

ANEXO A - VENTILACIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS

- a. **Introducción.** Con frecuencia, los espacios confinados contienen atmósferas inflamables, tóxicas o cuyo nivel de oxígeno se ha agotado o enriquecido. La ventilación es natural es generalmente insuficiente para lograr remover el aire contaminado de adentro del espacio y cambiarlo por aire fresco de afuera. La falta de intercambio de aire ocurre particularmente en los espacios confinados que tienen pocas aberturas de acceso y por la misma configuración del espacio confinado. Se pueden ventilar con efectividad con aparatos que mueven el aire y sacan el aire contaminado al espacio confinado, introduciéndole aire limpio, respirable y controlando el nivel de los peligros que crean los contaminantes en el espacio o los que surgen de las operaciones que se hacen dentro del mismo.
- b. **Requisitos Básicos.** No se puede establecer una regla única o grupo específico de reglas que cubran todos los requisitos de ventilación que aplican a los espacios confinados. Se debe reconocer que el objetivo de la ventilación en los espacios confinados es:
- 1) Para sacar el aire contaminado (inflamable o tóxico) del espacio y mantener niveles seguros de concentración en términos de los límites de exposición permitidos (PEL) o los Límites Explosivos Inferiores (LEL), usando el que más nos convenga.
 - 2) Para proporcionar aire fresco y respirable dentro del espacio.
 - 3) Para crear un ambiente mas confortable dentro del espacio.

Estos objetivos sólo se pueden lograr con una evaluación comprensiva de los requisitos, en base al espacio en cuestión, su contenido y las operaciones que se van a llevar a cabo en el espacio. Los requisitos de ventilación se pueden calcular en base a los aspectos del espacio y las operaciones. La evaluación de la ventilación debe basarse en las medidas que se toman del sistema de ventilación o la atmósfera del espacio, para garantizar que se logren las condiciones seguras y que las mismas se mantengan. En este capítulo se estipulan los requisitos mínimos y se proporcionan guías para la aplicación de la ventilación en los espacios confinados. Cualesquiera preguntas específicas deben hacerse al personal de higiene industrial de su área (RHSI).

- c. **Ventilación Antes de Entrar o Trabajar.** Se deben ventilar los espacios confinados antes de entrar o trabajar, hasta el grado que sea necesario para reducir las sustancias inflamables y tóxicos a niveles aceptables y para proporcionar un contenido apropiado de oxígeno dentro del espacio.
- d. **Ventilación para Entrar y Trabajar.** Los requisitos de ventilación para entrar y trabajar en los espacios confinados dependen de la naturaleza del espacio, su contenido y las operaciones que se van a llevar a cabo dentro del mismo. Las operaciones que se llevan a cabo dentro de un espacio confinado pueden requerir la aplicación de un sólo tipo de ventilación, tal como una ventilación general, o pueden requerir la aplicación de dos tipos, tales como una ventilación general, en combinación con un sistema local de extracción de aire. Se deben aplicar estos principios en términos de cumplir con los objetivos estipulados en el párrafo "b." de esta sección.
- 1) **Ventilación General** - A menudo se usa ventilación general intercambiándola con la dilución del aire. Sin embargo, nos referiremos a la ventilación general como la acción de sacar o suplir aire respirable y para control de la climatización dentro del espacio, o sea la ventilación para controlar el calor.

ANEXO A - VENTILACIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS

- 2) **Ventilación con Extracción Local del Aire** - Un sistema local de extracción de aire consta de un arreglo mediante el cual la toma del aire (abertura con ducto o campana) se coloca cerca del punto del trabajo donde se generan los contaminantes. Un sistema local de extracción de aire captura los contaminantes a medida que estos se generan, los lleva hasta el ducto del sistema y los saca del ambiente de trabajo. Para sacar los contaminantes que se generan en un solo punto, como en la soldadura, o en las limpiezas localizadas con solventes, son más efectivos los sistemas locales de extracción de aire.
- 3) **Ventilación por Dilución del Aire** - Esta se hace incorporando aire no contaminado dentro de un espacio para diluir el aire contaminado que está dentro del mismo hasta lograr un nivel aceptable. La ventilación mediante la dilución se refiere a la dilución del aire contaminado con aire no contaminado en un área general, cuarto o edificio, con el fin de controlar cualquier peligro o molestia para la salud. Sin embargo, usualmente **la ventilación por dilución del aire no es un control de un peligro para la salud tan satisfactorio como la ventilación con extracción local.** Sin embargo, ocasionalmente ocurren circunstancias en las que se debe usar este mecanismo de ventilación si la operación o el proceso que se lleva a cabo prohíbe el uso de la extracción local.

