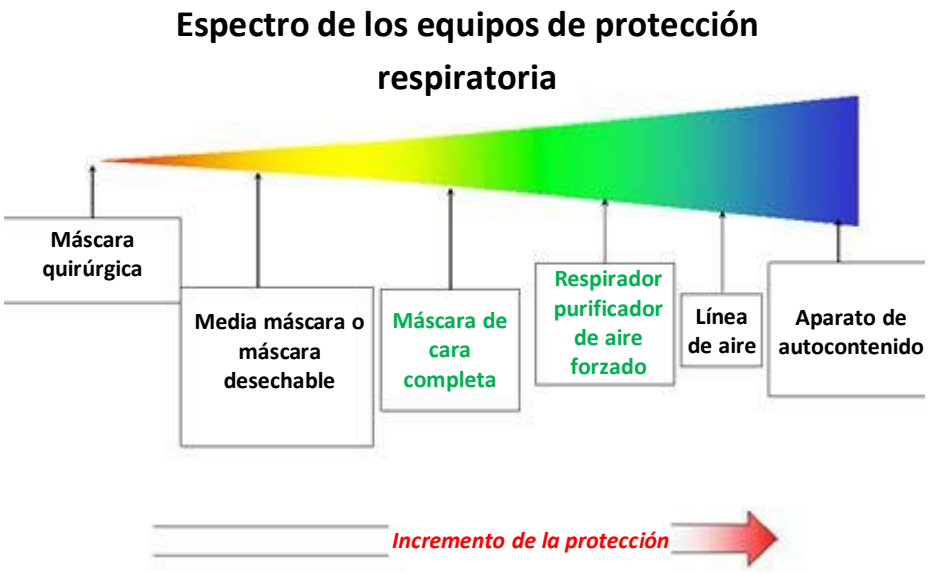
Sin embargo, si la concentración de polvo xyz fue de 1,5 mg / m3
El factor de protección mínimo requerido = 1,5 / 0,1 = 15
Se requiere un alto nivel de protección.
Para obtener un mayor nivel de protección contra partículas, es necesario utilizar una máscara completa, o ir a un respirador purificador de aire forzado que ofrece un factor protección de hasta 50.

Para factores de hasta 100, son útiles los filtros P3 en caretas completas o respiradores de línea de demanda de presión negativa.

Para factores superiores a 100 los respiradores aceptados son los de línea de aire de flujo continuo.
El mismo concepto se puede aplicar a las terminologías similares utilizadas en las normas: Británica, Europea, Sudafricana y de EE.UU.

Estos factores varían entre los países por lo que debe solicitarse asesoramiento en la aplicación de estas normas.

El espectro del respirador que se muestra a continuación, intenta ilustrar cómo a medida que avanza el espectro de los diferentes estilos de respiradores, aumentan los niveles de protección.



(Fuente: 3M Australia Pty Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.9 – Espectro del respirador

c) Factores de selección con relación al contaminante

La selección del respirador apropiado debe ser realizada por una persona con experiencia y competencia, como un higienista ocupacional. Las preguntas que deben tenerse en cuenta para determinar el tipo apropiado de respirador y la clase de filtro incluyen:

- ¿Es el contaminante en el aire un material particulado, gas o vapor?
- ¿Cuál es la concentración del contaminante (s)?
- El sitio o trabajo realizado puede constituir un peligro inmediato para la vida y la salud (IDLH)?

Este IDLH es un término que se utiliza en la protección respiratoria para describir la exposición respiratoria aguda que plantea específicamente una amenaza inmediata de pérdida de la vida, inmediata o efectos retardados adversos irreversibles sobre la salud, o la exposición ocular aguda que impediría escapar de una atmósfera peligrosa.

- ¿El contaminante tiene propiedades irritantes para los ojos (si se requiere protección para los ojos y la cara o puede ser necesario un respirador de máscara completa)?

d) Factores de selección con relación a las tareas relacionadas

- ¿Por cuánto tiempo se utilizara el respirador?
- ¿El respirador se usara con regularidad?
- ¿Cómo son los movimientos del usuario?
- ¿La naturaleza del lugar de trabajo, limita o restringe su uso?
- ¿Cómo son las condiciones térmicas?
- ¿Cómo es la necesidad de comunicación?
- Tener en cuenta los otros elementos de protección que deben utilizar los empleados, como por ejemplo: casco de seguridad, orejeras, gafas de seguridad

e) Factores de selección relacionados con el usuario

Capacidad del usuario para soportar el esfuerzo adicional fisiológico / psicológico de trabajar mientras usa un respirador.

- Vello facial.
- Si la persona utiliza gafas que puedan afectar el sello facial del respirador.
- Si la persona tiene rasgos faciales como cicatrices o acné u otros aspectos que pueden afectar el sello facial del respirador.
- Consideraciones de género ya que las mujeres generalmente tienen la cara de menor tamaño y, por tanto, pueden necesitar un respirador de menor tamaño.
- Consideraciones étnicas como la forma de los rasgos faciales los cuales varían y deben ser considerados.

8.2.5 Formación

El objetivo de la formación es permitir al usuario a entender:

- Por qué es necesario el respirador y por qué las restantes medidas de control no son factibles de forma inmediata.
- De qué forma el respirador proporciona protección.
- Limitaciones del respirador, incluyendo la vida útil de los filtros.
- Cómo y por qué se eligió el respirador.
- Ajuste adecuado del respirador.
- La importancia del tiempo de desgaste.
- Los requisitos de mantenimiento, limpieza y almacenamiento.

8.2.6 Tiempo de desgaste o de uso

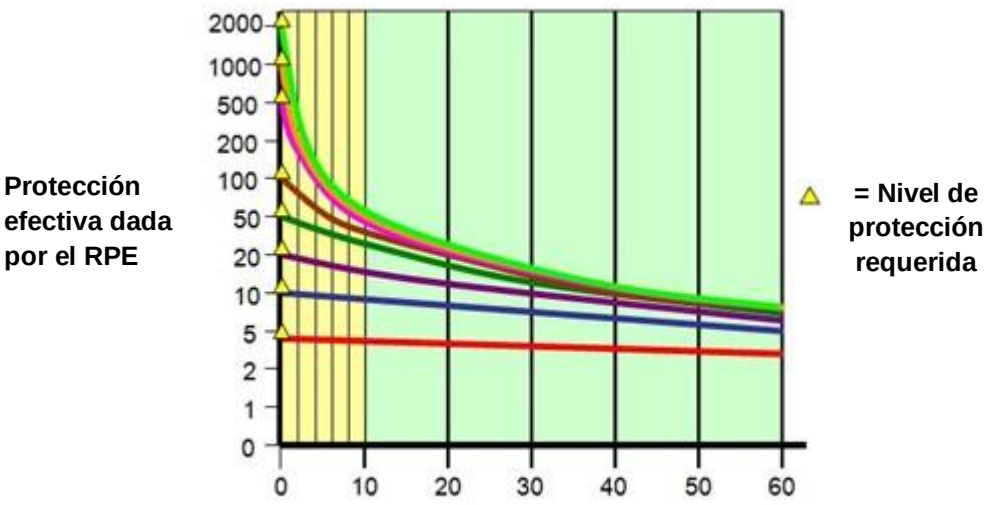
El rendimiento del respirador depende de cuatro características principales. Tres de ellas son:

- La eficacia del filtro
- Ajuste apropiado
- Mantenimiento adecuado
- Sin embargo la cuarta característica que corresponde al tiempo de uso, a menudo se pasa por alto o es ignorado. La protección efectiva dada por el EPR se determina en gran medida por el tiempo de uso:
- Un determinado equipo de protección respiratoria puede ser el mejor diseñado, disponer del dispositivo de filtrado más eficaz en el mercado, pero si no se usa cuando debería ser, la caída de la protección para el usuario en algunos casos puede ser dramática.

En este gráfico, se presentan los niveles de protección de los respiradores contra el efecto de no usarlos durante una jornada laboral de 8 horas.

Los primeros 10 minutos de no uso, pueden afectar a los dispositivos de protección superiores; es decir, que un equipo con un factor de protección de 50 caerá aproximadamente a 30, si no es usado durante estos 10 minutos.

Por lo tanto, la importancia de tiempo de uso y la buena formación y educación son de especial importancia. A menudo, los polvos nocivos pueden permanecer en el aire durante 20 minutos o más, después de que el trabajo ha terminado.



(Fuente: 3M Australia Pty Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.10 - Tiempo de uso del Respirador Vs Protección Efectiva

8.2.7 Prueba de ajuste del respirador

Los seres humanos vienen en muchas formas y tamaños al igual que los respiradores.

La capacidad de un respirador para formar un sellado satisfactorio entre el usuario y el medio ambiente contaminado puede verse afectado significativamente por estas variables.

Una prueba de ajuste se utiliza para evaluar si un tipo, modelo y tamaño específico de respirador pueden encajar adecuadamente en un individuo específico.

Otra razón igualmente importante para las pruebas de ajuste es asegurar de que forma una persona utiliza este elemento. Un respirador de tamaño adecuado proporcionará poca protección si no se usa correctamente.

Las pruebas de ajuste de los respiradores es una parte integral de un programa de protección respiratoria. Las pruebas de ajuste de los respiradores deben llevarse a cabo anualmente.

Hay dos tipos de prueba de ajuste:

- **Prueba de Ajuste Cualitativa**

La prueba de ajuste cualitativa es un ensayo (pasa / no pasa) que explora la respuesta voluntaria o involuntaria del sujeto cuando se le somete a un requerimiento sensorial, es decir: gusto, olfato o irritación. Normalmente las pruebas se llevan a cabo en una cámara cerrada. Agentes de prueba típicos usados son:

- Acetato de isoamilo (parecido al olor del banano) y sólo es adecuado para los respiradores que utilizan filtros para vapores orgánicos
- Difusión de niebla de sacarina, adecuado para cualquier respirador que incorpore un filtro de partículas. Se basa en la capacidad del sujeto para detectar sacarina en aerosol a través del sabor. Los individuos varían en su umbral de sabor por lo que se utiliza un procedimiento de selección para establecer la idoneidad
- Difusión de niebla de Bitrex (Benzoato de Denatonium), también es adecuado para cualquier respirador que incorpore un filtro de partículas. Se basa en la reacción del sujeto al sabor amargo del agente de prueba.
- Prueba de humo irritante utilizando cloruro de estaño o tetracloruro de titanio. La prueba de humo irritante debe utilizarse con precaución, debido a que el aerosol es muy irritante para los ojos, la piel y las membranas mucosas. Por esta razón no se utiliza rutinariamente el agente,

(Fuente: 3M Australia Pty Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.11 - Prueba de Ajuste Cualitativa con Sacarina o Bitrex

- **Prueba de ajuste cuantitativa**

Las pruebas de ajuste cuantitativo consisten en colocar al usuario en una atmósfera que contiene una sustancia fácilmente detectable, gas de baja toxicidad, vapor o aerosol. El ambiente dentro del respirador se muestrea a través de una sonda en el respirador. La fuga se mide como una concentración dentro del respirador, como un porcentaje de la concentración exterior.

Los dispositivos comúnmente disponibles utilizan los siguientes tipos de agentes de prueba:

- Cloruro de sodio
- Neblina de aceite
- Contadores de partículas

(Fuente: Kenelec Científico Pty Ltd - reproducido con permiso)

Figura 8.12 – Contador de partículas para pruebas de ajuste

- **Comprobación de ajuste**

La comprobación de ajuste implica que el usuario cubre con las manos los puertos de inhalación de una mascarilla de media cara o cara completa y lleva a cabo una suave inhalación. El respirador debe colapsarse ligeramente sobre la cara (es decir: está bajo una ligera presión de vacío) y debe permanecer así indicando con ello que no existe ninguna fuga hacia el interior y por lo tanto hay un buen ajuste.

Alternativamente con el puerto de exhalación cubierto, si se exhala suavemente la máscara deberá aparecer ligeramente abombada y permanecer así mientras se exhala.
Si no es posible lograr un sello efectivo debe ajustarse la posición de la mascarilla en la cara y volver a ajustar las correas y repetir la prueba. Si a pesar de lo anterior la prueba no pasa, la persona debe abstenerse de ingresar al sitio contaminado.

(Fuente: 3M Australia Pty Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.13 - Prueba de ajuste

8.2.8 Mantenimiento Limpieza y almacenamiento

Es esencial que los procedimientos de limpieza, mantenimiento y almacenamiento de los respiradores, estén en su lugar para asegurar su funcionamiento efectivo y disponibilidad. Los fabricantes proporcionan

asesoramiento al respecto y sus instrucciones deben seguirse. Las personas que llevan a cabo los programas de limpieza y mantenimiento, incluidos los usuarios que limpian sus propios respiradores, deben estar debidamente capacitados.

- **Limpieza**

La frecuencia de limpieza dependerá de la frecuencia de uso y la cantidad de suciedad del respirador. Cuando se usen a menudo se requiere la limpieza diaria.

Los respiradores se pueden lavar con un detergente suave con agua tibia usando un cepillo. Se debe tener cuidado de evitar su deterioro, especialmente si se emplea lavadora. Después de la limpieza, el respirador se debe desinfectar, enjuagar a fondo con agua limpia y se deja secar.

Las instrucciones del fabricante sobre detergentes, desinfectantes y adecuados procedimientos de limpieza (sobre todo cuando se lleva a cabo el lavado en una maquina lavadora) deben tenerse en cuenta y aplicarse de forma estricta.

- **Mantenimiento**

Los respiradores ser revisados antes y después de su uso y también debe llevarse a cabo un control minucioso durante la limpieza. Las personas que realizan el mantenimiento deben ser entrenados.

Compruebe que los respiradores desechables no presenten daños físicos, correas faltantes o daños en la elasticidad de las correas o cualquier deterioro de la pieza facial de sellado. Los respiradores que presentan estas deficiencias deben ser desechados.

Con los respiradores de tipo reutilizable, se debe comprobar que cada pieza facial no presente daños, roturas, grietas, suciedad, válvulas en mal estado, juntas desgastadas o faltantes, hilos desgastados, correas faltantes o deterioro y pérdida de elasticidad de las correas.

Siga las instrucciones del fabricante, use solamente piezas de recambio originales (no utilice piezas de otro fabricante de este equipo).

Los filtros de partículas deben ser reemplazados cuando se dañen o presenten resistencia a la respiración.

Los filtros para gases y vapores tienen una vida limitada y deben ser reemplazadas al final de su vida útil (esperada). Los fabricantes de filtros pueden proporcionar esta información.

Independiente del número de períodos de tiempo en los que se han utilizado, la mayoría de las normas recomiendan que los filtros para gases y vapores deben ser desechados seis meses después de la apertura.

Para los respiradores tipo PAPR, la cabeza superior, manguera de aire, indicadores de caudales, la bomba y las baterías también deben ser revisados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Los equipos de autocontenido, SCBAs usados normalmente en situaciones potencialmente peligrosas como IDLH constituyen unidades tan especializadas que únicamente personal calificado debe reparar este tipo de equipos de protección respiratoria.

- **Almacenamiento**

Los respiradores deben almacenarse lo más cerca posible del lugar de trabajo, mantenerse limpios y secos y alejados de fuentes de contaminación, del calor y de la exposición a la luz solar directa. El almacenamiento en una bolsa de plástico con cierre puede ser beneficioso.

Aquellos respiradores que se usan con poca frecuencia, por ejemplo: los que están almacenados en caso de emergencia, se deben revisar con cierta periodicidad para asegurarse de que estén limpios, libres de polvo, de humedad y moho y listos para su uso en caso necesario.

La vida útil de los filtros de gases y vapores puede verse afectada por el almacenamiento y la exposición a contaminantes en el aire.

