

# Consideraciones de ventilación para la espuma de poliuretano en aerosol

Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión



**Coalición de espuma en spray  
(Spray Foam Coalition)**

**Centro para la Industria de Poliuretano  
(Center for the Polyurethanes Industry)**



**Spray Foam  
Coalition**

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

---

El objetivo de este documento es brindar orientación sobre la ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol (SPF, por su sigla en inglés) en residencias y edificios nuevos y en proyectos de climatización en hogares y edificios existentes. SPF es un material de aislamiento y sellado altamente efectivo que se usa mucho y se aplica en aerosol en las paredes, cielorrasos, áticos, subsuelos y espacios estrechos.

SPF es un sellador altamente efectivo, y su aplicación podría sellar el recinto del edificio por debajo de los índices de ventilación mínimos requeridos por los códigos de construcción o los requisitos de diseño recomendados. Este documento no discute los sistemas de ventilación mecánica permanentes, en ciertos casos puede ser necesario considerar el uso de dichos sistemas. Consulte a un profesional de diseño para determinar si corresponde.

### Por qué utilizar ventilación mecánica en la zona de trabajo durante y poco después de la instalación de SPF

La ventilación mecánica en la zona de trabajo durante y después de la instalación de SPF está diseñada para evitar que los trabajadores y otras personas en el área estén expuestos a químicos de SPF sobre los niveles recomendados o permisibles. Los efectos de salud potenciales debido a la exposición sobre los niveles recomendados varían de ningún efecto a irritación leve de los ojos, la piel o el sistema respiratorio hasta el surgimiento de enfermedad crónica pulmonar según la persona individual y el nivel y la duración de la sobreexposición.<sup>1, 2</sup>

Los componentes químicos de SPF incluyen isocianatos (material del lado A), que son irritantes (provocan efectos sobre los ojos, la piel del sistema respiratorio) y sensibilizantes que pueden producir una respuesta tipo alérgica en algunas personas luego de la exposición repetida. La exposición de un individuo sensibilizado tiene la posibilidad de dar como resultado reacciones en la piel y/o respiratorias. Los efectos respiratorios (ataques de asma) pueden ser graves (o fatales) incluso a niveles de exposición muy bajos en individuos sensibilizados.

El material del lado B (poliol o mezcla de resina) utilizado en SPF es un producto formulado que contiene polioles, agentes expansores, catalizadores, retardantes de llama, surfactantes y otros aditivos. Estos materiales componentes también podrían dar como resultado irritación de los ojos, la piel y el sistema respiratorio por sobreexposición. Una afección temporal conocida como “Neblina azul” o “Halovisión” podría ser el resultado de la exposición a catalizadores. Para obtener más información sobre salud y seguridad con químicos, consulte “Manual de tutela del producto de salud y seguridad para la aplicación de alta presión de SPF”.<sup>2</sup> Se dispone de información importante sobre salud y seguridad en línea gratuita, inclusive Capacitación en salud y seguridad con químicos del CPI para SPF de baja presión y SPF de alta presión aquí: [www.spraypolyurethane.org](http://www.spraypolyurethane.org).

Cuando se aplica SPF utilizando equipo de aplicación de alta presión, algunos químicos componentes de SPF pueden estar presentes en forma de nieblas y vapores de aerosol por sobre el nivel de exposición ocupacional (occupational exposure level, OEL) o a niveles que

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

---

podrían ser perjudiciales para algunos individuos.<sup>a</sup> Se deben utilizar controles de ingeniería que incluyan sistemas de contención y ventilación adecuadamente diseñados en conjunto con equipo de protección personal (EPP).<sup>3</sup> Estas medidas de protección pueden ayudar a prevenir exposiciones potenciales de los aplicadores de SPF, sus asistentes y otros que puedan estar trabajando en áreas adyacentes. Además, es importante tomar medidas como las restricciones al acceso y la evacuación del hogar durante y poco después la instalación para minimizar exposiciones potenciales.

Estudios actuales de indican que el uso de controles de ingeniería solos (sistemas de contención y ventilación) durante la aplicación de SPF de alta presión no reducen de manera suficiente los químicos aéreos por debajo de los niveles necesarios para eliminar el uso de EPP recomendado para aquellas personas que se encuentran en la zona de trabajo durante y poco después de la aplicación.<sup>4,5</sup> Utilice controles de ingeniería y EPP adecuado juntos al aplicar SPF de alta presión en interiores.