El uso de la ventilación con dilución del aire tiene los siguientes factores limitantes:

- La cantidad del contaminante que se genera no debe ser demasiado, porque de lo contrario no será práctico el volumen de aire que se necesita para la dilución.
- Los trabajadores deben estar suficientemente lejos del lugar donde se genera el contaminante, o esta generación debe ser de una concentración suficientemente baja de manera que la exposición de los trabajadores no sea mayor que el valor del límite del umbral de exposición (siglas en inglés "TLV").
 - El contaminante debe ser de baja toxicidad.
 - La evolución del contaminante debe ser razonablemente uniforme.

La ventilación con dilución del aire se aplica raramente con éxito a los gases y polvos porque:

- las toxicidades altas que a menudo se encuentran exigen una dilución de aire en grandes cantidades;
- la velocidad y el ritmo en que se generan son por lo general muy altos;
- es muy difícil, si no imposible, obtener datos sobre la cantidad de la producción de los polvos y vapores. (El polvo se forma cuando se desmenuzan los materiales sólidos, como al taladrar, esmerilar o amolar. Los vapores ocurren cuando un metal o plástico se calienta y luego se enfría rápidamente, al soldar, fundir o hacer trabajos en calderas, etc.)

Cuando se usa la dilución para controlar la vaporización de sustancias tóxicas o inflamables y el personal puede quedar expuesto, se puede diluir la atmósfera a menos del límite de exposición permitido (PEL) o el límite explosivo inferior (LEL), o sea el menor de cualquiera de estos dos. Si la atmósfera no se puede diluir a menos del PEL, se debe proteger al trabajador con equipo de protección personal.

ANEXO A - VENTILACIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS

A menos que las pruebas de las muestras y las evaluaciones establezcan claramente que las concentraciones de los contaminantes están a los niveles aceptables de exposición, se debe equipar al personal con aparatos de protección respiratoria certificados por el "NIOSH" y aprobados por la Sección de Higiene Industrial, apropiados para la exposición en cuestión.

- 4) **Ventilación con Sistema de Dilución y Extracción de Aire (entrada y salida /"Push/Pull")** - Esta ventilación consiste en incorporar aire no contaminado dentro de un espacio para diluir los contaminantes, combinándolo con una extracción localizada en el área de la mayor generación de los contaminantes, utilizando ductos flexibles.
- e. **Ventilación de Atmósferas Inflamables.** Los abanicos, ventiladores, motores y demás equipos que se usan para ventilar las atmósferas que contienen vapores, emanaciones, neblinas, polvos, etc., inflamables o explosivos, deben ser equipo que sea intrínsecamente seguro por su diseño, tales como abanicos con chorro de aire a presión, eductores o eyectores de vapor, etc. El equipo debe estar debidamente aislado y conectado a tierra, según corresponda, para controlar la acumulación de electricidad y descargas.
- f. **Arreglos del Sistema de Ventilación.** Se deben arreglar los sistemas de ventilación para que proporcionen la mejor distribución de aire que sea posible por todo el espacio y el aire deberá ser de calidad respirable para que reemplace el aire contaminado que se saca del espacio.
 - 1) **Circulación del Aire** - La ubicación de las tomas de los ductos de extracción y de las tomas del aire para el intercambio es extremadamente importante para lograr la distribución apropiada del aire por todo el espacio confinado. Muy poco se logra con ubicar un abanico extractor sin un ducto o con un ducto corto en la parte superior de un espacio confinado con una única abertura profunda (por donde el aire de reemplazo entra al espacio por la misma abertura en donde está ubicado el abanico). Lo que ocurriría sería un cortocircuito en el movimiento del aire , ya que éste sacaría la mayor parte del aire de reemplazo que entraría al espacio, antes que este aire de reemplazo circule por todo el espacio. En este caso, se podría mejorar mucho la distribución del aire extendiendo un ducto desde la toma del abanico de extracción hasta el fondo del espacio. La distribución y la circulación del aire se puede mejorar grandemente cuando el aire de reemplazo y el aire que se extrae se mueven a través de aberturas separadas dentro del espacio.
 - 2) **Aire de Reemplazo** - El aire de reemplazo que se alimenta a un espacio para reemplazar el aire contaminado debe estar limpio y contener niveles normales de oxígeno que se pueda respirar. Las tomas del aire de reemplazo no deben ubicarse cerca de las salidas del aire extraído o del escape de un motor, ya que esto puede hacer que se recircule dentro del espacio aire extraído que está contaminado. Cuando el aire de reemplazo y el aire extraído se mueven por la misma abertura, se debe proporcionar ductos para llevar el aire extraído a una distancia suficientemente lejos de la abertura, de manera que se evite la recirculación del aire contaminado. La dirección del viento es un factor crítico para evitar la recirculación del aire contaminado.
 - 3) **Salidas del Aire Extraído** – Se debe ventilar a la atmósfera exterior el aire extraído que contienen sustancias inflamables o tóxicos, en un lugar donde se puedan diluir y dispersar los contaminantes. Las salidas del aire extraído no deben colocarse en lugares donde éste contamine los espacios adyacentes, o se acumule o forme bolsas en áreas