8.2.9 Evaluación Médica

El uso de un respirador puede ejercer presión adicional sobre los sistemas respiratorio y cardíaco del usuario. Los trabajadores que requieran usar rutinariamente un respirador deben ser evaluados médicamente para asegurar que son capaces de resistir esta presión adicional. Los trabajadores con antecedentes de asma, enfisema, que sufren de enfermedad pulmonar crónica o aquellos con enfermedades circulatorias o del corazón, pueden estar en riesgo al usar un respirador.

También es necesario tener en cuenta los factores psicológicos ya que algunos trabajadores pueden tener una sensación de aislamiento o de claustrofobia que limita su capacidad para trabajar mientras usa un respirador.

Dondequiera que se use protección respiratoria (para salvaguardar el bienestar de los trabajadores), deben tomarse medidas de vigilancia de la salud, para así poder evaluar la efectividad del control de la exposición.

8.2.10 Mantenimiento de registros

Se llevarán registros de:

- El proceso para seleccionar el respirador apropiado.
- La formación impartida a los trabajadores.
- Los programas de mantenimiento e inspección de los respiradores.
- Prueba de ajuste llevado a cabo y los resultados de esas pruebas.
- La evaluación médica y vigilancia (estos registros deben cumplir con las pautas de confidencialidad médica).

8.2.11 Evaluación

Una evaluación periódica del programa de protección respiratoria debe llevarse a cabo para garantizar que:

- Las razones para la aplicación del programa siguen siendo válidas, incluyendo una revisión de la concentración de los contaminantes del lugar de trabajo.
- Los respiradores están siendo usados en el lugar de trabajo.
- Los respiradores están siendo usados correctamente en el lugar de trabajo.
- Los procedimientos de mantenimiento están funcionando correctamente.
- El programa continúa cumpliendo con las metas previstas.

8.3 ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA AGENTES QUÍMICOS

8.3.1 Introducción

El propósito de la ropa de protección química (CPC) y los equipos usados, es proteger al usuario de los riesgos químicos, físicos o biológicos que pueden encontrarse en el lugar de trabajo. Los CPC se pueden obtener como una sola pieza (como trajes de gases de encapsulamiento total con guantes y botas adjuntos) o como varios componentes (por ejemplo: pantalones, chaquetas, campanas, etc.).

Los riesgos pueden ser particularmente obvios y evidentes, mientras que otros peligros pueden pasar inadvertidos. No hay una única combinación de equipos y trajes de protección capaz de ofrecer protección contra todos los peligros. La selección de dicho equipo debe orientarse a que proporcione un nivel de protección adecuado para una situación particular.

Hay muchas tareas, situaciones y aplicaciones donde se requiere CPC para ser usados e incluyen:

- Respuesta a emergencia de materiales peligrosos.

- Lugares de limpieza ambiental, contaminados.
- Aplicaciones nucleares.
- Producción farmacéutica.
- Gestión de residuos químicos.
- Pintura con pistola.
- Fabricación Petroquímica.
- Manipulación de productos químicos y transporte.
- Tratamiento de residuos.
- Peligros biológicos y aplicaciones médicas.
- Retirada de asbesto.
- Aplicación de plaguicidas.
- Procesamiento de alimentos.

Los siguientes factores deben tenerse en cuenta para la selección del vestuario, teniendo en cuenta el tipo de protección requerida:

- Naturaleza de la sustancia química.
- Tipo de exposición.
- Tipo de protección química.
- Diseño de la prenda.
- Métodos de costura o de construcción.
- Dimensionamiento.
- Visibilidad.

8.3.2 Tipos de ropa de protección para agentes químicos

Actualmente no existe una armonización a nivel mundial en lo que se refiere a la ropa de protección química. Recomendaciones para la selección y uso de los CPC y los criterios de rendimiento requeridos para la CPC en particular, normalmente es proporcionado por organizaciones internacionales o agencias de ajuste.

a) Clasificación EN / ISO

Toda la ropa de protección química deberá ser probada para determinar la integridad y la resistencia química y clasificada por tipo, en función de su resistencia mínima, integridad y material químico (ISO 16602: 2007 y EN 374: 2003).

Un breve resumen de los tipos de CPC se proporciona a continuación:

Tipo 1 Traje de protección química Gas-tight (Hermético a los gases).
Cubre todo el cuerpo, incluyendo las manos, los pies y la cabeza.
Tipo 1a: Suministro de aire dentro del traje.
Tipo 1b: Suministro de aire fuera de juego.
Tipo 1c: Fuente externa de aire respirable que proporcione presión positiva dentro de traje.

Todos los trajes Tipo 1 deberán ser evaluados para determinar su hermeticidad y pasarán una prueba de presión. Todos los trajes Tipo 1 deberán estar elaborados en tener materiales que muestran resistencia a la penetración química.

Tipo 2 Traje de protección química no Gas –tight (no hermético a los gases)
Un traje -no gas tight- está provisto de aire respirable que proporciona presión positiva dentro del traje desde una fuente independiente.
Por ejemplo: Un traje de línea aérea que no es hermético a los gases.
Los trajes Tipo 2 serán evaluados por fuga hacia el interior y pasar la prueba de resistencia a la penetración química.

Tipo 3 Traje de protección química liquid-tight (Hermética a los líquidos)
Conjunto de ropa de protección química completa con conexiones herméticas a los líquidos entre las diferentes partes de la ropa,

incluidos guantes y botas para proteger al usuario contra productos químicos líquidos.

Por ejemplo: una sola pieza mono o traje de dos piezas, con o sin capucha o visera con o sin calcetines.

Las prendas Tipo 3 deberán ser evaluadas para la resistencia a la penetración de líquidos y deberá pasar la prueba de chorro de líquido continua y de resistencia a la penetración química.

Tipo 4 Ropa de protección química Spray–tight (hermética al rocío o neblinas).

Traje de protección química completa con conexiones entre las diferentes partes de la ropa, los guantes y botas, para proteger al usuario contra productos químicos líquidos.

Por ejemplo: una sola pieza (mono) o traje de dos piezas, con o sin capucha o visera, con o sin calcetines.

Los trajes tipo 4 deberán ser evaluados para la resistencia a la penetración de líquidos, deberán pasar la prueba de aerosol líquido y sus materiales probarán la resistencia a la penetración de líquido bajo presión y resistencia a la penetración química.

Tipo 5 CPC contra partículas sólidas suspendidas en el aire.

Ropa de protección química completa, con o sin guantes y botas para proteger al usuario contra sustancias químicas sólidas suspendidas en el aire.

Por ejemplo: una sola pieza (mono) o traje de dos piezas, con o sin capucha o visera.

Tipo 6 Ropa de protección química con “limitado rendimiento de protección contra productos químicos líquidos“

Ropa de protección total del cuerpo con conexiones entre diferentes partes de la prenda, incluidos guantes y botas para proporcionar una protección limitada del usuario en relación con productos químicos líquidos.

Por ejemplo: una sola pieza (mono) o traje de dos piezas, con o sin capucha o visera con o sin calcetines.

Ropa de protección para protección parcial del cuerpo (PB)
Ropa de protección química que no ofrece cobertura completa del cuerpo.
Por ejemplo: delantales, protectores de calzado/zapatos, batas, capuchas, chaquetas, batas de laboratorio, etc.

b) Directrices de OSHA / EPA – Estados Unidos

En los EE.UU. el enfoque podría ser considerado como un “ensamble de ropa y equipo” que se integran fácilmente para proporcionar un nivel de protección adecuado.

Los componentes que pueden formar el conjunto incluyen:

- Ropa protectora (traje, overoles, capuchas, guantes, botas).
- Equipo de protección respiratoria (SCBA, sistemas de líneas de aire, respiradores purificadores de aire).
- Sistemas de refrigeración (para hielo o chalecos de cambio de fase, sistemas de circulación de aire o agua).
- Dispositivos de comunicación.
- Protección de la cabeza.
- Protección de ojos y mascarillas de protección.
- Protección para los oídos.
- Prendas interiores.
- Ropa exterior.

c) Niveles de protección de la EPA

Estos componentes están incluidos en los niveles de EPA ampliamente utilizados.

- Nivel A (Protección de vapor o gas).
- Nivel B (Protección de salpicaduras de líquidos).

- Nivel C (Protección de salpicaduras de partículas o líquidos).
- Nivel D (Sin protección de Riesgos).

Lo que sigue es un breve resumen de EPA con los "Niveles de protección (LOP)" aplicable a las personas involucradas en el manejo de materiales peligrosos. Los LOP se basan en el tipo de protección respiratoria necesaria para garantizar la seguridad del usuario en las condiciones específicas de uso.

Junto con la protección respiratoria, los LOP de la EPA recomienda el conjunto de protección que el usuario debe usar para asegurar una protección adecuada. Las normas NFPA (agencia para la protección de incendios) especifican los criterios de rendimiento reales de la ropa de protección que podrían ser recomendable bajo un LOP.

NIVEL A (protección de vapor o de gas)

- Es el nivel más alto disponible de protección respiratoria.
- Traje totalmente encapsulado con un equipo de respiración.
- El peligro químico suele tener una alta presión de vapor y ser tóxico por absorción de la piel (cancerígenos).
- Las condiciones de trabajo que tienen un alto potencial (probabilidad) de exposición a concentraciones muy altas de salpicaduras de productos químicos, inmersión o la exposición a vapores químicos.
- Situaciones que pueden implicar químicos desconocidos o combinaciones o reacciones químicas.

El empleador deberá verificar que la evaluación de riesgos laborales se ha realizado a través de una certificación por escrito que identifique el lugar de trabajo evaluado; la persona que certifica que la evaluación se ha realizado; la fecha (s) de la evaluación de riesgos; y, qué identifica el documento como una certificación de evaluación de peligros.

EPA Nivel A - Directrices de equipo de protección personal

- Respirador (aire de suministro).
    - Presión Positiva / demanda de presión.
    - SCBA (equipo de respiración autónomo).
    - Suministro de Aire (con unidad de salida de emergencia).
- Traje de resistencia química totalmente encapsulado.
- Guantes, resistente a sustancias químicas.
- Botas con puntera de acero resistente a productos químicos.

NIVEL B (Protección a salpicaduras de líquidos)

- Se requiere el mismo nivel de protección respiratoria que el Nivel A. Sin embargo, se necesita un menor grado de protección de la piel que para el Nivel A
- El nivel de protección B permite la exposición de ciertas áreas de la piel del usuario.
- En el pasado, la ropa de protección Nivel B incluía una sola pieza o dos piezas del conjunto, con el SCBA llevado fuera de la prenda. Guantes y botas separadas, eran "pegadas" o "cerradas" en las interfaces para minimizar la penetración. La tendencia actual es utilizar la encapsulación de prendas, como prendas de nivel B.
- Los productos químicos de los que no se sabe si sus vapores sean tóxicos a través de la piel o cancerígenos.
- Situaciones de exposición que se encuentren por debajo de los límites de exposición establecidos.

EPA Nivel B - Directrices para el equipo de protección personal

- Respirador (aire suministrado).
    - Presión Positiva / demanda de presión.
    - SCBA (puede ser mochila externa).
    - La línea de suministro de aire.
- Ropa resistente a productos químicos. Overol, trajes contra salpicaduras, una o dos piezas.

- Guantes, resistente a sustancias químicas.
- Botas, puntera de acero (exterior) resistente a sustancias químicas.

NIVEL C (Protección de salpicaduras de partículas o líquidos)

- Se necesita el mismo nivel de protección de la piel en el Nivel B, pero con un menor nivel de protección respiratoria (es decir: respiradores purificadores de aire).
- Pieza de uno o dos trajes contra salpicaduras se llevan con un respirador de cartucho.
- Los productos químicos no son peligrosos a través de la absorción de la piel y están normalmente muy por debajo de los límites de exposición establecidos.

EPA Nivel C - Directrices para el equipo de protección personal

- Respirador purificador de aire (aprobado por NIOSH).
- Ropa resistente a productos químicos, traje contra salpicaduras, una o dos piezas.
- Guantes resistentes a productos químicos.
- Botas con puntera de acero resistente a productos químicos.

NIVEL D (Sin Protección de riesgos)

- No se necesita protección respiratoria y muy poca protección de la piel.
- Monos y equipo de seguridad general (es decir: zapatos, guantes, gafas).
- El ambiente de trabajo no tiene ninguna posibilidad de contacto con productos químicos peligrosos. (Los trabajadores no esperan a entrar en contacto con productos químicos).

Nota: *Los niveles PEL, REL son límites de exposición permisibles y recomendados por OSHA y NIOSH*

EPA Nivel D - Directrices para el equipo de protección personal

- Monos.
- Botas / zapatos de cuero o resistentes a productos químicos.
- Misceláneos (es decir: casco, gafas, protección auditiva, etc.).

8.3.3 Materiales para ropa de protección para agentes químicos

a) Tipos de Materiales

Hay muchos materiales utilizados para la fabricación de ropa y trajes de protección química que se resumen así (Popendorf 2006):

- Tyvek® - Tejido de polietileno recubierto con olefina. Debido a que el Tyvek no es una membrana transpirable no proporciona protección contra vapores, es sólo débilmente resistente a líquidos, pero es de buena protección contra partículas (polvos y fibras).
- Nomex® - Es un tejido de poliamida aromática que es resistente a muchos productos químicos (pero no ofrece protección química especial por sí mismo) y es una buena opción para la resistencia a la llama (incluido el arco eléctrico), protección térmica, confort y durabilidad.
- Saranex® - Una membrana laminada de cloruro de polivinilideno (básicamente Saran®) unida entre las poliolefinas como el polietileno y / o etileno-acetato de vinilo. Puede ser utilizado para revestir un sustrato de tela para formar un paño protector.
- FEP - Un copolímero de etileno-propileno fluorado (relacionado con Teflón®). El FEP también se puede aplicar sobre un sustrato de tejido (tales como Tyvek) para formar, ya sea una película resistente al líquido o una membrana
- Gore-Tex® - politetrafluoroetileno Tejidos (PTFE, TFE o Teflón®) resiste permeación de agua (y por lo tanto puede proteger contra mezclas acuosas), pero es permeable al aire y vapor de agua que es bueno para el enfriamiento, pero no para la protección contra vapores orgánicos.

- ProShield® - Un tejido de múltiples capas de DuPont® combina una película microporosa en un tejido de polipropileno hilado, creado para generar una barrera impermeable al líquido que permite que pase vapor de agua.

Los fabricantes, por ejemplo: Microgard®, también cubren algunos de los materiales anteriores y similares, hiladas y tejidas, con una variedad de membranas resistentes a productos químicos, recubrimientos y laminados para proporcionar protección contra una amplia gama de productos químicos.

b) Materiales de Resistencia Química

Diferentes materiales proporcionan diferentes niveles de resistencia a los efectos de las sustancias químicas peligrosas causadas por:

- Penetración - es el movimiento de sustancias químicas a través de cremalleras, costuras, o imperfecciones en un material de la ropa de protección.
- Degradación - implica cambios físicos en un material como resultado de una exposición química, del uso o de las condiciones ambientales (por ejemplo: la luz solar) e incluye decoloración, hinchazón y la pérdida de la fuerza física o deterioro.
- Permeación - es el proceso por el cual un producto químico se disuelve en o se mueve a través de un material sobre una base molecular. En la mayoría de los casos no habrá evidencia visible de que se ha producido permeación.