### Cuándo considerar utilizar sistema de ventilación mecánica durante la instalación

Los químicos aéreos de SPF se pueden acumular rápidamente en espacios interiores cerrados, según las condiciones ambientales, el tamaño de la zona de trabajo y la cantidad de SPF aplicada. Las zonas de trabajo cerradas incluyen el espacio interior del edificio, especialmente en áreas con ventilación natural mínima como áticos y espacios estrechos. Se debe considerar aislar y ventilar las áreas de aplicación de SPF para que trabajadores de otros rubros y ocupantes del edificio no estén expuestos potencialmente a químicos de SPF. Se debe revisar la necesidad de utilizar sistemas de ventilación mecánica durante y poco después de la aplicación en todas las aplicaciones de SPF de alta presión.

### Quién es responsable por construir y utilizar sistemas de contención y ventilación mecánica

Según las regulaciones de OSHA,<sup>6</sup> los contratistas de SPF tienen la responsabilidad legal de brindar un lugar de trabajo seguro para todos los empleados. En el caso de aplicación de SPF de alta presión, el uso de controles de ingeniería y EPP adecuado en la zona de trabajo durante y después de la aplicación es una consideración importante para ayudar a lograr un lugar de trabajo seguro. Además, es buena práctica que el contratista de SPF informe al propietario del edificio (dueño o contratista general) de todos los peligros relacionados con la aplicación de SPF. Realice una reunión entre el contratista de SPF y el propietario del edificio antes de la aplicación de SPF para discutir peligros potenciales, métodos de contención y ventilación, la importancia de desocupar el edificio, y cuándo es seguro volver a ocupar el edificio durante y después de la aplicación de SPF.

### Qué considera un contratista de SPF al diseñar y construir un sistema de contención y ventilación mecánica

La aplicación de SPF a las paredes, los cielorrasos, los áticos y los subsuelos dentro de edificios de diverso tamaño y geometría genera ciertos desafíos para diseñar configuraciones de contención y ventilación porque cada sitio de obra es diferente. Las zonas de trabajo varían en tamaño, geometría y condiciones ambientales, y el índice de entrega y posición de

---

<sup>a</sup> No todos los químicos componentes de SPF tienen OELs.

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

---

la fuente contaminante (por ejemplo pistola aplicadora), así como también el flujo de aire, también durante el trabajo a medida que el aplicador se mueve por la habitación.

Los aplicadores, asistentes, ocupantes y trabajadores y otros entes deben evitar la inhalación de, y el contacto con la piel y los ojos con, los químicos de SPF.<sup>7</sup> Las siguientes prácticas, inclusive controles de ingeniería, prácticas laborales, y EPP tienen el objetivo de reducir el potencial de sobreexposición a químicos de SPF vía inhalación, contacto con la piel o los ojos. Considere una combinación de controles de ingeniería, prácticas de trabajo y EPP para aplicaciones de SPF. Los individuos no involucrados en el proceso de aplicación deben desocupar el área y regresar luego de que se les informe que es seguro hacerlo.

**Controles de ingeniería:** Las técnicas adecuadas de contención y ventilación pueden ayudar a evitar que los trabajadores y los ocupantes del edificio estén expuestos potencialmente a la aplicación de SPF, especialmente en aplicaciones interiores cuando los edificios no se pueden desocupar. Esto puede ocurrir en grandes edificios comerciales donde no es factible desocupar todo el edificio. La contención crea una zona de trabajo restringida mientras que el sistema de ventilación quita los químicos de SPF del área de trabajo extrayendo el aire de la zona de trabajo a través del uso de un ventilador. Además de los controles de ingeniería, el uso de EPP reduce adicionalmente el potencial de exposición.

- **Contención de la zona de trabajo:** La contención de la zona de trabajo se utiliza junto a la ventilación para aislar y eliminar del área de trabajo. La contención de la zona de trabajo es más efectiva cuando un espacio es tan hermético como se pueda hacer. Si se contiene una zona de trabajo, marque claramente el área de manera externa, y tome las medidas adecuadas para limitar el ingreso a la zona de trabajo al personal que utilice el EPP adecuado.
- **Diseño de ventilación:** La ventilación utilizada en la contención de la zona de trabajo quita los químicos del área aislada a través de presión negativa. Tener presión negativa en una zona de trabajo contenida absorbe el aire de las rajaduras y brechas pequeñas alrededor de los límites de la zona de trabajo y saca el aire de la zona de trabajo. La ventilación activa se logra utilizando uno o más ventiladores para extraer aire de la zona de trabajo y crear una presión negativa dentro de ella. Considere detenidamente la ubicación del escape. Libere el escape en un espacio desocupado donde no sea absorbido por una toma de aire. Esto también ayuda a proteger a los ocupantes y los trabajadores de áreas adyacentes de la exposición potencial.