ANEXO A - VENTILACIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS

bajas, o expongan al personal a atmósferas tóxicas o peligrosas. El aire extraído debe descargarse en dirección del viento, lejos de las tomas de aire y de las posibles fuentes de ignición. Ciertos sistemas pueden requerir la filtración del aire extraído (como en el caso de la limpieza con chorro de arena), antes de botar el aire a la atmósfera exterior. A dichos sistemas se les deben instalar aparatos de filtración o separación apropiados, según el contaminante en cuestión.

- 4) **Contaminantes que son más Livianos o Pesados que el Aire** - En un espacio confinado, los contaminantes más livianos o pesados que el aire tienden a acumularse en mayor concentración en las áreas más altas o más bajas, respectivamente. Puede ocurrir una cierta cantidad de difusión que dispersará el contaminante en diversos grados de concentraciones, pero las mayores concentraciones ocurrirán en las porciones más altas o más bajas del espacio. Las temperaturas más altas que ocurren con los procesos calientes o por causas naturales aumentan la evaporación y la convección, hacen que los vapores o gases se difundan o se eleven a las porciones superiores del espacio. Se deben considerar estas características al hacer los arreglos de ventilación y colocar las salidas de extracción del aire y las tomas del aire de reemplazo. Cuando están presentes contaminantes más pesados que el aire de reemplazo, se debe poner la salida de extracción de aire cerca del fondo del espacio y la toma del aire de reemplazo en la parte superior del espacio confinado. Cuando los contaminantes son más livianos que el aire o cuando haya temperaturas muy elevadas, se debe invertir el sistema y poner la salida de extracción en la parte superior del espacio y la toma del aire de reemplazo en el fondo del espacio. Estos arreglos permitirán que el sistema de ventilación capte y saque los contaminantes en el punto de mayor concentración, con un mínimo de dispersión de los contaminantes en el espacio.