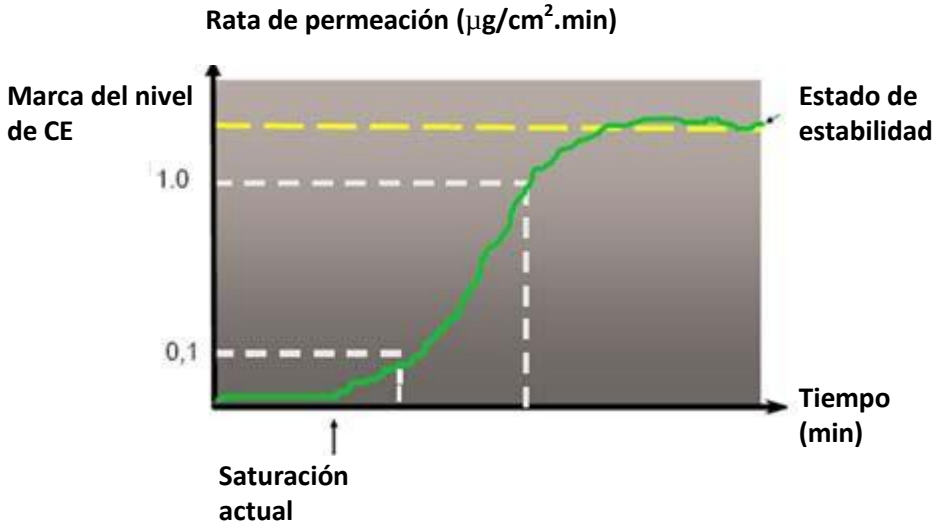
Hay un estándar (ASTM) que relaciona 15 productos líquidos y 6 gaseosos que representan una sección transversal de diferentes clases químicas y desafíos para la prueba de materiales de protección. Los fabricantes suelen tener los datos de prueba disponibles en cientos de otros productos químicos.

Los resultados de ensayos de permeación se expresan de diferente forma:

- Velocidad de premiación - es la velocidad a la que la sustancia química peligrosa penetra a través de la tela de ensayo y se expresa como una masa por unidad de tiempo, por ejemplo: 1,0 g / cm2/ minuto.

- Tiempo de paso real - el tiempo medio transcurrido entre el contacto inicial de la sustancia química con la superficie exterior de la tela y la detección del producto químico en la superficie interior del dispositivo analítico.
- Tiempo de paso normalizado – es el tiempo medio transcurrido entre el contacto inicial de la sustancia química con la superficie exterior de la tela y el tiempo en que se detecta el producto químico en la superficie interior de la tela en la velocidad de permeación especificado por el estándar apropiado.

La norma EN 374.3 especifica una velocidad de permeación normalizada de:
1,0 g / cm2/ Minuto.
La ISO 6529: 2001 permite una tasa que se reporta como la velocidad de penetración normalizada de 1,0 g / cm2/ Minuto o 0,1 g / cm2/ minuto.
ASTM F739 especifica los resultados que se deben registrar como tiempo de paso (BT) a 0,1 g / cm2/ minuto.



(Fuente: Microgard - reproducido con permiso)

Figura 8.14 - Tiempo de paso real

Algunas fuentes de información útiles en la ropa de protección de selección para productos químicos específicos son las siguientes:

- NIOSH Guía de bolsillo sobre riesgos químicos que se puede acceder a: www.cdc.gov/niosh/ncpc/ncpc1.html (Visitada 08 2008)

- Recomendaciones NIOSH para ropa de protección química en: www.cdc.gov/niosh/ncpc/ncpc2html (Visitada 08 2008)

De los fabricantes:

- DuPont - SafeSPEC herramienta de software en: www.personalprotection.duPont.com (Visitada 08 2008)
- Microgard: www.microgard.com (Visitada 08 2008)

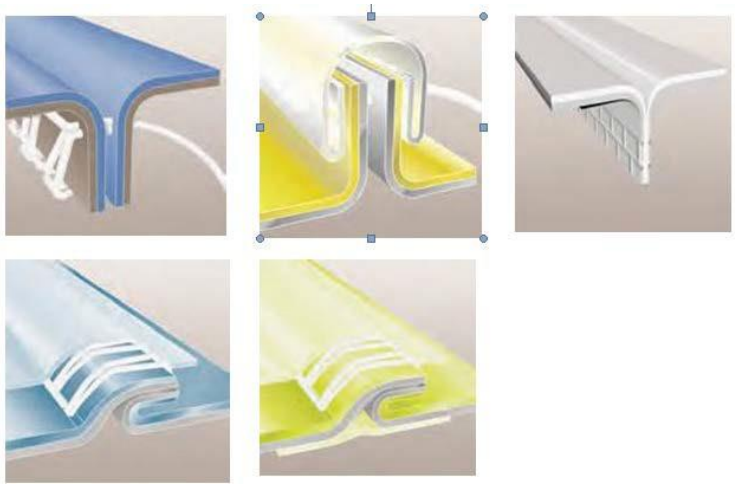
c) Construcción de la costura

Aunque el material elegido sea el más apropiado para la fabricación de prendas de vestir, se requiere del uso de costuras (a diferencia de la fabricación de los guantes, que puedan ser moldeados).

Las costuras pueden ser selladas o hechas sin perforaciones externas en una variedad de maneras por parte de los fabricantes:

- Costura cosida (fuerte, pero no sellada).
- Costura cosida entretejida (mejor, pero no sellado).
- Costura cosida de grabado y doblado.
- Costura cosida de doblado y doble grabado.
- Termosellado o costura soldada.

Cuanto más completa sea una costura de sellado, más protectora y costosa será.



(Fuente: DuPont Personal Protection - reproducido con permiso)

Figura 8.15 – Estructura de las costuras

a) Tamaño y Estilo de Ropa

Diferentes detalles se requieren para establecer el estilo o configuraciones de la ropa de protección. Los fabricantes ofrecen una variedad de estilos y de capuchas, chalecos, delantales, batas hasta encapsular totalmente trajes en una gama de tamaños.

(Fuente: DuPont Personal Protection - reproducido con permiso)

Figura 8.16 - Estilos de ropa

8.3.4 Procedimientos de pruebas CPC estándar

Métodos de prueba estándar se utilizan para evaluar el desempeño de las propiedades físicas y la resistencia química de las CPC y son publicados por una serie de normas internacionales y nacionales como las siguientes:

- Normas ISO
- Normas EN
- Normas ASTM
- Normas de la NFPA
- El AS / NZS Normas

La resistencia química de los materiales de la ropa de protección se determina mediante pruebas de rendimiento específicas para:

- Tiempo de permeabilidad.
- Resistencia a la penetración de líquido bajo presión.

- Resistencia a la penetración de partículas.
- Resistencia a la penetración de líquidos.
- Repelencia a los líquidos.

La integridad de la prenda de protección química es determinada por pruebas de rendimiento específicas para:

- Estanqueidad (sellado)
- Fuga hacia el interior
- Prueba de chorro de líquido
- Ensayo de niebla líquida
- Aerosol de partículas hacia el interior prueba de fugas
- Ensayo de niebla líquida

8.3.5 El uso de ropa de protección para agentes químicos

Gran parte del desarrollo y de la terminología utilizada en relación con la CPC ha venido de la industria de residuos y materiales peligrosos y respuesta de emergencia:

- Zona caliente - área contaminada, donde los trabajadores deben llevar el tipo y nivel de equipos de protección personal adecuados.
- La zona templada - donde el equipo y el personal se descontaminan en tránsito de la zona caliente a la zona fría.
- Zona fría - la zona limpia donde no se requiere el EPP.

Diferentes tipos (1 a 6) o diferentes niveles (A a D) de la CCP como se describe anteriormente, están destinados para su uso en diferentes “zonas“.

Reducir al mínimo la necesidad de descontaminación a través de:

- Minimizar el contacto con productos químicos en la zona caliente.
- Usar prendas exteriores desechables.
- Utilizar técnicas de manipulación a distancia cuando sea posible (por ejemplo: ganchos, herramientas, etc.).

- Evitar mantener bolsillos abiertos o pliegues que pueden servir para recoger contaminantes.
- Enseñar los procedimientos para minimizar el contacto con la ropa contaminada en la zona caliente para evitar la propagación de la contaminación.
- Tratar de proteger los equipos en la zona caliente (por ejemplo: llevar el equipo de muestreo en una bolsa con aberturas para puerto y los sensores o herramientas de la cubierta con un revestimiento desprendible.

Desarrollar un plan de descontaminación

- Definir los métodos y equipos de descontaminación que se utilizarán.
    - Detergentes: Se limita generalmente a la eliminación de contaminación de la superficie sólo o los que son solubles en agua o emulsionable.
    - Disolventes: Pueden eliminar los contaminantes más hidrofóbicos, pero generar grandes volúmenes de disolvente de residuos contaminados y pueden tener un efecto perjudicial sobre el material CPC.
    - Bajo calor: Aproximadamente 50° C para eliminar compuestos orgánicos volátiles, pero también puede tener efectos perjudiciales en el material o colas utilizado para las costuras de cinta.
    - La aireación natural: Es una función del tiempo, la volatilidad y el grado de permeación.
- Anticipe los efectos de los siguientes factores sobre la contaminación de los CPC, EPP y otros equipos usados en la zona caliente y / o la eficiencia necesaria de descontaminación, teniendo en cuenta:
    - La concentración del contaminante (s) en la zona caliente.
    - El tiempo de contacto con el contaminante (s).
    - El estado físico del contaminante (s).
    - La temperatura (que puede afectar la difusión de la sustancia química en el material).
- Si bien es difícil cuantificar un nivel aceptable de descontaminación, los siguientes métodos pueden ayudar:

- Inspección visual de los residuos brutos o degradación química
- Limpieza de las muestras
- Ensayos destructivos

Disposición

La ropa de protección química no contaminada puede ser incinerada. La ropa contaminada debe manipularse como residuos contaminados de acuerdo con las regulaciones locales y nacionales.

OSHA proporciona asesoramiento detallado sobre los procedimientos de descontaminación para la ropa de protección química en su Manual Técnico OSHA - http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_viii/otm_viii_1.html

8.3.6 Inspección y almacenamiento

- La inspección debe incluir lo siguiente:
  - Comprobación de los equipos (cómo se recibió).
  - Comprobación de los equipos que se han seleccionado para su uso.
  - Inspección después de su uso.
  - Inspección periódica de los equipos almacenados.

- Almacenamiento

La CPC deberá almacenarse adecuadamente para evitar daños o mal funcionamiento por exposición a polvo, humedad, luz solar, temperaturas extremas y el impacto. Deben tenerse en cuenta las instrucciones proporcionadas por los fabricantes.

Otras pautas generales para el almacenamiento de la CPC indican:

- La ropa potencialmente contaminada debe ser almacenada en un área separada de la ropa de calle o ropa de protección no utilizada.

- La ropa potencialmente contaminada debe ser almacenada en un área bien ventilada, con buen flujo de aire alrededor de cada elemento.
- Diferentes tipos y materiales de ropa y guantes deben almacenarse por separado para evitar la emisión de un artículo equivocado.
- La ropa de protección debe ser doblada o colgada de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

8.3.7 Limitaciones de la CPC

Además de las limitaciones que se discutieron anteriormente con respecto a la selección de materiales, diseño de prendas de vestir, etc., pueden incluirse otras limitaciones potenciales en el uso de CPC en algunas situaciones:

- Estrés por calor

La CPC puede causar estrés por calor para el usuario debido a la disminución de la refrigeración por evaporación del sudor, a diferencia de la ropa de tipo impermeable. Esto puede verse agravado por el trabajo metabólico adicional. El uso de aire contribuye al enfriamiento de los trajes y pueden ayudar a superar esta situación.

- El diseño de CPC puede perjudicar la visión, la movilidad y la destreza manual del usuario.
- La comunicación también puede ser verificada al usar protección respiratoria o protección para los oídos mientras usa CPC. Dispositivos de comunicación de radio están disponibles para su uso con el CPC.

8.3.8 Formación

La formación y la educación para los usuarios de CPC son aspectos esenciales y deben cubrir lo siguiente:

- Naturaleza y alcance del peligro (s).
- Cuando se debe usar ropa de protección.
- Qué ropa de protección es necesaria.

- Uso y limitaciones de la ropa de protección que se deben proporcionar.
- Cómo inspeccionar correctamente, ponerse, quitarse, ajustar y usar la ropa protectora.
- Los procedimientos de descontaminación, si es necesario.
- Los signos y síntomas de la exposición.
- Primeros auxilios y procedimientos de emergencia.
- El almacenamiento, la vida útil, el cuidado y la eliminación de la ropa de protección.

8.4 GUANTES Y CUIDADO DE LA PIEL

8.4.1 La exposición dérmica

El término genérico riesgo químico dérmico se refiere a los productos químicos que pueden:

- Causar dermatitis o lesión en la piel
- Entrar en el cuerpo a través de la piel intacta y producir efectos tóxicos internos

La notación de la piel en las distintas listas estándar de exposición profesional se basa sólo en el segundo de estos efectos. Propiedades tales como causar irritación, dermatitis y sensibilización en los trabajadores, literalmente, no se consideran relevantes en la asignación de la notación de la piel. (Popendorf 2006)

La exposición dérmica puede presentar una vía importante para algunos contaminantes entren en el organismo. Este es especialmente el caso con los pesticidas, pero otros compuestos también pueden ser absorbidos de esta manera.

Los métodos de evaluación de la exposición dérmica se han clasificado de manera general en métodos directos e indirectos:

- Directos

Los métodos directos evalúan lo que se deposita sobre la piel; estos métodos hacen una estimación de la dosis dérmica ya sea atribuible a algún indicador biológico que se mide en realidad o lo que podría ser el resultado de un contaminante medido en una superficie accesible.

El método directo más común es el uso de dosímetros dérmicos en forma de parches. Otros métodos de evaluación directa incluyen lavados de la piel y toallitas húmedas, y la detección con trazadores fluorescentes.

- Indirectos

  Los métodos indirectos se refieren principalmente a la medición de una respuesta biológica tal como la actividad de la colinesterasa en la sangre o la excreción urinaria, pero también incluye la medición de contaminación de superficie.

En comparación con el muestreo de aire y la vigilancia incluso biológica, la dosimetría dérmica no es un procedimiento simple o de rutina.

Las personas que van a aplicar dosímetros dérmicos como medio de evaluación, deben ser entrenadas a fondo en cuanto a la colocación y recuperación de los dosímetros y registro de las observaciones e información adicional sobre la actividad desarrollada.

Cada dosímetro está conformado por una especie de emparedado (sándwich) que sostiene una matriz pasiva (como una esponja de gasa de algodón) y plana para protegerlo de la transpiración de la piel. Pueden utilizarse uno o dos juegos de dosímetros, que debe colocarse contra la piel, bajo la ropa. Debe evitarse el error de que los dosímetros se adhieran a la ropa, la cual debe moverse libremente respecto a la piel.

Después de que los dosímetros han estado expuestos durante la actividad laboral deben retirarse con cuidado y prepararlos para la extracción (el retiro

cuantitativo del producto químico de la matriz de colección); el extracto se analiza para la determinación de la masa de la sustancia química.

El monitoreo biológico para evaluar la exposición dérmica es una técnica común (por ejemplo: la actividad de la colinesterasa en sangre para los plaguicidas); sin embargo, puede ser invasivo y a menos que se tenga mucho cuidado en la aplicación correcta de las técnicas de muestreo, puede subestimarse ampliamente la exposición. En tales casos, la dosimetría dérmica (parches) puede ser una buena alternativa.

En otros casos (tetraetilo de plomo), donde la absorción de la piel es una vía de exposición importante, una combinación de monitoreo ambiental y vigilancia biológica puede dar la imagen más precisa de la exposición de los empleados.

Independientemente de la circunstancia, el monitoreo dérmico sólo debe llevarse a cabo por personas capacitadas y con experiencia en las técnicas de control adecuados.

8.4.2 Guantes de Protección Ocupacional

Los guantes de protección como su nombre lo indica se refiere a la necesidad de proporcionar protección para las manos contra los riesgos en el lugar de trabajo. Al igual que con los otros tipos de EPP existe una serie de normas internacionales (ISO) y otras regulaciones para los guantes, incluyendo Europa, Reino Unido, EE.UU. y Australia.