### A. Contención de la zona de trabajo

Antes de la aplicación de SPF de alta presión dentro de un edificio, construya sistema de contención para aislar la zona de trabajo de otras partes del edificio. Este sistema de contención tiene varias funciones importantes:

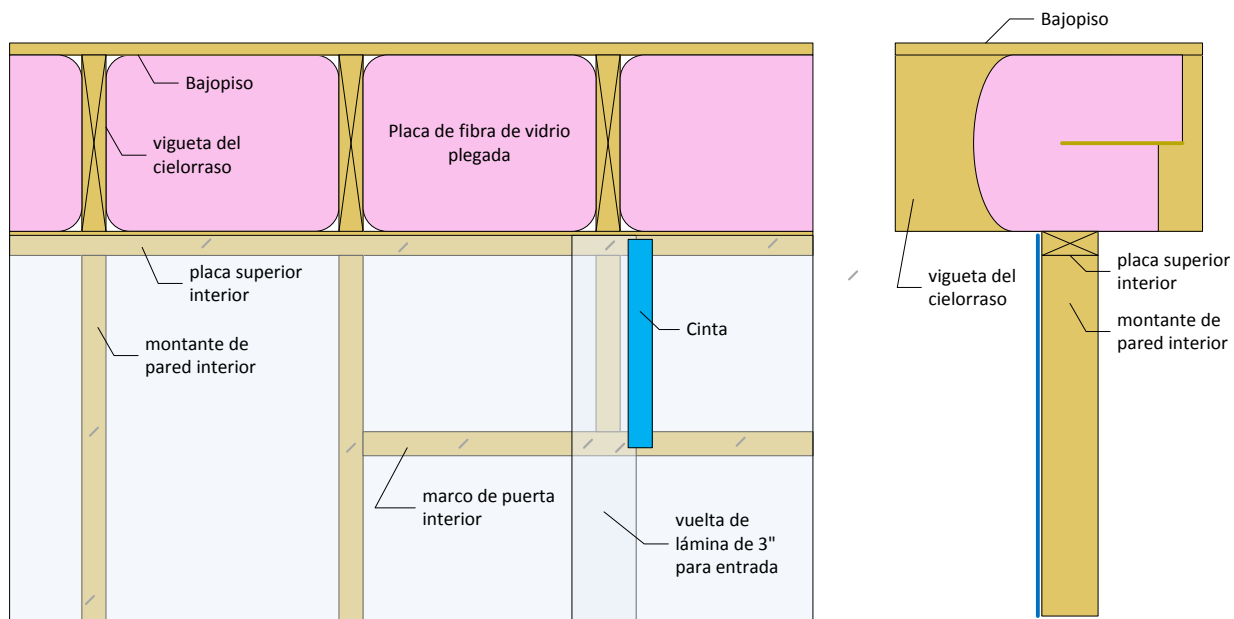
- Evita que nieblas y partículas aéreas migren a otras partes del edificio. Minimizar la migración de aire y partículas no sólo ayuda a prevenir depósitos no deseados (por ejemplo sobre-aplicación) sobre superficies terminadas fuera de la zona de trabajo, sino que también evita la propagación de contaminantes a esas áreas. La contención puede minimizar la necesidad de ventilación adicional fuera de la zona de trabajo.
- Minimiza el volumen total de la zona de trabajo por ventilación, y así reduce el tamaño y la cantidad de ventiladores, y ayuda al flujo de aire directo en todo el punto de aplicación de SPF.

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

- Establece un límite definido entre la zona de trabajo y otras áreas del edificio, cuando se marca adecuadamente con carteles de peligro en todos los puntos de entrada, y así ayuda a prevenir el ingreso no deseado de personas que no llevan EPP.