g. **Requisitos de Ventilación para Operaciones Específicas.**

1) **Aspectos Generales** -

- a) Esta sección se describen los requisitos de ventilación de ciertas operaciones. Sin embargo, se debe recalcar que estos requisitos son mínimos y sólo sirven de guía. Sólo se puede determinar si la ventilación es efectiva para reducir y mantener niveles seguros de sustancias inflamables y o tóxicos, y para proporcionar aire apropiado para respirar, tomando las muestras apropiadas de la atmósfera dentro del espacio. El cumplimiento con los requisitos mínimos de ventilación no garantiza, en sí, que no vaya a haber peligros de sustancias inflamables o tóxicos, ya que existen muchas variables que pueden afectar cualquier situación de trabajo en particular. En muchos casos puede ser necesario usar ventilación conjuntamente con los aparatos apropiados de protección respiratoria. Por ejemplo, se puede usar ventilación con dilución del aire para mantener los vapores inflamables a una concentración del 10% o menor del Límite inferior de explosividad (LEL). La ventilación que se proporciona puede no ser suficiente para diluir el contaminante hasta lograr niveles aceptables de exposición del personal, porque normalmente se necesita un volumen de aire mucho más alto para diluir los valores hasta el nivel de exposición permitido (PEL). En dichos casos, se puede usar la ventilación para controlar las concentraciones inflamables de vapores y se puede usar equipo aprobado de protección personal para proteger al personal de la exposición a los tóxicos. El personal competente calificado o el higienista industrial deben evaluar cada situación de trabajo, para asegurarse que la ventilación que se proporciona está logrando el efecto deseado.

ANEXO A - VENTILACIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS

- b) En ciertos casos, la configuración estructural de un espacio confinado impide la ventilación segura para extraer el contaminante tóxico o inflamable, por lo que se hace necesario reducir el alcance del trabajo para mantener la generación de los contaminantes dentro de niveles aceptables.

La Persona Competente hará las pruebas, tomará las medidas y hará las evaluaciones que correspondan, según la naturaleza de la operación y los contaminantes. La ventilación que se proporciona en cualquier operación será aceptable cuando las pruebas y la evaluación demuestren que la ventilación que se brinda es suficiente para mantener los niveles prescritos de aire limpio y respirable además de los niveles apropiados de los límites explosivos inferiores (LEL) y los niveles permitidos de exposición (PEL). La persona competente clase II, III y IV ventilará el espacio confinado previo a un acceso aún cuando las lecturas del instrumento indiquen condiciones normales.

- 2) **Los requisitos de ventilación para la soldadura, corte, quemado o similares (Hot Work)** son los siguientes:

- a) **Ventilación de extracción local:** Cuando se llevan a cabo operaciones de soldadura, corte, quemado o similares dentro de los espacios confinados, se debe proporcionar ventilación con extracción local cuando sea posible, para captar y sacar los contaminantes en el punto en que se generan.

Se debe equipar al personal con aparatos de protección respiratoria certificados por el "NIOSH", y aprobados por la Sección de Higiene Industrial; apropiados para la exposición, a menos que las pruebas y evaluaciones de las muestras establezcan claramente que las concentraciones de contaminantes dentro de las zonas donde los trabajadores respiran están dentro de los límites permitidos de exposición (PEL).

Cuando la operación tenga metales altamente tóxicos u otros materiales, es posible que se necesite un mayor flujo de aire en la succión para garantizar que se capten debidamente los contaminantes y para proporcionar una mayor dilución. El personal debe estar equipado siempre con aparatos de protección respiratoria aprobados por La Sección de Higiene Industrial; cuando tienen que trabajar con materiales altamente tóxicos, ya que aún la menor interferencia o falla del sistema de ventilación puede causarles una exposición significativa al personal. Estos materiales tóxicos incluyen, entre otros, los siguientes:

- Plomo
- Mercurio
- Berilio
- Cadmio (es obligatorio usar respiradores con línea de aire)
- Zinc
- Cromo
- Compuestos de fluoruro
- Compuestos de limpieza y desgrasadores, aceros inoxidables con fundente químico, polvo de hierro, soldadura protegida de arco de metal o soldadura de arco de metal con gas inerte.
- Hidrocarburos halogenados

- b) **Ventilación con Dilución del Aire:**

(1) Cuando no se puede proporcionar con efectividad la ventilación de extracción local debido a la ubicación, configuración o naturaleza del espacio o factores restrictivos similares, se debe proporcionar ventilación con dilución del aire. En tales circunstancias, se debe equipar al personal con aparatos de protección respiratoria

ANEXO A - VENTILACIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS

certificados por el “NIOSH” y aprobados por la Sección de Higiene Industrial, que sean apropiados para la exposición, excepto cuando las pruebas y evaluaciones de las muestras establezcan claramente que las concentraciones de los contaminantes están dentro de los niveles aceptables de exposición.