Normalmente estas normas proporcionan recomendaciones sobre la selección general, el uso y el mantenimiento de los guantes además de determinar el nivel de rendimiento cuando se somete a pruebas estándar para este fin.

- Los aspectos que cubre la norma son requisitos generales para todos los guantes:
  - Ergonomía

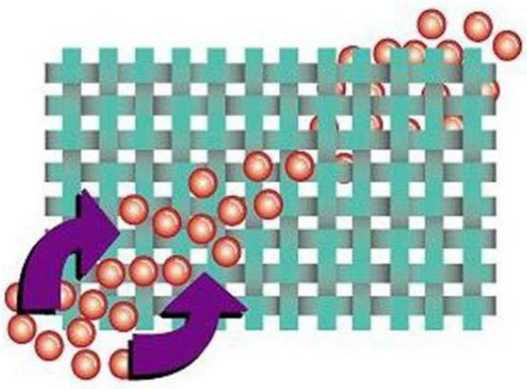
- Construcción del guante
- Inocuidad
- Limpieza
- Comodidad y eficiencia
- Marcado e información

- Protección contra riesgos mecánicos, por ejemplo: protección contra los cortes y pinchazos, desgarros, pinchazos ya la abrasión, etc.
- Protección contra el calor y el frío.
- Protección de las radiaciones ionizantes y la contaminación radiactiva.
- Protección contra productos químicos.

8.4.3 Protección contra productos químicos

Los guantes de protección están disponibles en una amplia gama de materiales naturales y sintéticos y no existe un solo tipo de guante elaborado con un solo material o en combinación con otros materiales que pueda proporcionar resistencia ilimitada a una sola sustancia o combinación de sustancias.

- La permeación mediante la cual un agente químico se mueve a través del material de los guantes de protección a nivel molecular implica lo siguiente:
  - La absorción de moléculas de la sustancia química en la superficie externa del material.
  - Difusión de las moléculas absorbidas en el material.
  - La desorción de las moléculas en la superficie opuesta del material.

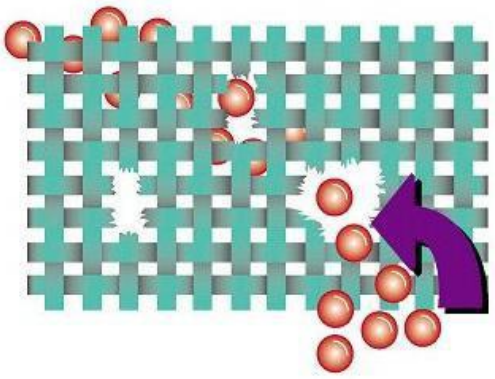


(Fuente: Ansell Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.17 - Permeación

La penetración corresponde al movimiento de una sustancia química y/o un micro-organismo a través de materiales porosos, costuras, agujeros y otras imperfecciones a un nivel no molecular.

La degradación es un cambio negativo en una o más propiedades físicas del guante de protección, como resultado del contacto con una sustancia química. Estos cambios incluyen la descamación, hinchazón, desintegración, fragilidad, decoloración, aspecto, endurecimiento, ablandamiento, etc.



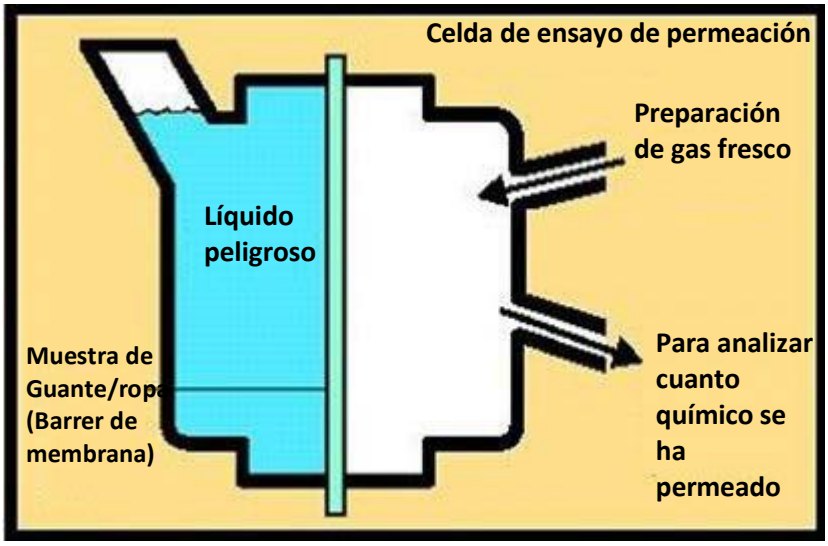
(Fuente: Ansell Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.18 - Degradación

La resistencia del material de los guantes de protección a la penetración por un líquido o sólido se determina midiendo el tiempo de penetración del producto químico a través del material del guante.

Cada combinación (protección guante / ensayo químico) se clasifica, en términos de tiempo de paso, de acuerdo a cada sustancia química para la que el guante impide la penetración.

Los resultados de las pruebas de penetración se expresan con frecuencia en dos maneras como tiempos de ruptura o como tasas de avance.



(Fuente: Ansell Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.19 - Ensayo de permeabilidad de la célula

En los guantes también se aplican las pruebas de penetración. El principio se basa en dos pruebas:

- **Prueba de fugas de aire** (Prueba primaria):
  El guante se sumerge en agua y su interior está presurizado con aire. Una fuga es detectada por una corriente de burbujas fuera del guante.

  El tiempo de inmersión no será inferior a 30 segundos y el guante es examinado inmediatamente por fugas de agua.

  Si esta prueba resulta inadecuada, por ejemplo: el guante está demasiado inflado en algunas partes y bajo o no inflado en otras áreas, debe llevarse a cabo una segunda prueba.

- **Prueba de fugas de agua** (Prueba secundaria):
  El guante se llena con agua y la fuga se detecta por la aparición de gotitas de agua en el exterior del guante.

  El guante es examinado inmediatamente por fugas de agua.

Los ensayos de degradación se llevan a cabo de la siguiente manera:

- Se hacen películas de materiales de ensayo. Estas películas son pesadas en una balanza y medidas y luego completamente sumergidas en la sustancia de ensayo durante 30 minutos. Luego de que estas películas se han secado, se determina el cambio en el tamaño y en el peso. También se observa que se pueden presentar cambios físicos adicionales (como los indicados anteriormente).
- La resistencia a la degradación, por lo general se determina de pobre a excelente en la escala de calificación.

Una pregunta que a menudo se plantea es: ¿Por qué a un producto con un tiempo de paso más corto, a veces se le da una mejor calificación que a uno con un tiempo de paso mayor?

Ansell (2007) han proporcionado la respuesta a esta pregunta:

¿Por qué a un producto con un tiempo de paso más corto a veces se le da una calificación mejor que a uno con un tiempo de paso mayor?

Un guante que tiene un tiempo de penetración de tan sólo 4 minutos es clasificado como "muy bueno", mientras que otro con un tiempo de paso de 30 minutos, tiene sólo lo "justo". ¿Por qué? La razón es simple: en algunos casos, la tasa es más importante que el tiempo.

Imagínese que conecta dos mangueras de la misma longitud, pero de diferentes diámetros a un grifo mediante un conector en "Y". Cuando se enciende el agua, ¿qué sucede? El agua pasa a través de la manguera más pequeña primero porque hay menos espacio en el interior que necesita ser llenado. Pero cuando el agua finalmente consigue pasar a través de la manguera más grande realmente brotará. En sólo unos minutos, el tubo más grande descargará mucha más agua que la más pequeña, a pesar de que la más pequeño empezó primero.

La situación es similar con los guantes. Una combinación de un tiempo de paso corto y una velocidad de permeación baja, pueden exponer a un usuario del guante a un tiempo y una velocidad mucho mayor.

(Reproducido con permiso)

8.4.4 Selección de los guantes

La selección de ropa y guantes de protección química no es un asunto sencillo. Por ejemplo, mientras que un material tal como un PVA (alcohol polivinílico) proporciona protección en una amplia gama de productos químicos tóxicos y peligrosos, el mismo guante de PVA se disuelve en agua.

Existen procedimientos de prueba estándar para ayudar en la predicción de la permeabilidad, la penetración y la degradación del material de los guantes por parte de agentes químicos específicos cuya información más detallada debe ser obtenida del fabricante.

Sin embargo, hay cuatro condiciones primordiales para la selección de cualquier guante para su uso en el control de sustancias peligrosas:

- Ser adecuado al riesgo (s) y situación en la que se van a utilizar.
- Tener en cuenta las exigencias ergonómicas y de salud médica / condición médica de la persona usuaria.
- Adecuarse al portador.
- Prevenir o controlar el riesgo o peligro sin aumentar el riesgo global al ser usado.

Por lo tanto, la selección correcta del guante debe tener en cuenta al usuario, las condiciones del lugar de trabajo y el propio guante. Los empleados necesitan ser educados y formados en cuanto a por qué se requiere el guante especial, cómo poner correctamente el guante, cómo usarlo y después de su uso cómo quitarlo para asegurar la máxima protección contra el producto químico (s). Después de usar los guantes contaminados, estos deben eliminarse de acuerdo con la normativa local.

Los guantes deben ser seleccionados y usados de forma adecuada debido a lo siguiente:

- El contaminante puede depositarse dentro del guante, estar en contacto con la piel y podría resultar en una mayor exposición contrario a un guante que no se ha desgastado en absoluto.
- El uso de guantes durante largos periodos de tiempo puede resultar en la acumulación de sudor dentro del guante resultando en irritación o infección de la piel.
- El uso de látex (caucho natural) puede causar una reacción alérgica a los individuos susceptibles produciendo en la piel urticaria de contacto.

8.4.5 Tipos de Guantes

Según el resumen realizado por Popendorf (2006), los guantes de protección para productos químicos, comúnmente están hechos con los siguientes materiales:

- Caucho natural: Es un poli isopreno que se obtiene a partir de plantas de caucho que al refinarse y dispersarse en agua forma un látex que puede ser moldeado en una membrana semi elástica. Proporciona una buena protección de las bases, alcoholes y mezclas acuosas, pero es mala para los aceites y disolventes orgánicos.
- Caucho de butilo: Es un copolímero de isobutileno-isopropileno, relativamente inelástica. Se considera que es bueno para los éteres de glicol, cetonas y ésteres, pero mala para los solventes de hidrocarburos y clorados.
- El PVC o cloruro de polivinilo es un tanto elástico, bueno para ácidos fuertes, bases y sales (la mayoría de las mezclas acuosas) y alcoholes, pero no es bueno para muchos disolventes orgánicos.
- Nitrilo: Es un acrilonitrilo y butadieno copolímero elástico, también conocido como Buna-N o NBR caucho y se considera bueno para aceites, xilenos y algunos disolventes clorados.
- Neoprene®: Es iso-propileno policlorado semi elástico y se considera bueno para ácidos oxidantes, anilina, fenol y éteres de glicol.
- PVA: Es alcohol de polivinilo. Se considera bueno para compuestos alifáticos, aromáticos, disolventes clorados, cetonas (excepto acetona), ésteres y éteres, pero no puede tolerar soluciones acuosas.

- Viton®: Es una familia de copolímeros fluorados como hexafluropropylene y fluoruro de vinilideno o fluoruro de vinilo. Estos son considerados buenos para los hidrocarburos aromáticos, disolventes clorados, alifáticos y alcoholes.
- Los laminados: Son capas de diferentes polímeros como el polietileno y el alcohol de vinilo de etileno (PE / EVAL) unidos: nombres comerciales incluyen SilverShield® 4H®and LPC® y también se les llama barrera o guantes de película plana. Son excelentes para una amplia variedad de disolventes, pero son inelásticos y se perforan con relativa facilidad. Estas limitaciones se superan en gran medida por doble guante (uso de uno de los polímeros elásticos sobre el laminado).

El cuero, algodón y guantes de lona no son de protección química. Pueden prevenir el estrés mecánico y lesiones físicas menores, pero prácticamente no tienen cualidades de protección química. Por lo general absorben el químico en contacto con estos y exponen al trabajador por más tiempo.

Pero, ¿quién es químico para saber qué clase o tipo de sustancia química es y por lo tanto que tipo de guantes que deben utilizarse?

Los principales fabricantes de guantes tienen sitios web que ofrecen asesoramiento sobre la selección de material de los guantes de protección contra una amplia gama de los productos químicos industriales más utilizados y con frecuencia proporcionan información adicional en relación a la penetración y paso:

CHEMREST es utilizado por los mejores guantes de www.chemrest.com
SpecWare ™ es utilizado por Ansell Edmont en- www.ansell-edmont.com/specware (Consultado julio de 2008).
North Safety Guante Productos en www.pspglobal.com/nfvitongrades.html (Consultado julio de 2008).

(Fuente: Ansell Limited - reproducido con permiso)

Figura 8.20 - Varios tipos de guantes

8.4.6 Proceso general de selección de guantes

El proceso de selección final del guante comprende:

- Selección del Material del Guante

Una vez se ha determinado el tipo de material del guante (como se describe anteriormente), deben ser tenidos en cuenta otros dos factores:

- Construcción del Guante
  - Un estilo desechable de protección muy básico, con el cambio frecuente.
  - Un estilo sin apoyo es más duradero donde la flexibilidad y destreza sean importantes.
  - Una estilo con apoyo.
- Opciones de Guantes
  - ¿Qué longitud de guante se requiere?
  - ¿Cuánto agarre se requiere?
  - ¿Se requieren diferentes tamaños de guante?

Si bien es importante seleccionar el guante correcto para proteger contra un peligro en particular, la comodidad no se debe olvidar. Por ejemplo, si las manos dentro de los guantes se vuelven extremadamente calientes o sudorosas los guantes son menos propensos a ser usados. Del mismo modo, si los trabajadores sienten que no pueden obtener un agarre adecuado de una

herramienta o equipo, pueden decidir no usar los guantes o mitones. Todos estos hechos deben ser tenidos en cuenta en el proceso de selección.

8.4.7 Limitaciones de los guantes

Hay que recordar que los guantes se deben utilizar solamente como la última medida de control, donde otros métodos de control no son razonablemente posibles. Algunas de las limitaciones en el uso de guantes incluyen:

- Los guantes protegen al portador y no eliminan los contaminantes del lugar de trabajo.
- Algunos tipos de guantes no son convenientes y pueden interferir con la forma en que el usuario hace su trabajo.
- El uso de guantes a menudo hace que el portador pierda la capacidad de tocar, sentir y disminuya la destreza.
- La protección depende de la correcta selección de material de los guantes, un buen ajuste y utilizarlo correctamente.

8.4.8 Eliminación de los Guantes

La mayoría de los usuarios necesitan saber cómo quitar los guantes correctamente para evitar la contaminación de la piel sin protección. Los guantes que queden sueltos se pueden sacudir con bastante facilidad. Los guantes ajustados deben eliminarse agarrando el puño de un guante y tirando de él hacia abajo y de adentro hacia afuera. Mientras el guante parcialmente eliminado todavía está en la mano, el otro guante se tira hacia abajo y de adentro hacia afuera sin tocar la piel desnuda con superficies de guantes contaminados. Los guantes se eliminan finalmente con una parte dentro de la otra.

No se recomienda que estos guantes sean reutilizados por el riesgo de introducción de la contaminación en sus superficies internas. Si esto ocurre, la naturaleza cerrada del guante puede aumentar la tasa de absorción de la sustancia química.

Recuerde siempre que si la superficie interior de un guante se contamina, se va a pensar en que va a presentarse una exposición; no importa la cantidad de atención que se haya prestado ni la correcta selección del guante.