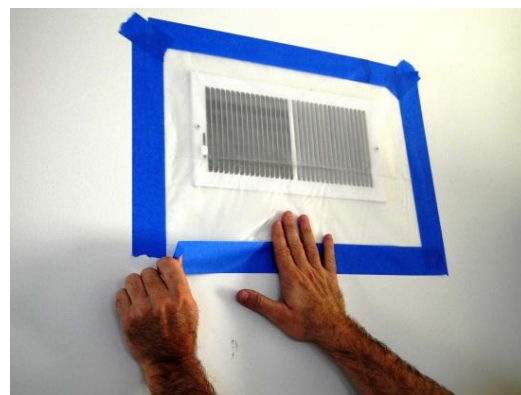
Un ejemplo de un material utilizado para armar un área de contención en aplicaciones de SPF es la lámina de polietileno de 4-6 mil. Las láminas se pueden comprar rollos de ancho correspondientes a la altura de la pared interior, usualmente de 8-10 pies de altura. Esta lámina se debe instalar para dar presión negativa en la zona de trabajo.

Además, todas las penetraciones y aberturas de otras partes del edificio, inclusive las áreas entre las viguetas del cielorraso sobre las paredes interiores, se bloquean temporalmente con placas de fibra de vidrio, láminas de plástico u otros materiales y cinta para minimizar el flujo de aire como se indica en la Figura 1. Se tapan todas las superficies terminadas, como por ejemplo ventanas y muebles y aparatos que no se pueden mover para evitar la sobreaplicación.



**FIGURA 1 - Ejemplo de uso de placas para sellar aberturas en viguetas de cielorraso**

También es importante activar el sistema de aire acondicionado y cubrir los registros y rejillas de aire acondicionado (ver Figura 2) durante la instalación y la ventilación de la zona de trabajo. Utilice los procedimientos de bloqueo/etiquetado de OSHA (lock-out/tag-out, LOTO) para quitarle la energía y asegurar los interruptores del sistema de aire acondicionado o el subpanel y/o utilice un cartel/una cinta sobre el interruptor, como se indica en la Figura 3. Vuelva a encender sistema de aire acondicionado luego de que se detenga la ventilación y antes de que se vuelva a ocupar el lugar.



**FIGURA 2 - Cubra y encinte todas las rejillas y aberturas de registros en la contención**

Un sistema de contención sellado adecuadamente brinda un espacio de presión negativa alrededor de la zona de trabajo cuando se utilizan ventiladores de ventilación adecuadas.



FIGURA 3 - Desactive y marque el sistema de aire acondicionado en el panel eléctrico (utilice el procedimiento de bloqueo/etiquetado, LOTO e indique la fecha, la hora y el nombre de la persona que coloca la etiqueta)

## B. Diseño de ventilación

Durante la aplicación de SPF, la fuente principal de vapor químico y emisiones de partículas es la pistola aplicadora. La ubicación de esta fuente (la pistola aplicadora) se mueve a medida que progresa el punto de aplicación a través de la zona de trabajo. Este movimiento de la fuente crea desafíos únicos en el diseño y la implementación de una zona de contención y sistema de ventilación efectivos. Si se utiliza un único ventilador inmóvil, el sistema puede parecerse a un sistema simple de escape único. Para maximizar la eficacia del sistema, se deben comprender los siguientes componentes y cómo funcionan juntos:

- **Fuente contaminante:** En el caso de SPF, es la pistola aplicadora y la espuma de curado.
- **Zona de trabajo:** El espacio, la habitación del sitio a ser ventilado, dentro del área de contención.
- **Sistema de aire de escape:** El sistema de aire de escape incluye un punto de escape, tubería y ventilador de escape que captura la contaminación en la fuente y la envía a una ubicación fuera del edificio lejos de áreas ocupadas y entradas de aire.
- **Sistema de suministro de aire:** El sistema de suministro de aire brinda la fuente de aire externo fresco en la zona de trabajo que es necesario para sustituir el aire extraído por el sistema de escape. Este aire de reemplazo puede brindarse pasivamente a través de diversas penetraciones en la contención (como por ejemplo ventanas, puertas, aberturas exteriores y otras aberturas) o a través de un sistema de entrada forzada de aire activo que consiste en un punto de suministro, tubería y segundo ventilador de suministro. Los sistemas de suministro de aire pueden estar compuestos de ambos sistemas, pasivos y activos.