- 3) **Pintura, revestimiento, uso de solventes** - Frecuentemente la pintura y los solventes de limpieza, los disolventes líquidos para las pinturas y revestimientos de preservación y materiales similares son tóxicos o inflamables. Cuando las operaciones en las que se usan dichos materiales se llevan a cabo en espacios confinados, se debe usar ventilación para controlar los peligros. Generalmente, los contaminantes que estos tipos de operaciones generan se dispersan por un área amplia en lugar de un punto fijo de generación. En dichas operaciones, la ventilación con extracción local no es tan eficaz para controlar los contaminantes. Si es posible, se debe usar la ventilación con dilución y extracción de aire (entrada y salida o mejor conocidas como "push-pull").
 - a) **La Ventilación hasta los Límites Permitidos de Exposición (PEL):** Cuando se usa la ventilación con dilución y extracción de aire para controlar las exposiciones a los tóxicos, se debe diseñar la ventilación para bajar el nivel de contaminantes al 25% o a menos de los niveles establecidos que se permiten (PEL). Debido a la naturaleza de los problemas de ventilación en los espacios confinados, como se describen en el párrafo “g.)” de esta sección, se debe equipar al personal con aparatos de protección respiratoria certificados por el “NIOSH” y aprobados por la Sección de Higiene Industrial; excepto en el caso en que las pruebas y evaluaciones de higiene industrial que se les hagan a las muestras establezcan claramente que las concentraciones de contaminantes se mantienen uniformemente y de manera confiable dentro de los niveles aceptables.
 - b) **Ventilación hasta el Límite Explosivo Inferior:** Cuando no se pueden proporcionar suficientes flujos de aire de manera confiable y uniforme para reducir los contaminantes hasta los niveles establecidos de los límites permitidos de exposición, se debe proporcionar ventilación con dilución y extracción de aire hasta el 10% o menos del límite explosivo inferior (LEL) del material en cuestión. Se debe equipar al personal con el equipo apropiado certificado por el “NIOSH” y aprobado por la Sección de Higiene Industrial. La ventilación debe ser continua durante las operaciones, y debe continuar después que cesen las operaciones, hasta que los materiales inflamables se hayan evaporado y el espacio está libre de gases. Después que el sistema de ventilación se haya cerrado por lo menos 10 minutos se hará una prueba final del espacio. Se deben hacer pruebas frecuentes del espacio durante las operaciones para asegurar que no surjan atmósferas inflamables. Se deben suspender las operaciones y retirar al personal del espacio cuando las concentraciones de vapores inflamables son de más del 10% del límite explosivo inferior (LEL). Las operaciones no se reanudarán hasta que se hayan corregido las deficiencias de la ventilación o se haya ajustado el índice de aplicación para mantener los vapores inflamables a menos del 10% del LEL. Para ello se debe reconocer que en las operaciones como el rociado de pintura, las concentraciones inflamables existirán a cierto grado dentro del espacio en forma de cono desde la boquilla de rociado. La existencia de estas concentraciones inflamables dentro del cono de rociado no es causa para suspender las operaciones. Se debe considerar el tipo de las operaciones y el efecto del sistema de ventilación en la atmósfera total dentro del espacio. Cuando se encuentre que existen concentraciones inflamables a

ANEXO A - VENTILACIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS

distancias significativas fuera del cono de rociado, se debe sospechar del sistema de ventilación y tomar las medidas descritas anteriormente.

- c) **Índices del Flujo de la Ventilación:** Se debe determinar y calcular de acuerdo con el Manual de Ventilación Industrial de la "ACGIH" los índices del flujo de la ventilación de dilución y extracción de aire para mantener los niveles de los límites permitidos de exposición (PEL) o el 10% de los límites explosivos inferiores.

4) **Limpieza con Abrasivos:** Los contaminantes producidos por las limpiezas con abrasivos en los espacios confinados no se pueden controlar de manera razonable mediante la ventilación. El personal que hace estas operaciones debe estar equipado con aparatos de protección respiratoria certificados por el "NIOSH" y demás equipo de protección personal aprobado por la Persona Competente en concordancia con la Sección de Higiene Industrial. Se debe proporcionar la ventilación con suficiente flujo de aire para sacar de la atmósfera las partículas de polvo suspendidas, aumentando así la visibilidad dentro del espacio