Por ejemplo, si usted tiene que quitarse los guantes temporalmente, sus manos pueden contaminarse de la manipulación de los guantes. Si se pone de nuevo el mismo par de guantes se va transferir el producto químico al interior de los guantes y la exposición puede ocurrir. Para evitar que esto suceda se deben lavar muy bien los guantes antes de quitárselos.

8.4.9 Reutilización y Lavado de Guantes

La (AIOH 2007) sugiere que la reutilización y el lavado de guantes pueden traer algunos inconvenientes:

- Los guantes pueden tener pequeños agujeros que no se detectan.
- Los contaminantes pueden ser movidos al interior del guante durante el lavado.
- El proceso de lavado puede dañar físicamente el guante.
- El proceso de lavado puede no eliminar cualquier producto químico que ha comenzado a migrar a través del material de los guantes.
- Algunas cremas o lociones para la piel y los limpiadores de manos pueden contener los productos a base de petróleo que pueden causar inflamación y degradación del material de los guantes. Consulte al fabricante si requiere asesoramiento al respecto.
- Si nota cualquier deterioro en el rendimiento de los guantes, estos deben ser desechados y su idoneidad reevaluada.

8.4.10 Entrenamiento

Un programa exitoso de protección de la piel incluye la correcta selección de los guantes, así como la capacitación para su uso apropiado, las limitaciones a la protección que pueden ofrecer y su eliminación correcta sin causar contaminación de la piel.

Para proteger al usuario de los guantes estos deben ser usados correctamente.

8.5 Protección ocular y facial

La protección de los ojos también puede ser necesaria, teniendo en cuenta las sustancias peligrosas en el lugar de trabajo. De una manera similar a la de otros elementos, los EPP se pueden seleccionar de acuerdo con normas nacionales e internacionales, así como la obtención de recomendaciones de los fabricantes.
Se requiere protección visual apropiada o máscara de protección, cuando los ojos o la cara se exponen a los peligros de partículas en el aire, metal fundido, productos químicos líquidos, ácidos o líquidos cáusticos, gases o vapores químicos o radiación de luz potencialmente perjudicial.

La protección de ojos y cara a menudo es necesaria para también proteger al usuario de:

- Sustancias peligrosas.
- Las caretas o gafas para las personas que manipulan productos químicos peligrosos se fabrican en policarbonatos o metacrilato de poli-metil (conocido como PMMA o acrílico). Sin embargo, las reacciones químicas de algunos vapores pueden causar caretas normalmente transparentes para se vuelven opacas.

Las gafas pueden ser de tipo “ventilada” o “no ventilada” y deben ser elegidas de acuerdo con la naturaleza del peligro.

(Fuente: INDURA - reproducido con permiso)

Figura 8.21 - Gafas protectoras

- **Lesión traumática**

La protección puede ser proporcionada por las mismas pantallas faciales y gafas que proporcionan protección química.

Debe tenerse en cuenta que las gafas de seguridad (preferentemente aquellas con protección lateral) ofrecen muy poca protección contra las partículas químicas o salpicaduras de líquidos químicos y ninguna protección de los ojos contra gases y vapores irritantes.

9. ELEMENTOS ADMINISTRATIVOS

9.1 INTRODUCCIÓN

Los elementos administrativos o también denominados de control administrativo, se pueden definir de manera muy amplia o muy restringida. La AIHA (2003) define los controles administrativos en su sentido más amplio, para incluir la participación de la gestión en la formación de los empleados, la rotación de los empleados, el muestreo de aire y biológico, la vigilancia médica y el servicio de limpieza. Por otro lado, Popendorf (2006) utiliza un significado más breve mediante la limitación de la duración que cada individuo está expuesto a dicho agente.

Los controles administrativos (o controles de prácticas de trabajo) también pueden ser considerados como cambios en los procedimientos de trabajo, tales como las políticas de seguridad, normas, supervisión, horarios y formación con el objetivo de reducir la duración, la frecuencia y la severidad de la exposición a productos químicos o situaciones peligrosas .

El enfoque que abordaremos será el de la definición más amplia, para tratar de considerar todos los aspectos de carácter administrativo que pueden ayudar en el control de sustancias peligrosas.

9.2 REQUISITOS LEGALES

En casi todos los países existen organizaciones, disposiciones y normas para el control de sustancias peligrosas como el COSHH del Reino Unido, el REACH de la comunidad europea, etc. En estas leyes y reglamentos hay un marco en el que las obligaciones de las distintas partes (incluidos los empleadores y los trabajadores), están debidamente establecidas. Hay obligaciones de los empresarios orientadas a garantizar la salud y seguridad de sus trabajadores mediante el control de los riesgos en su origen; a su vez, las obligaciones por parte de los trabajadores se alinean hacia la cooperación con el empleador en la preservación de su propia salud y seguridad, además de las obligaciones que se

aplican a todos los asuntos tradicionales de seguridad (mecánica, electricidad, prevención de caídas, etc.).

Todas las leyes y regulaciones de salud y seguridad, códigos de prácticas y normas de la industria, son efectivamente las formas de control administrativo.

La manera en que los controles administrativos se ponen en práctica dependerá del lugar de trabajo en particular. La salud de la empresa y las políticas de seguridad y procedimientos de trabajo en salud y seguridad tienen un lugar muy importante que desempeñar.

9.3 REDUCCIÓN DE PERIODOS DE EXPOSICION

La reducción de los periodos de exposición por rotación de los trabajadores o la inserción laboral, disminuye la exposición de una persona al compartir una labor entre varios trabajadores. Por ejemplo, durante el proceso de soldadura interna en la construcción de tuberías, puede presentarse tanto estrés calórico como exposición a cantidades importantes de humos y vapores de soldadura. Esto podría llevarse a cabo por parte de un equipo de soldadores.

El trabajo de aplicar pintura en la industria de muebles bajo el supuesto de exposición a solventes orgánicos, podría distribuirse entre una cuadrilla de trabajadores en donde unos se encarguen de preparar la madera y otros hagan el envío del producto, generando así una rotación saludable que reduzca el tiempo de exposición a estos compuestos volátiles.

La inserción laboral incorpora una serie de aspectos en relación a la aptitud de una persona para el trabajo y la capacidad de una persona para desempeñar las funciones alternas.

Cuando los resultados de monitoreo biológico indican que los empleados han pasado más tiempo expuestos a sustancias peligrosas, será necesario retirarlos de esa situación.

Por ejemplo, en la industria del plomo, los trabajadores pueden ser retirados de la zona de procesamiento si los niveles de plomo en su sangre superan un cierto criterio. No se les permite volver a esa tarea hasta que sus niveles regresen a un porcentaje aceptable. El mismo principio se aplica a los trabajadores expuestos a otros agentes, incluyendo el mercurio y pesticidas.

En la industria nuclear, a los trabajadores se les permite una dosis máxima de radiación durante cierto período (son retirados antes de una exposición adicional).

9.4 PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS

Puede ser posible reprogramar el trabajo de alto riesgo, utilizando el menor número de trabajadores, así:

- Aplique pinturas a base de isocianatos (producto que puede causar asma o sensibilización respiratoria), en el turno de la tarde en vez de turno de la mañana.
- Retire el material de asbesto de una construcción en el fin de semana y no durante la semana.
- Vierta el metal fundido en moldes de fundición de resina orgánica en el turno de la tarde o noche.
- Fumigar las instalaciones laborales u oficinas el fin de semana y no durante la semana.
- Llevar a cabo el mantenimiento del sistema de eliminación de polvo (por ejemplo: reemplazar los filtros contaminados), cuando el personal de producción no esté presente.

9.5 MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

Un mantenimiento insuficiente puede generar escapes catastróficos por ruptura en los sistemas de conductos o liberaciones fugitivas por crecientes fugas en bridas, puertas, juntas y partes de acceso.

Prácticas de mantenimiento deficientes pueden causar la liberación y escape de material, cuando una planta se encuentre sometida a procesos de reparación o mantenimiento, por ejemplo: sustitución de los conductos de escape, sellos, cambio de filtros, etc.

La falta de mantenimiento puede causar generación y descarga de cantidades excesivas de polvo acumulado en la construcción de estructuras de apoyo, como cornisas, columnas y en la parte superior de los conductos. El aire comprimido no debe ser utilizado para soplar superficies polvorientas y el uso de EPP es obligatorio.

El mantenimiento de los sistemas de purificación de aire, por ejemplo, en el caso de cambio de filtros en las talegas o mangas, puede presentar problemas particulares por el manejo de grandes cantidades de materiales concentrados, contaminados y tóxicos.

El polvo que escapa de este proceso, se convierte en una fuente de exposición secundaria cuando, por ejemplo, el viento sopla extendiéndose más allá del punto inicial de liberación. El polvo siempre se deposita por debajo de los sistemas de transporte y en los puntos de transferencia. Para evitar la acumulación de polvo, se debe limpiar con regularidad. Si bien el aspirado es el método recomendable, cuando no pueda ser llevado a cabo, es preferible realizar barrido húmedo y no en seco.

Los derrames de líquidos también deben limpiarse de inmediato (antes de que ocurra la evaporación) y los trapos cargados de disolventes deben colocarse en contenedores sellados y eliminarse de acuerdo con las normativas locales.

La importancia de mantener un alto nivel de servicio de limpieza, debe ser un tema reiterativo. Espacios de trabajo sucios y desordenados, no sólo aumentan la probabilidad de exposiciones secundarias (por ejemplo: polvo levantado por corrientes de aire y viento, o contacto inadvertido con la piel en las superficies y

equipos sucios). Adicionalmente es pertinente enviar un mensaje al personal, en donde se resalte que los malos hábitos de aseo en el trabajo son inaceptables.

9.6 HÁBITOS DE COMER, FUMAR Y BEBER

Aspectos como comer, fumar y beber en el lugar de trabajo, hacen parte de la higiene personal y pueden contribuir a la afectación adicional por inhalación. El ejemplo clásico es el de un operario que trabaja con plomo y es fumador. En esta situación, si las manos del trabajador están contaminadas con polvo de plomo, el polvo se transfiere al cigarrillo y como se volatiliza por el cigarrillo encendido se inhala. El mismo principio se aplica a otros productos químicos peligrosos, incluidos los plaguicidas.

La ingestión accidental de productos químicos también puede ocurrir por el consumo de alimentos sin lavarse primero las manos o beber de una fuente contaminada (por ejemplo fuentes de bebidas situadas en el centro de la zona de trabajo).

9.7 CAMBIO DE ROPA E INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO Y LAVADO

Las instalaciones de cambio de ropa en la industria minera del carbón han tenido tradicionalmente un lado “limpio” y un lado “sucio” (Figuras 9.1 y 9.2).

Fuente: D Moore - reproducido con permiso)

Figura 9.1 – Habitación de cambio - lado limpio de la mina de carbón

(Fuente: D Moore - reproducido con permiso)

Figura 9.2 – Habitación de cambio – lado sucuin de la mina de carbón

Cuando los mineros llegan al trabajo, se retiran y guardan su ropa limpia (de calle) en los casilleros del “lado limpio” de la instalación y pasan a través de una zona de duchas hacia el “lado sucio”, en el que se visten con su ropa de trabajo (a menudo ya sucia) e ingresan bajo tierra.

Al retornar de la mina, se quitan la ropa sucia y la dejan en los armarios localizados en la “zona sucia”, se duchan pasan a la “zona limpia”, se colocan su ropa limpia y dejan el trabajo.
En el momento en el que la ropa sucia requiera lavado, se llevará a la casa de trabajador o se contratará un servicio de lavado por parte del empleador.

Los mismos procedimientos se suelen adoptar en la industrial del plomo e industrias nucleares para prevenir la propagación de la contaminación del lugar de trabajo. En estas industrias es una práctica común que la ropa contaminada o potencialmente contaminada se lave en las instalaciones o fuera de estas, bajo circunstancias especiales y controladas.

Cabe señalar que sacudir la ropa para la eliminación de polvo es una práctica común y causa una exposición secundaria completamente innecesaria. Hay también casos documentados de las amas de casa que han contraído

enfermedades pulmonares relacionadas con asbestos sin exposición conocida, excepto por el lavado de ropa de trabajo contaminada con este peligroso agente.

9.8 DUCHAS Y LAVADO DE MANOS Y SU PAPEL EN LA PREVENCIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La higiene personal de los trabajadores es un tema importante en lo que se refiere al control de las exposiciones accidentales. Como se indicó anteriormente, las manos de los empleados pueden contaminarse y provocar exposiciones secundarias por inhalación (si se trata de un fumador) o por ingestión (si comen en el lugar de trabajo sin haberse lavado bien las manos para eliminar las posibles fuentes de exposición).

Los trabajadores cuyas manos se ensucian durante el ejercicio de sus funciones, deben ser motivados a lavarse las manos con frecuencia para evitar que se produzca la exposición.

Del mismo modo, después del trabajo debe ser un requisito que los empleados se duchen con eficacia para eliminar los contaminantes de su cuerpo (con especial atención el lavado del cabello).

El empleador debe mantener sistemas de lavamanos y duchas adecuadas para el aseo de los trabajadores en áreas de trabajo de reconocida contaminación.

9.9 USO DE CREMAS Y LOCIONES

Hay una serie de cremas y lociones en el mercado como una alternativa a la utilización de guantes. Estos suelen ser destinados a materiales con toxicidad dérmica irritante o baja. Hay una gama de productos que normalmente caen en los siguientes tipos:

- Crema protectora repelente al agua para la protección contra agentes solubles ya sea agua o compuestos solubles en agua.

- Cremas protectoras resistentes a los disolventes para la protección contra los aceites y disolventes.
- Estos tipos de crema deben aplicarse de forma regular y periódica. No se recomienda que las cremas protectoras sean utilizadas si existen lesiones en la piel.

Algunas cremas protectoras se han utilizado en un intento de prevenir el eritema (enrojecimiento) o quemaduras en la piel por exposición a la luz UV después del contacto con productos a base de brea de alquitrán. Al igual que con el uso de todas las cremas protectoras es imperativo que se apliquen de manera uniforme sobre toda la superficie de la piel expuesta.

El standard Australiano serie / NZS 2161.1 indica que se debe tener precaución al utilizar cremas protectoras y películas protectoras ya que los estudios indican que pueden causar un aumento en la tasa de absorción de algunos disolventes orgánicos. Pueden presentarse problemas de recubrimiento inadecuados por una mala aplicación.

Si se elige una crema protectora consultar con el fabricante para asegurar su adecuación al tipo de producto químico utilizado.

Se considera generalmente que las cremas y lociones de protección no son un sustituto eficaz para los guantes seleccionados correctamente.

9.10 CONTROL DE ACCESO A LAS ZONAS PELIGROSAS

Los procedimientos donde se han definido áreas peligrosas deben ser señalizados, prohibiendo el ingreso a personal no autorizado. Las medidas podrían incluir:

- Colocación de letreros
- Libro de registro de entrada
- Tarjeta de acceso del sistema
- Personal de seguridad

9.11 EL PAPEL DE LA EVALUACIÓN, MEDICIÓN, SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA DE LA SALUD EN EL INICIO DE MEDIDAS DE CONTROL

Antes de que las medidas de control se puedan aplicar correctamente se requiere un conocimiento del riesgo, teniendo en cuenta:

- Cómo se presenta la situación de peligro
- Que hacen las personas cuando están expuestas
- Por qué están haciendo la tarea
- Cuáles son los resultados esperados del programa de control
- Impactos sobre otras personas cercanas y, sobre todo
- ¿Cuáles son las consecuencias si los controles no son adecuados o no se ponen en práctica para proteger al trabajador? (AIOH 2007)

Estos son todos los elementos de un programa eficaz de Higiene Ocupacional. Para cada área de trabajo, proceso u ocupación debe llevarse a cabo una evaluación. Ello identifica potencial de riesgo químico, físico o biológico que pueden afectar la salud del trabajador.