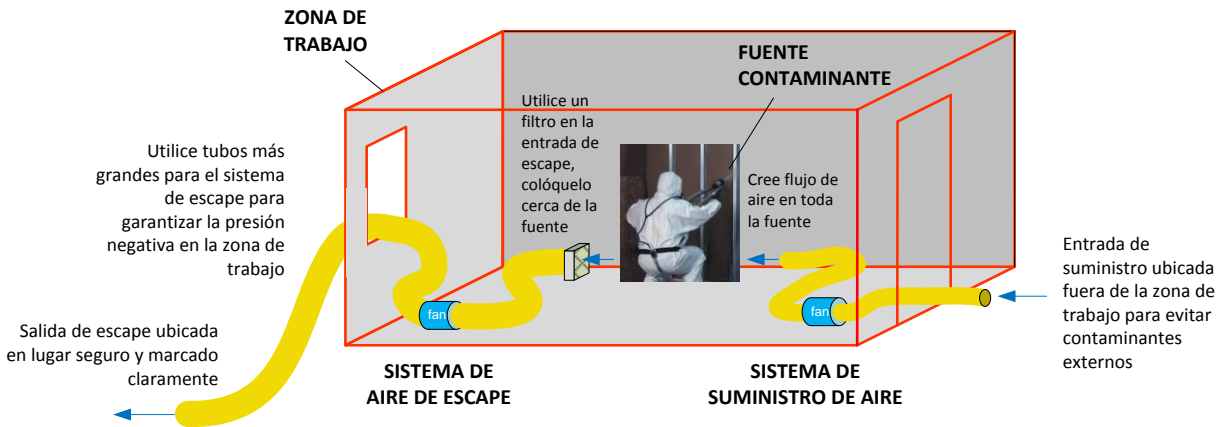
Una manera de pensar esto es considerar los sistemas de escape y suministro de aire como un sistema de "empuje y tiro". El sistema de suministro de aire empuja aire en el espacio contenido, generando una presión positiva adentro. El sistema de aire de escape saca aire de la contención, creando una presión negativa. Para garantizar que se cree una presión negativa neta en la contención, el aire de escape extraído de la contención siempre debería ser más que el suministro de aire que se mete en ella.

Cómo se diseñe o se coloque cada uno de estos componentes determinará la eficacia de un sistema de ventilación. Se puede utilizar un sistema de un único ventilador, de solo escape que, en forma predeterminada, genere presión negativa en la zona de trabajo o de contención. Sin embargo, dicho sistema puede brindar ventilación y flujo de aire limitados en algunos puntos de la zona de trabajo debido a que la fuente (pistola aplicadora) se mueve en la zona de trabajo. Lo más importante es que el sistema de ventilación solo de escape puede hacerse gradualmente menos efectivo a medida que se aplica SPF, ya que la espuma sella fuentes pasivas de sustitución de aire. Las fuentes de suministro de aire pasivas y fijas como las ventanas y las puertas abiertas también son problemáticas pues la temperatura de aire

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

ambiental y la humedad pueden ser difíciles de controlar, y la ubicación fija puede crear sitios de aire muerto dentro de la contención.

Un sistema de ventilación que consista en sistemas activos de escape y suministro de aire puede abordar ambos problemas. La Figura 4 muestra un sistema de dos ventiladores. Hay varios puntos clave a considerar cuando se diseña este tipo de sistema:



**FIGURA 4 - Ejemplo de un sistema de ventilación de dos ventiladores (sistemas activos de escape y suministro) para la aplicación de SPF interior**

- **Mantener presión negativa en la zona de contención de trabajo.** Una presión negativa dentro de la zona de contención asegura que los contaminantes no ingresen en otras áreas del edificio. Con un sistema de dos ventiladores, las presiones de contención negativas siempre se pueden lograr cuando la capacidad del ventilador de escape (por ejemplo, índice de PCM) es mayor que la capacidad del ventilador de suministro. Para la mayoría de los sistemas, se sugiere que la capacidad del ventilador de escape supere la capacidad del ventilador de suministro. Tenga cuidado con los ventiladores de velocidades múltiples para que la velocidad del ventilador de suministro no supere la velocidad del ventilador de escape. A menudo se utiliza un lápiz de humo para confirmar visualmente que la contención siempre está bajo el estado de presión negativa. Observar la ondulación hacia adentro de la película de plástico utilizada para la contención también puede confirmar una presión negativa en el área de contención. Si la lámina de plástico ondula hacia afuera, hay demasiado suministro de aire o poco aire de escape. Recuerde, para crear presión negativa neta el aire que se extrae de la contención supera el aire que se mete en la contención.
- **Verifique la colocación y la dirección de los ventiladores.** Dirija los ventiladores en la dirección adecuada: utilice el ventilador de escape de capacidad mayor para extraer aire del área de contención hacia afuera y el ventilador de suministro más pequeño para ingresar aire al interior.
- **Genere y mantenga el flujo de aire en toda el área de aplicación.** Coloque la entrada del sistema de escape y la salida del sistema de suministro en ubicaciones en ambos lados del sitio de aplicación de la espuma del aerosol (fuente contaminante). Esta posición ayuda a asegurar el flujo de aire máximo en todo el sitio de aplicación. Mueva la entrada de escape junto al aplicador según sea necesario a medida que progresa el trabajo para ayudar a alejar los contaminantes del aplicador, y ayudar a alinear al aplicador (fuente contaminante) en una línea recta entre la salida de suministro de aire y la entrada del escape de aire.

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

---

- **Evite aberturas no deseadas en la zona de trabajo.** Las aberturas no deseadas o desconocidas en la zona de contención pueden hacer que el sistema de ventilación sea menos eficaz. Si existe presión negativa en la zona de trabajo, el aire de sustitución ingresa a la contención a través de estas aberturas pasivas. Si estas aberturas son lo suficientemente grandes, ocurrirá un flujo directo de aire entre estas aberturas y el sistema de escape, lo que puede crear espacios de aire muerto en otras partes de la zona de contención. Si el sitio de aplicación de SPF no se encuentra entre estas aberturas y el sistema de escape (por ejemplo, si la pistola aplicadora está en un espacio muerto), el sistema de ventilación no funcionará de manera eficaz.
- **Haga que los contaminantes salgan a una ubicación externa segura.** El aire de la salida del sistema de escape puede contener niveles elevados de químicos componentes de SPF y partículas. Dirija el aire de escape hacia afuera, lejos del punto de entrada de aire y lejos de áreas ocupadas. Acordone la salida con barreras físicas para evitar el acceso y márkela.
- **Utilice filtración en la entrada del sistema de escape.** Durante el proceso de ventilación, el sistema de escape recoge nieblas y partículas. Con el tiempo, estos materiales se pueden acumular y pueden reducir la eficacia de la tubería y el ventilador del sistema de escape. Para reducir esta acumulación de partículas en el equipo y minimizar los contaminantes en la salida del escape, a menudo se utilizan filtros. Se puede utilizar una caja con un filtro descartable. Inspeccione y cambie el filtro regularmente para que el sistema de escape funcione adecuadamente.

### Qué considerar al seleccionar el tamaño del ventilador necesario para la ventilación de escape y suministro

La eficacia de un sistema de ventilación se ve determinada por el diseño de la contención y el índice de ventilación. La tasa de ventilación de la contención se mide con la cantidad de cambios de aire por hora (CAH). LA CAH es cuántas veces por hora el volumen de aire dentro de la contención se sustituye completamente con aire fresco.

Utilice el índice de ventilación de la contención recomendado por el fabricante de SPF para determinar el tamaño de los ventiladores del sistema de ventilación. Generalmente, considere lo siguiente:

1. Determine el volumen total de la contención a ventilar. Eso se puede hacer midiendo el área del piso en pies cuadrados (largo por ancho del piso de contención en pies) y multiplicándola por la altura promedio en pies de la contención. Esto da el volumen total de la contención en pies cúbicos.
2. Toma el índice de ventilación recomendado en CAH (cambios de aire por hora) y divídalo por 60. Este es el número de cambios de aire recomendados por minuto.
3. Multiplique el índice de ventilación de la contención recomendado en cambios de aire por minuto por el volumen total de la contención en pies cúbicos. Esta cantidad brinda la capacidad mínima requerida del ventilador de escape necesaria en pies cúbicos por minuto (PCM).



### Ejemplo:

Un individuo está aplicando SPF para crear un ático sin ventilación en una casa como se indica en la Figura 5. El espacio del piso del ático es un rectángulo simple de 30' de ancho por 40'. El pico del techo es de 6 pies por sobre el piso del ático.