Los resultados del monitoreo de exposición del lugar de trabajo deben contener información que describa las condiciones en el lugar de trabajo que se relacionan con la intensidad, la duración y las vías de exposición probables (inhalación, ingestión y absorción de la piel o de contacto).

9.12 PAPEL DE LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESCRITOS, PERMISOS DE TRABAJO, ETC

Es importante revisar las formas y casos de la institución sobre procedimientos seguros, notas, formas y documentos escritos, que promuevan la prevención y el autocuidado de la salud y la seguridad. Las charlas dirigidas a los trabajadores antes del inicio de cada turno pueden ser de gran utilidad.

Si los requisitos están escritos, entonces son claros para todo el personal los peligros asociados con determinadas tareas y qué controles deben ser utilizados para el trabajo a realizar de forma segura.

Las prácticas de trabajo seguras son los requisitos y procedimientos administrativos para asegurar que los empleados trabajen de una manera segura. Procedimientos de trabajo seguros se convierten en una parte integral del proceso. Los ejemplos de las prácticas de trabajo seguras pueden incluir:

- Buen programa de limpieza para garantizar la descontaminación periódica de las paredes y los pisos.
- Buenas requisitos de higiene personal al prohibir comer, beber y fumar en las áreas contaminadas, o proporcionando ducha y lavado de descontaminación personal.
- La reducción del número de empleados expuestos y restringir el acceso a los trabajadores no esenciales a las áreas contaminadas.
- Proveer normas para el almacenamiento seguro y la eliminación de sustancias peligrosas.
- Establecimiento de procedimientos efectivos de emergencia y llevar a cabo jornadas y simulacros de forma regular a través de ejercicios planificados
- Investigación de cada incidente, accidente o condición insegura para controlar las causas y asegurarse de que no vuelva a ocurrir
- Establecimiento de un programa de orientación y formación adecuadas para asegurar que los empleados sean conscientes o puedan identificar los peligros y están plenamente familiarizados con el uso adecuado de los equipos y procedimientos de control involucrados
- La aplicación de prácticas de trabajo seguras recomendadas por los proveedores o desarrolladas en el lugar de trabajo
- El establecimiento de un programa para la reducción de los productos químicos almacenados
- El establecimiento de un programa para la minimización de residuos

9.13 PAPEL DE LA HIGIENE OCUPACIONAL EN LOS PROGRAMAS DE CONTROL CONTINUO

Una vez se han introducido medidas de control en el lugar de trabajo, es necesario mantenerlos para que resulten eficaces.

- Los sistemas de ventilación y otros controles de ingeniería deben ser inspeccionados regularmente para medir su eficacia, por ejemplo, la medición de las velocidades de la cara, o verificar el funcionamiento y mantenimiento de los ventiladores de succión de aire.
- ¿Se requieren programas de monitoreo de higiene ocupacional o de monitoreo biológico de rutina o programas de vigilancia médica?
- Si se utilizan equipos de protección respiratoria, comprobar el mantenimiento de las unidades de SCBA, establecer procedimientos y horarios de cambio de filtro del respirador o realizar pruebas de ajuste.
- Cuando se utilice indumentaria y guantes de protección química, garantizar su uso y adecuación para la tarea.
- Es importante documentar las prácticas de mantenimiento y de auditoría realizados para demostrar que los controles son realmente satisfactorios.

9.14 IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN, INSTRUCCIÓN Y FORMACIÓN

Para poder utilizar elementos administrativos efectivamente los trabajadores deben ser entrenados adecuadamente.

Necesita saber:

- Por qué es necesario el control
- Cómo el control ha de lograrse
- Las limitaciones de estos procedimientos
- Las consecuencias de no adherirse a los controles

Para lograr esto de manera efectiva, es fundamental que los trabajadores, incluyendo a sus supervisores, participen activamente en el desarrollo,

implementación y capacitación relacionada con el uso de medidas de control administrativo.

9.15 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS EN ZONAS DE ALTO RIESGO

El EPP es importante para hacer frente a situaciones de emergencia y en la prestación de primeros auxilios en zonas de alto riesgo. Explosiones en minas, incendios industriales, fugas de gas y respuesta a actividades de tipo terrorista son todas situaciones en las que no se pueden utilizar medidas de control técnico como ventilación y como tal la única alternativa es el EPP.

En algunas circunstancias, como por ejemplo donde se ha producido un incidente, o donde los niveles de concentración de las sustancias son desconocidas, en espacios confinados o en caso de incendios, será necesario llevar equipo más especializado como SCBA, encapsulado total con trajes químicos o ropa resistente al fuego.

Los EPP para hacer frente a este tipo de situaciones, deben almacenarse en algún lugar accesible, que permita la oportuna reacción ante estos eventos. Para ello se requiere de una planificación de manejo de emergencias, cuidadosa y exhaustiva antes de que los eventos de este tipo ocurran.

Cuando los elementos se almacenan por mucho tiempo pueden deteriorase y en consecuencia deben sustituirse de forma inmediata; pero, ¿con qué frecuencia se reemplazan? Los materiales tienen definidos tiempos de uso, vida de almacenamiento, y también pueden tener determinados requisitos de almacenamiento (como mantenerlos refrigerados, o en un lugar fresco y seco); el estado de las baterías también puede resultar crucial. Es importante establecer y llevar a cabo una inspección y calendario de pruebas para todos los equipos del inventario.

Gran parte del equipo requerido, como por ejemplo los SCBA son complejos y requieren de una formación especializada para su uso. Una persona sin entrenamiento intentando rescatar a una persona en un ambiente tóxico es probable que se convierta en una víctima.

El personal necesita llevar a cabo cursos de actualización regular en respuesta a emergencias que implican el uso de los EPP y todos los equipos susceptibles de ser utilizados en la emergencia.

9.16 FORMACIÓN

Para poder utilizar elementos administrativos correctamente los trabajadores han de estar adecuadamente capacitados para que sepan:

- Por qué se usa el elemento administrativo de control
- Los procedimientos y directrices exactas a seguir
- Las limitaciones de tales controles administrativos
- Las consecuencias de ignorar los elementos administrativos

La participación de los trabajadores en el reconocimiento, el diseño y la implementación de los controles es útil de varias maneras:

- Promueve la consulta entre los empleadores, los supervisores y los trabajadores.
- Los trabajadores sienten un sentido de pertenencia y el empoderamiento de las decisiones en las que han sido implicados.
- La satisfacción en el trabajo puede aumentar en la constatación de que las opiniones de los trabajadores son valoradas y solicitadas.
- Los trabajadores tienen un conocimiento profundo del funcionamiento de un proceso o sistema, y estarán atentos a la implementación de controles practicables y útiles.
- Cuestiones culturales y lingüísticas deben abordarse según sea necesario, dependiendo de las circunstancias particulares

10. APLICACIONES PRÁCTICAS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL

10.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta sección es reunir información de las temáticas anteriores, en forma de una serie de estudios de casos. Todas son situaciones reales en donde se resaltan varios aspectos de las estrategias de control.

Es importante entender que no existe una estrategia global de control (a excepción de la eliminación total de las sustancias peligrosas) bajo la consideración de que cada lugar de trabajo debe ser evaluado y un enfoque de control debe ser apropiadamente diseñado e implementado. Una vez implementado, la estrategia de control debe ser mantenida.

10.2 ADICION DE CAL HIDRATADA A TANQUES DE CIANURO

En una planta de procesamiento de oro por el método de carbono en pulpa, localizada en África Ecuatorial, surgió la necesidad de hacer adiciones de rutina de cal hidratada (Ca (OH)2 a los tanques de extracción de cianuro con el fin de controlar el pH. Para ello, la fábrica decidió usar cal hidratada despachando al sitio el producto en bolsas a granel de 1000 kg a fin de minimizar los costos de transporte.

El pH en los tanques se monitorizó y cuando se requirió una bolsa de 1000 kg esta era levantada por una grúa y conducida a una tolva que disponía de una lanza interna para perforar la bolsa y liberar la cal hidratada a los tanques de mezcla de cianuro.

Como se puede ver en la Figura 10.1, este proceso generó niveles significativos de polvo afectando al trabajador a través de las corrientes de aire que predominaban en el sitio de trabajo. La referencia de la MSDS del producto indicó que el material era corrosivo por inhalación, ingestión, piel y ojos. Además por inhalación daría lugar a irritación severa de la membrana mucosa de la nariz

y la garganta y el contacto prolongado y repetido con la piel podría causar una erupción cutánea grave, dermatitis y posible ulceración química.

(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 10.1 - Carga de cal hidratada en Chute encima de tanques de mezclado de cianuro

Cuando el proceso comenzó, los operadores experimentaron irritación respiratoria y debido al clima ecuatorial caliente y húmedo, irritación severa en la piel y en un caso, la ulceración.

La respuesta del director de la fábrica (un expatriado de América del Norte) era proporcionar protección respiratoria y vestidos impermeables para que el producto no se pusiera en contacto con la piel. Esta era una práctica que había sido utilizada previamente durante una emergencia en una fábrica en un lugar frio de América del Norte.

Casi de inmediato a la introducción de estos procedimientos, el número de casos de estrés térmico calórico de personas que acudieron a la clínica en el lugar

aumentó. Tras la investigación se descubrió que la combinación de los impermeables y un clima ecuatorial caliente había dado lugar a un aumento de la temperatura corporal de los operadores hasta el punto de inicio de estrés térmico por calor, situación que no se había presentado en el sitio de América del Norte bajo la misma tarea, debido al clima frío predominante allí.

La respuesta de la dirección fue, cesar temporalmente la adición de la cal hidratada en bolsas a granel hasta que se pudiera instalar una serie de aspersores de agua al interior de la tolva. Una vez que el sistema de pulverización se activó desapareció la presencia de polvo fino resultante de la apertura de las bolsas, eliminando incluso la necesidad de cualquier equipo de protección personal.

El aprendizaje clave en esta situación, fue que la solución de un problema puede conducir a la creación de otro y lo que puede funcionar bien en una locación puede ser peligroso en otra.

10.3 EXPOSICION A SILICE RESPIRABLE DURANTE OPERAACION CON CHORRO DE ARENA (SAND BLASTING)

En la industria, el chorro de arena es una práctica común utilizada para preparar estructuras de acero para la pintura, soldadura o posterior procesamiento.

El término “chorro de arena” se deriva de la época en que la arena del río o de la playa, era conducida a alta presión a través de una boquilla con el fin de limpiar las superficies. Las altas velocidades implicadas dieron como resultado la fracturación de partículas de arena, reduciendo así su tamaño hasta el punto que podría ser respirada por el operador. Muchos operadores de tales procedimientos, que no estaban protegidos adecuadamente sufrieron silicosis y en algunos casos, la muerte.

Para superar este problema, las autoridades legales en muchos países prohíben el uso de arena, siendo sustituida por productos de bajo contenido de sílice tales como el granate, la ilmenita y escoria de cobre.

La Figura 10.2 ilustra la situación de una empresa contratista que no cumple con los requisitos legales de prohibición de uso de la arena y otras relacionada con exposiciones potenciales a este riesgo.

(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 10.2 – Areanado de Tubos

En cuanto a la situación indicada en la figura 10.2, un higienista ocupacional visitó el lugar y observó significativas nubes de polvo, derivadas de una operación de chorreado. Al investigar más a fondo, encontró que:

- El material utilizado en el proceso era un polvo fino que contiene 35% w/w de sílice cristalina proveniente de una fuente barata de material de arenado. Que el respirador de línea de aire utilizado por el operador estaba en mal estado y el compresor utilizado para el proceso de limpieza era el mismo que se utilizaba para el suministro de aire para el respirador.
- Que no existían registros de calidad del aire suministrado al respirador.

- Las conversaciones con el ayudante del operador indicaron que no era raro que la nube de polvo de la operación de voladura afectara la posición en la que estaba paleando el material de sílice en una tolva de alimentación.
- Ninguna protección respiratoria se había suministrado a esta persona.

Como resultado de estas observaciones, el higienista ocupacional consultó a la dirección de obra y el proceso se detuvo inmediatamente.

Las conversaciones con el contratista dieron como resultado que el material con alto contenido de sílice debería ser reemplazado por un producto más adecuado, así como el suministro de una fuente de aire independiente para el respirador de línea de aire, junto con el monitoreo regular de la calidad de éste; también se determinó la construcción de una barrera de viento entre el área de explosivos y la tolva (para minimizar la influencia de la dirección del viento), y un programa educativo dirigido a todos los involucrados.

Si bien esta operación pudo haber pasado como un hecho aislado, sirve para destacar una serie de puntos clave:

- La necesidad de entender la naturaleza de los productos que se utilizan en un proceso y el efecto que el proceso puede tener en el aumento del riesgo de un peligro para la salud.
- Es necesario considerar a todos los trabajadores que pudieran estar expuestos, no sólo a aquellos que se encuentran en la zona cercana.
- El mantenimiento del EPP debe ser una prioridad, si se quiere lograr el nivel esperado de protección.

10.4 VENTILACIÓN EN UNA SALA DE MUESTRAS DE LABORATORIO

A raíz de las quejas emitidas por parte de los técnicos de un laboratorio (que trabajan en una sala de preparación de muestras), con respecto a los altos niveles de ruido y polvo, se llevó a cabo una inspección por parte de un higienista ocupacional.

Tras la asistencia, el higienista ocupacional encontró que el sistema de ventilación era un “rompecabezas” en el que había numerosos ramales fuera del conducto principal que conduce a los molinos y hornos, conectados a un ventilador (Figura 10.3).

(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 10.3 - Sistema de ventilación en conductos de laboratorio

Un examen más detallado indica algunas de las características de diseño inusual (Figura 10.4 y 10.5).

(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 10.4 - Ductos para sistema de extracción

(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 10.5 - Primer plano de conjunto de ductos en "T"

Como se puede observar, este diseño no es compatible con las prácticas y crearía una turbulencia significativa y por lo tanto ruido.

Al examinar la red de conductos existentes desde la cabina del molino y de los hornos (Figura 10.6), se identifica un diseño complejo, carente de equilibrio o balanceo del sistema. Esto fue confirmado mediante el uso de un tubo de humo y un anemómetro, que indicó que la mayor parte del aire se encontró en la sección del conducto más cercano al ventilador y también que poco flujo de aire estaba presente en las otras ramas. Esto hizo que se presentara un alto nivel de polvo en los molinos de trituración.

De otra parte se encontró que el ventilador estaba en mal estado y no correspondía a los requisitos del sistema.

Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 10.6 - Complejo de Ductos

No se encontraron registros relacionados con el diseño del sistema; lo que llevó a la conclusión de que posiblemente dicho sistema había sido instalado por alguien con pocos conocimientos en ventilación. Tampoco se disponía de registros de mantenimiento y rendimiento del sistema. Resultaba evidente que a medida que el laboratorio fue creciendo, el sistema de ventilación se había extendido sin la debida consideración del tamaño del ventilador, diseño de los conductos y necesidad de ramificaciones.

Lamentablemente, la situación anterior es más común de lo que podría creerse y sirve para destacar que cualquier sistema de ventilación debe ser adecuado para el propósito, y que simplemente el hecho de añadir otra rama puede alterar todo el sistema.

Los aprendizajes clave de este ejercicio son:

- Los sistemas de ventilación deben ser diseñados para cumplir con el propósito de satisfacer necesidades individuales.

- El diseño e instalación de un sistema de ventilación no es el fin del ejercicio. Las buenas prácticas de mantenimiento son necesarias mientras el sistema esté funcionando.
- El rendimiento del sistema debe ser monitoreado regularmente.

10.5 EXPOSICIÓN A MERCURIO EN UNA CUARTO DE EXTRACCION DE ORO

La etapa final de la extracción de oro del mineral, utilizando el método de carbono en pulpa, consiste en fundir el oro elemental recuperado con el fin de eliminar las impurezas. El proceso de fundición implica el calentamiento del oro en bruto en un horno de gas natural y la creación de una escoria en la superficie del oro fundido usando varios minerales. Muchas de las impurezas se transfieren a la escoria metalúrgica bajo condiciones controladas, pero otras (por ejemplo, mercurio) se liberan a la atmósfera en forma de vapor.

En el momento apropiado el oro se vierte (Figura 10.7), se enfría, se identifica y se envía a una refinería para su posterior procesamiento.

(Fuente: Universidad de Wollongong)

Figura 10.7 - Procesamiento de oro

En la imagen fotográfica es posible observar que el horno se encuentra debajo de una campana suspendida que está conectada a un ventilador de extracción fuera del edificio. El sistema de extracción tiene tres propósitos:

- Eliminar los gases de combustión durante el calentamiento del material dorado usando gas natural.
- Eliminar cualquier contaminante durante la fusión del oro.
- Eliminar el aire caliente dentro del salón para hacer el ambiente más agradable para los trabajadores que supervisan el proceso de fundición diaria durante seis horas.

A raíz de las quejas de los trabajadores se llevó a cabo una inspección al salón de fundición de oro. Los resultados iniciales indicaron la presencia de niveles elevados de mercurio en la atmósfera (aunque por debajo de la norma de exposición), las velocidades de captura de la campana eran bajas y no había mínimo movimiento de aire dentro del salón.

La inspección del ventilador estableció que las correas entre el motor de accionamiento y el eje impulsor del ventilador estaban deslizándose continuamente, disminuyendo así el grado de extracción. A través de un examen más detallado de la carcasa del ventilador exterior y los conductos, se encontraron aperturas significativas debido a la corrosión (el ventilador no estaba protegido del fuerte clima ecuatorial) y como consecuencia se estaba produciendo una reducción en la eficiencia del sistema.

Se hicieron reparaciones al sistema con una mejora de las velocidades de captura. Los niveles de mercurio ya no se detectaron y aunque el flujo de aire en el salón de extracción de oro aumentó, no se dio al nivel esperado. En la inspección de las entradas de aire (para el sistema de suministro de aire), se estableció que muchas estaban bloqueadas, lo que estaba limitando la cantidad de aire de reposición que debe ingresar a la sala. Una vez que éstas fueron abiertas, el movimiento del aire dentro de la sala de oro aumentó.

El aprendizaje clave de la situación anterior es que la mayoría de las medidas de control requieren mantenimiento y que los sistemas de ventilación son propensos al fracaso si el mantenimiento adecuado no se mantiene.

Una simple revisión de rutina de la velocidad de entrada de la campana habría puesto de manifiesto la caída en la eficiencia del sistema debido al deslizamiento de las correas, pero lamentablemente no se realizaban inspecciones en este punto.

10.6 FABRICACIÓN DE ANHIDRIDO FTALICO

El anhídrido ftálico es un importante producto químico y se utiliza en la fabricación de plastificantes de éster de ftalato, formulaciones de poliéster para cascos de barcos, aplicaciones de plástico reforzado con vidrio y en resinas alquídicas para pinturas.

Más del 85% de anhídrido ftálico comercial se produce a partir de o-xileno por oxidación en fase gaseosa, usando pentóxido de vanadio como un catalizador. El producto final se vende en grandes sacos a granel de 500 kg o 1.000 kg de capacidad o en sacos de 25 kg. El producto también se vende en forma fundida y se transporta en camiones cisterna con aislamiento. El anhídrido ftálico tiene las siguientes propiedades físicas:

- Sólido blanco a temperatura ambiente
- Punto de fusión 131 ° C
- Presión de vapor saturado de 1 mm Hg @ 96.5 ° C

El anhídrido ftálico es un sensibilizante respiratorio conocido con límites de exposición profesional establecidos.

En este estudio de caso, se expresó preocupación en cuanto a la posible exposición de los trabajadores durante el llenado de bolsas a granel con anhídrido ftálico inmediatamente después de la fabricación.

Un estudio inicial llevado a cabo por un higienista ocupacional encontró lo siguiente:

- El proceso de producción funcionaba las 24 horas con la sección productora en copos sólidos, siendo ésta el área principal de la exposición potencial de los trabajadores.
- Algunos de los problemas de proceso, asociados a la calidad del producto copos sólidos, resultó en su solidificación en las bolsas a granel, por lo que se requiere de reprocesamiento (y posterior recogida).
- El sistema de ventilación por extracción local para controlar el polvo era muy limitado y sujeto a fallas frecuentes. Además, el sistema no fue diseñado en relación a la captura y el transporte de los polvos y humos de anhídrido ftálico.
- El sistema de bolsas a granel fue diseñado para bolsas de 1.000 Kg; sin embargo los cambios en la demanda de los clientes, dio como resultado un aumento de la utilización de bolsas de 500 kg y así un mayor potencial de exposición. La exposición de los empleados surgió debido a la necesidad de realizar un trabajo manual en el proceso de conectar, desconectar y amarrar las bolsas.
- Se observó que todos los trabajadores cumplían con las normas de uso de los elementos de protección personal en el sitio. Estos incluían protección para los ojos, mono de trabajo y protección respiratoria.

Como parte de un estudio inicial se llevó a cabo un monitoreo preliminar de anhídrido ftálico. Esta evaluación indica que la exposición a largo plazo varia hasta un máximo de 4,1 mg / m3 durante las operaciones de llenado bolsa. Dado que la exposición límite permisibles era de 4,0 mg / m3 se requiere una acción apropiada para reducir la exposición de los empleados.

El enfoque para establecer que las exposiciones necesitaban ser controladas y cómo podrían ser controladas, fue sistemático y científico.

Algunas acciones clave fueron la observación detallada de las tareas y medición para identificar las principales fuentes y rutas de exposición dentro del sistema

de llenado de bolsa. La figura 10.8 muestra el proceso de remate de una bolsa llena y el potencial de exposición durante este proceso.

(Reproducido con permiso)

Figura 10.8 - Proceso de llenado de bolsas

El uso de técnicas simples, tales como la lámpara de polvo (haz de Tyndall) para identificar la nube de partículas de anhídrido ftálico en las bolsas (Figura 10.9). Se llevó a cabo también el monitoreo ambiental para confirmar estas observaciones.

(Reproducido con permiso)

Figura 10.9 – Lámpara de polvo utilizada para resaltar la pérdida de polvos de bolsas

- En asociación con el proveedor de la bolsa se hicieron las siguientes mejoras:
  - Rediseño de bolsas para incluir dobles costuras.
  - Bolsas forradas.
  - Cambio de lugar del punto de unión para evitar la necesidad de apoyarse en el marco del sistema de extracción al atar bolsas llenas.

- Se hicieron modificaciones al proceso de descamación al producir hojas sólidas de anhídrido ftálico utilizando un medio mecánico. Esto superó el problema de solidificación en la bolsa a granel y posterior manipulación.

- La introducción de un nuevo sistema de ventilación local diseñado según los requisitos del proceso (Figuras 10.10 y 10.11). Un mejor nivel de llenado de la bolsa automatizado también se introdujo, lo cual elimina un número significativo de problemas prácticos y de manipulación manual.

(Reproducido con permiso)

Figura 10.10 - Sistema de ventilación eficaz

(Reproducido con permiso)

Figura 10.11 - Extractor de humos durante el llenado de bolsas

El remuestreo, siguiendo las mejoras anteriores, indica exposiciones personales a anhídrido ftálico entre 0,2 a 0,4 mg / m3. La inspección de las bolsas utilizando tanto la observación visual como el haz de Tyndall mostró poco polvo o fuga en las costuras de la bolsa.

Como parte de un proceso de control en curso, se llevó a cabo un seguimiento anual de trabajo y un plan de vigilancia de la salud dirigido a los operadores de plantas. También se introdujeron exámenes de pre-empleo para nuevos trabajadores.

Las lecciones aprendizajes en este estudio de caso incluyen:

- Las técnicas de observación y simples análisis de las tareas sirven para identificar y evaluar las potenciales exposiciones de los empleados
- Un enfoque sistemático para el desarrollo de estrategias de control adecuadas es muy eficaz.

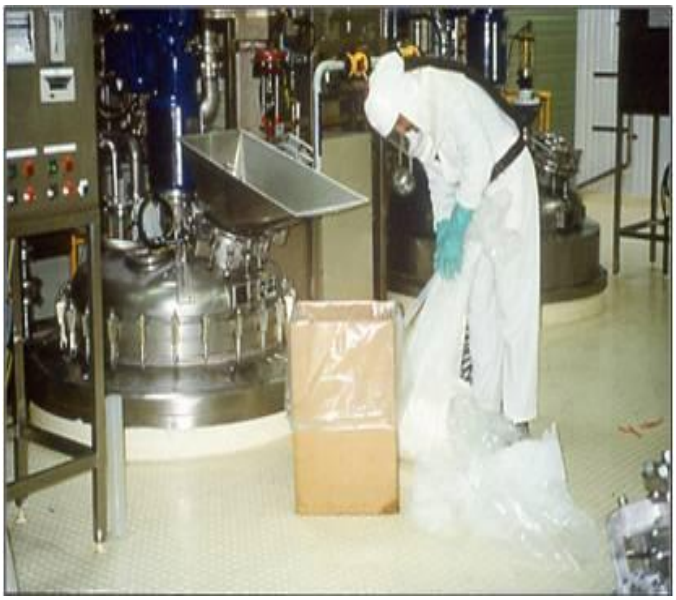
- La participación de los interesados (incluyendo proveedores) puede conducir a mejoras significativas y exposiciones más bajas.
- Modificaciones de los procesos pueden ser necesarias a fin de controlar las exposiciones.

10.7 EL CONTROL DE POLVO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

En la industria farmacéutica hay necesidad constante de transferir material en polvo desde un recipiente hasta una vasija de mezclas o hasta un reactor. Este estudio de caso detalla dos situaciones en las que se presentaron problemas en el proceso de manipulación de polvos de forma manual.

Situación A

En esta situación un operador está tomando bolsas previamente pesadas (aproximadamente 5 kg) de polvo desde un contenedor de cartón antes de elevarlo y colocarlo en un conducto conectado a un recipiente de mezcla (figura 10.12). El operador lleva un traje Tyvek con capucha separada. La capucha se alimenta con aire respirable, previamente filtrado que es tomado desde el área del local a través de una bomba que funciona con pilas.



(Reproducido con permiso)

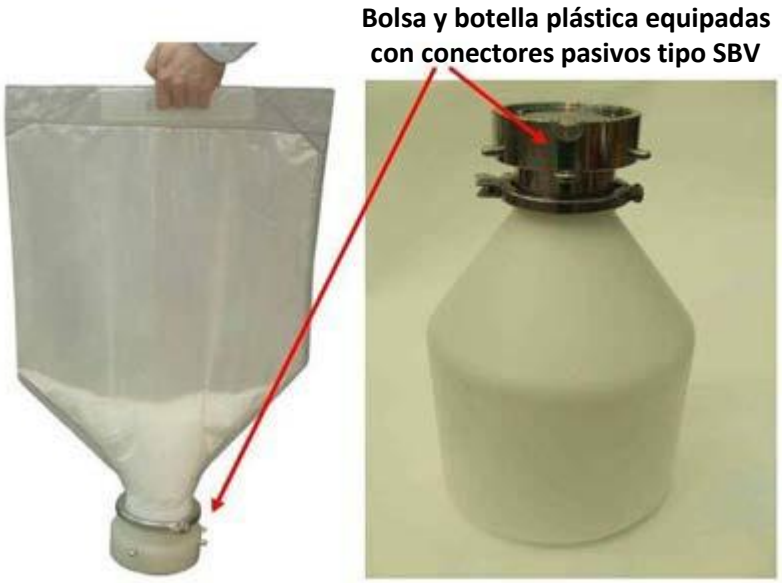
Figura 10.12 - Manipulación Manual de Polvo Farmacéutico

Los problemas con esta situación fueron identificados así:

- El área de trabajo está abierta permitiendo que el polvo ingrese y se deposite en las repisas, maquinaria, etc.
- Las personas que trabajan o transitan por la zona durante la operación de carga están en riesgo de exposición por vía inhalatoria al material, si no utilizan la protección respiratoria adecuada.
- Algunos polvos, en la fase gaseosa pueden llegar al punto de inflamación o ignición y pueden generar gran cantidad de energía y causar lesiones y daños. Los sistemas eléctricos utilizados (motor del agitador) puede tener energía suficiente para encender una nube de polvo dependiendo de las características de este y el tipo de seguridad incorporado al diseño de los equipos eléctricos.
- Otras personas podrían estar expuestos por vecindad a los polvos bajo la falsa creencia de encontrase en sitios “seguros” de exposición, no utilizando los elementos de protección personal, como corresponde en muchos casos al personal de mantenimiento. Estos polvos pueden reaccionar con la humedad u otros materiales en el aire, cambiando su característica química en cantidad suficiente como para presentar riesgos adicionales (quemaduras químicas). Pueden caer sobre la piel expuesta o en los ojos o pueden ser transferidos de la mano a la boca u otras superficies como manijas de puertas e interruptores de luz.

Tras una evaluación exhaustiva de los problemas anteriores, se implementó la siguiente estrategia:

El polvo fue pre-pesado en contenedores que podrían “acoplarse” con el recipiente permitiendo así una transferencia controlada. Los polvos que fluyen de forma fácil se pueden pesar en recipientes rígidos y los que no fluyen tan fácilmente en recipientes flexibles (Figuras 10.13 y 10.14); ambos pueden ser equipados con conectores que permiten la conexión a los puertos de conexión fijas en el recipiente. (Figura 10.15).



(Reproducido con permiso)

Figura 10.13 – Pesada Previa de Contenedores

(Reproducido con permiso)

Figura 10.14 - Contenedor pesado previamente en posición de descarga

(Reproducido con permiso)

Figura 10.15 - Puerto de acoplamiento fijo en recipiente de mezcla

Si bien esta solución involucra algunos costos, las bolsas de acople y los contenedores son reutilizables y tienen una “vida útil” razonable.

Existe un riesgo de que alguna parte del material pueda ser liberado cuando se desacoplan las dos mitades del dispositivo. Los proveedores de este tipo de dispositivos pueden proporcionar una gama de válvulas y elementos útiles para hacer frente al riesgo; desde la extracción local de aire o el lavado de líquido entre las caras del dispositivo de acoplamiento antes del desacoplamiento. Estos pueden liberar niveles muy bajos (<1 microgramo / m3). Los sistemas “hecho en casa” utilizan dos válvulas que hacen el lavado entre si y pueden ser utilizados antes de desconectar.

Situación B

Esta situación es la misma que la anterior, sin embargo no hay requisito para cargar cantidades considerablemente superiores (hasta 25 kg) en un recipiente de disolución (Figura 10.16).

(Reproducido con permiso)

Figura 10.16 - Carga del material en un recipiente de disolución

En este caso no hay una rampa alrededor del trabajador que se utilice para la carga del material, pero en algunos casos se proporciona ventilación de escape local cerca al punto de operación. El equipo de protección personal es similar al utilizado por el trabajador en la situación A y la zona de trabajo es un área abierta.

Si se aplica en este caso el enfoque adoptado en la situación A, los mayores volúmenes de material involucrado implicarían la repetición de pequeñas operaciones de carga, dando lugar al posible aumento de la exposición (en ausencia de otros controles). Si se considera el otro extremo (es decir, una gran bolsa o recipiente previamente pesado) sería difícil de manejar y se daría lugar a problemas ergonómicos sustanciales.

La solución adoptada fue la instalación de un elevador de tambor con un recinto alrededor de la zona por encima de los puntos de descarga (Figura 10.17).

(Reproducido con permiso)

Figura 10.17 – Tambor con caja de descarga

También se instalaron puertos para mano (tipo guante) para proporcionar acceso que permitiera al operador retirar la tapa del tambor, abrir cualquier revestimiento, ayudar a que el material fluya (limpieza de aislador), reemplazar la tapa del tambor y limpiar las partes externas contaminadas del tambor dentro del aislador.

Antes de decidirse por el diseño final del aislador se elaboró una maqueta (madera y cartón) para asegurar que se cumpliera con los requisitos ergonómicos. Factores como la talla del operador, zurdo o diestro, etc., deben ser consideradas.

En este caso, aunque el costo de capital del equipo fue mayor, hubo un ahorro de tiempo para el operador al no tener que ponerse y quitarse la ropa protectora y también un ahorro en el costo de la ropa de protección y su limpieza, mantenimiento y almacenamiento.

Los aprendizajes clave de estas dos situaciones incluyen:

- La contención es un medio eficaz para el control de las exposiciones de los empleados.

- La implementación de cualquier estrategia de control que implica la participación directa de los operadores tiene que tener en cuenta los factores humanos individuales para que puedan ser utilizados por todo el personal

10.8 PARTICULAS DIESEL EN MINAS DE CARBÓN SUBTERRÁNEAS

Los motores diesel se han utilizado en la industria minera subterránea durante muchos años y han sido un factor clave en el aumento de la productividad de tales operaciones. Mientras que los efectos en la salud de las emisiones gaseosas fueron bien entendidos desde su introducción inicial, se prestó poca o ninguna atención al control de la fracción de partículas.

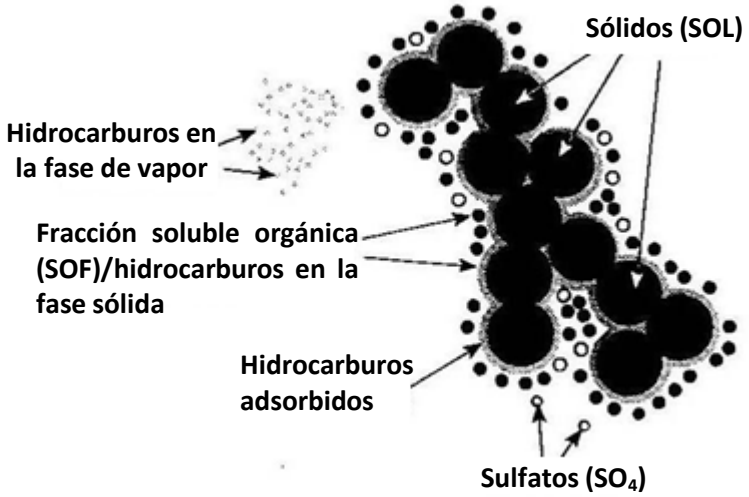
Este estudio de caso detalla cómo se investigó el tema, como se evaluó y finalmente las estrategias para el control de partículas diesel en las minas subterráneas de carbón.

Al igual que con el control de cualquier contaminante, es importante tener una comprensión clara de las propiedades físicas y químicas de la sustancia, más el conocimiento sobre los efectos potenciales para la salud.

Las partículas diesel han sido fuente de una considerable investigación y el debate científico en los últimos 20 años resume las propiedades de partículas diesel de la siguiente manera:

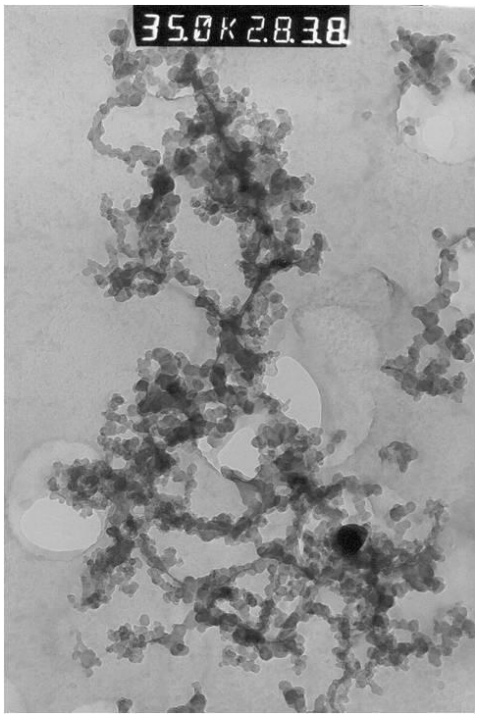
- Generado junto con las emisiones gaseosas en los gases de escape de todos los motores diesel.
- Tamaño de partículas pequeñas (15-130 nanómetros) llamadas esférulas.
- Pueden aglomerarse para formar partículas más grandes (<1 micrómetro de diámetro).
- Absorben cantidades significativas de hidrocarburos y otros compuestos orgánicos.
- Tiene trazas de compuestos inorgánicos.
- Respirable por los seres humanos.
- Tiene un núcleo central de carbono elemental.

Estas propiedades se pueden demostrar esquemáticamente o por medio de microscopía electrónica según las figuras 10,18 y 10,19.



(Reproducido con permiso)

Figura 10.18 - Esquema de Partículas Diesel



(Reproducido con permiso)

Figura 10.19 - Electromicrograma Mostrando Aglomeración de Pequeñas Partículas Diesel

Los efectos en la salud de partículas diesel son complejos y todavía son objeto de debate, sin embargo, se puede afirmar lo siguiente:

- Clasificado como cancerígeno por muchas autoridades en todo el mundo.
- El pequeño tamaño de las partículas diésel ha sido vinculado con efectos no malignos sobre la salud similares a los PM2.5
- Irritante (ojos, nasal y bronquial).

Como resultado de la comprensión de las propiedades y efectos sobre la salud de las partículas diesel, las estrategias de control apropiadas fueron investigadas (Davies 2004), desarrolladas e implementadas. Este enfoque ha demostrado que hay una solución simple solo para controlar los niveles de partículas en las minas subterráneas de carbón y que, si bien existe una gran variedad de opciones de control, pueden ser necesarias una o más configuraciones para obtener el control efectivo de las exposiciones.

Lo que también se descubrió fue que las operaciones individuales usando equipo similar, podrían tener diferencias significativas en cuanto a niveles de exposición debido a las diferencias en los patrones de ventilación, prácticas de trabajo y lo más importante, el mantenimiento.

No obstante lo anterior, la gama de posibles opciones de control identificadas incluyen:

- Combustible diesel con bajo nivel de emisión.
- Ventilación a niveles según el tamaño del motor. En los casos en que la ventilación sea restringida (por ejemplo, las minas), puede ser conveniente limitar el número de motores diesel que operan en un área.
- Dispositivos de tratamiento de escape, como los convertidores catalíticos, los sistemas de depuración húmeda, filtros cerámicos regenerativos, filtros desechables de escape, sistemas de dilución de la dispersión de escape.
- Motores de nueva generación con baja generación de emisiones.
- Programas de mantenimiento dirigidas a minimizar las emisiones de escape.
- Cabinas de operación bien selladas y filtros de aire con sistema de aire acondicionado.

- Educación de los empleados.
- Equipo de protección personal.

Aunque se ha encontrado que la combinación de las anteriores medidas resulta eficaz, una estrategia que podría ofrecer una mayor productividad, consiste en reducir la exposición de los empleados. La introducción de un programa de mantenimiento para el control de las emisiones, demostrado por varios investigadores (McGinn 2000, Davies 2004), da lugar a una mayor disponibilidad de la flota, mayor potencia y por lo tanto productividad y menores emisiones.

Aunque esto parece aparente, se basa en la premisa de que los motores pueden ser probados durante los procedimientos de mantenimiento. Para ello, las mediciones de gases y partículas diesel deben llevarse a cabo. La medición de los niveles de escape de los gases (dióxido de carbono, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno) en los motores diesel utilizados en las minas subterráneas de carbón estaba bien establecida, pero la medición de partículas diesel presenta temas complejos.

Un investigador (Davies 2004) desarrolló un laboratorio móvil que incluía un instrumento de laboratorio para medir partículas diesel (Figuras 10.20 y 10.21).

(Fuente: B Davies - reproducido con permiso)

Figura 10.20

(Fuente: B Davies - reproducido con permiso)

Figura 10.21

Esto resultó ser muy eficaz y en un ensayo de 66 motores, siete presentaron valores anormales. Un mantenimiento sencillo (Tabla 10.1) dio lugar a reducciones significativas de partículas diesel (medido como carbono elemental).

Tabla 10.1 - ejemplos del efecto de mantenimiento sobre los niveles de escape sin diluir

Vehículo	Concentración de CE Previo mg / m3	Concentración de CE Post mg / m3	Mantenimiento realizado
1	139	46	Nueva bomba de combustible y limpieza del tanque.
2	131	40	Nuevo inyectores, combustible ajustado.
3	159	71	Inyectores de repuestos.
4	102	61	Inyectores de recambio, y cambio de sistema de aire de admisión.

Una vez que este concepto fue demostrado por varios investigadores, ha aumentado el desarrollo de instrumentación para medir la concentración de

forma más practica como la que tiene como principio la tecnología láser (Figura 10.22) y, más recientemente, la contrapresión en un filtro expuesto (Figura 10.23).

(Fuente: AQT Pty Ltd - reproducido con permiso)

Figura 10.22 – Analizador portátil de partículas Diesel

(Fuente: J Hines - reproducido con permiso)

Figura 10.23 - Analizador portátil

El desarrollo de estos dispositivos ha permitido el control de partículas diésel en la fuente (motor).

Lecciones aprendidas:

- No existe una solución sencilla. Cada operación tiene que ser evaluada para establecer qué tecnología de control funciona mejor para su circunstancia particular.
- El control de partículas diesel requiere de un gran compromiso por parte de todos los involucrados.
- Emisiones basadas en la puesta de programas de mantenimiento ofrecen un potencial para reducir las emisiones y una mayor productividad. Para que esta estrategia sea efectiva, se requiere el desarrollo de un enfoque diferente para el seguimiento del contaminante en su fuente.
- La atención al detalle es necesario para mantener las tecnologías de control. Las tecnologías de control pueden degradarse rápidamente en el ambiente minero por lo que requieren una atención constante para asegurarse de que siguen siendo eficaces.

11. REFERENCIAS

ACGIH® (2009): Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH®, 2009

ACGIH® (2007): Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice 26th Edition; ACGIH® 2009

AIHA (2003): The Occupational Environment; its Evaluation, Control and Management. AIHA Press 2003

AIOH (2007): Principles of Occupational Health & Hygiene, Ed. C. Tillman, Australian Institute of Occupational Hygienists, 2007

Ansell (2007): ―Do your gloves pass the acid test?‖ Ansell Chemsafe Brochure, 2007

AS/NZS 1715:2009 Selection Use and Maintenance of Respiratory Protective Devices

AS/NZS 1716:2003 Respiratory Protective Devices

AS/NZS 2161.1:2000, Occupational protective gloves, Part 1: Selection use and maintenance

AS/NZS 2161.10.1:2005 Occupational protective gloves. Part 10 Protective gloves against chemicals and micro-organisms, Parts 1, 2 and 3

ASTM F739-07. Standard Test Method for Permeation of Liquids and Gases through Protective Clothing Materials under Conditions of Continuous Contact

ASTM Standard Guide F1001 – 86 Chemicals – ―Selection of Chemicals to Evaluate Protective Clothing Materials

Charney, W. (1991): Hidden toxicities of glutaraldehyde. In: Charney W, Schirmer J, eds. Essentials of modern hospital safety. Chelsea, MI: Lewis Publishers, Inc., pp. 71-81

COSHH Regulations (2002): The control of substances hazardous to health regulations 2002 (as amended)

Davies, B. (2004): The Control of Diesel Particulates in Underground Coal Mines. Doctoral Thesis, Victoria University, Australia 2004

EN 166:2002. Personal eye protection, Specifications

EN 374-1:2003. Protective gloves against chemicals and micro-organisms. Terminology and performance requirements

EN 374-3:2003. Protective gloves against chemicals and micro-organisms. Determination of resistance to permeation by chemicals

EN 420:2003. Protective gloves, General requirements and test methods

EN 529:2005, Respiratory protective devices – Recommendations for selection, use, care and maintenance – Guidance document

European Chemical Agency - Guidance for intermediates, February 2008

Gardiner, K. & Harrington, M.J. (2005): Occupational Hygiene, 3rd Edition. Blackwell Publishing 2005

Goede, Henk; Tielemans, Erik; van der Schaaf, Doeke; Schinkel Jody; le Feber, Maaike; van Hemmen, Joop, J. (2006): Development of an Exposure Control Efficiency Library (ECEL). Journal of Epidemiology, 17(6)

Hirst N., Brocklebank M., Ryder M. 2002, Containment Systems – A Design Guide. ISBN 07-7506-7612-4

HSE (2004/2005) COSHH: A brief guide to the Regulations. INDG136(rev 3) 04/05. Health and Safety Executive

HSE (2008) COSHH Essentials: Easy steps to control chemicals. Health and Safety Executive 2008 www.coshh-essentials.org.uk (accessed August 2008)

HSE (2008): Controlling Airborne Contaminants at Work. Health & Safety Executive, HSG 258, 2008

HSE: HSG53 - Respiratory protective equipment at work – a practical guide, 2005.

HSE (2004) HSG54 – Maintenance, examination and testing of local exhaust ventilation, 2004

IARC (2008): Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans http://monographs.iarc.fr (accessed August 2008)

ILO (2008) ILO Chemical Control Toolkit, International Labour Organisation. http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/index .htm (accessed August 2008)

ISO 13688:1998. Protective clothing – General requirements. ISO 1998

ISO 16602:2007. Protective clothing for protection against chemicals – Classification, labelling and performance requirements. ISO 2007

ISO 6529:2001. Protective clothing – Protection against chemicals - Determination of resistance of protective clothing materials to permeation by liquids and gases. ISO 2001

JIS T8150:2006 – Guidance for selection, use and maintenance of respiratory protective devices

KS P1101:2004 - Guidance for selection, use and maintenance of respiratory protective devices

McGinn, S.: The relationship between diesel engine maintenance and exhaust emissions – Final Report: DEEP Project

Nauman B.D., Sargent E.V., Starkman B.S., Fraser W. J., Becker G.T., and Kirk G.D., 1996, Performance-based Exposure Control Limits for Pharmaceutical Active Ingredients, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 57, 33-42

NIOSH (2004): NIOSH respirator selection logic. Cincinnati, OH: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease

Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH). Publication No. 2005-100

OHSAS 18001:2007: Occupational Health & Safety Management System – Requirements

Opel, R., Kalberlah, F., Evans, P.G. & Van Hemmem, J.J. (2003): A Toolkit for Dermal Risk Assessment and Management: An Overview. Ann. Occup. Hyg. Vol.47, No.8, 629-640, 2003

OSHA Regulations (Standards - 29 CFR) 1910.134 Respiratory Protection

OSHA Regulations (Standards 29 CFR 1910.120 Hazardous waste operations and emergency response

OSHA Regulations (Standards 29 CFR 1910.132 General requirements

OSHA Regulations (Standards 29 CFR 1910.133 Eye and Face Protection

OSHA Regulations (Standards 29 CFR 1910.138 Hand Protection

Popendorf, W. (2006): Industrial Hygiene Control of Airborne Chemical Hazards. Taylor & Francis, 2006

Regulation (EC) No 1907/2006: REACH Regulation. European Community 2006 www.ec.europa.eu accessed on 20 July 2008

SANS 10220:2003: The selection, use and maintenance of respiratory protective equipment.

Zalk, David M. and Nelson, Deborah Imel (2008) 'History and Evolution of Control Banding: A Review', Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 5:5, 330 — 346.

http://oeh.informaworld.com/soeh/content~content=a791578562~db=all~order=page Accessed 7 Sept 2008