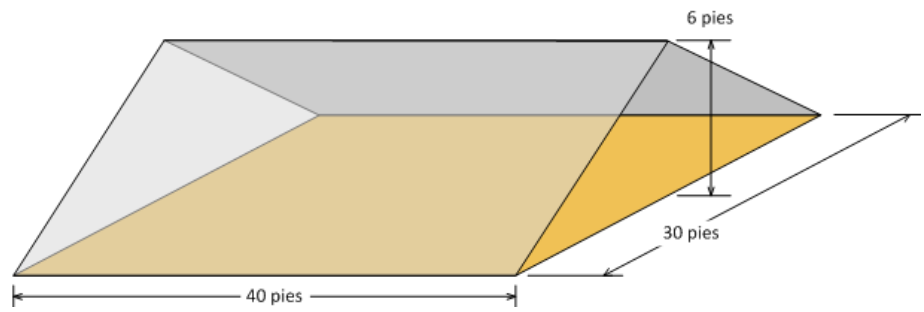


FIGURA 5 - Diagrama del ático

Suponga que el fabricante de SPF especifica un índice de ventilación de 30 CAH. ¿De qué tamaño es el ventilador necesario? Suponga que todo el ático define la zona de contención.

1. Determine el volumen del ático (zona de contención) en pies cúbicos:
  - a. Área del piso del ático =  $30' \times 40' = 1200$  pies cuadrados.
  - b. Volumen del ático =  $1200 \text{ sq. ft.} \times (\frac{1}{2}) \times 6' = 3600$  pies cuadrados.
2. Convierta el índice de ventilación recomendado a cambios de aire por minuto:
  - a.  $30 \text{ ACH} / 60 = 0.5$  cambios de aire por minuto
3. Calcule el tamaño mínimo del ventilador (más grande es mejor):
  - a.  $0.5 \times 3600 = 1800 \text{ CFM}$

Esta información se brinda solo a modo de ejemplo.

Recuerde lo siguiente:

1. Los adjuntos y accesorios como tubería, empalmes de tubería y filtros pueden reducir sustancialmente el desempeño de flujo de aire de cualquier sistema de ventiladores. Consulte a los fabricantes de los ventiladores para confirmar cómo dar tamaño adecuado al ventilador.
2. El tamaño de la contención y el índice de ventilación deseado pueden superar el desempeño indicado de los sistemas de ventiladores. En este caso, múltiples ventiladores de escape y suministro pueden ser necesarios para lograr el flujo de aire requerido (suministro y escape) o quizás se deba reducir el tamaño de la contención.

Los contratistas pueden comprar los ventiladores, tubería y otros equipos necesarios para crear un sistema de ventilación completo. Por ejemplo, ventiladores compactos, portátiles y potentes son las turbinas axiales que se muestran en la Figura 6. Estas turbinas, generalmente de 8-12" de diámetro, son fáciles de mover alrededor del sitio de obra, y brindan un patrón de flujo de aire controlable y directo. Las turbinas axiales de este tamaño pueden brindar índices de flujo sin límite de más de 2,000 PCM que pueden ser adecuados para hogares pequeños áreas de contención particionadas en hogares más grandes y edificios, pero los usuarios deben revisar las recomendaciones del fabricante.



FIGURA 6 - Ducto flexible adjunto a la turbina axial

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

Las turbinas axiales portátiles se pueden conectar a ductos flexibles resistentes a las llamas que se pueden posicionar fácilmente dentro del área de contención, como se indica en la Figura 8. Extensiones de ductos de alrededor de 25 pies ayudan a poder llegar a más lugares dentro del área de contención para reducir la cantidad de espacios de aire estancado.

Si no hubiera fácil acceso a ventiladores con dos índices de flujo distintos, se pueden usar distintos tamaños de ductos para brindar distintos índices de flujo de ventilador para el mismo ventilador. Por ejemplo, un ventilador de un diámetro de 12" se puede colocar a 2,200 PCM de flujo de aire libre (utilizando un ducto de 12" sin codos de 90 grados). El mismo ventilador de 12" de diámetro puede tener un flujo reducido de 1,700 PCM cuando se conecta a una manguera de 8" con un adaptador. Por ejemplo, usando un ducto de 12" para el sistema de escape, y un ducto de 8" y un adaptador para el sistema de suministro podría brindar la diferencia de flujo de necesario. Alternativamente, los mismos tamaños de ductos se pueden utilizar tanto en el sistema de escape como el de suministro cuando se coloca un amortiguador o una "válvula" en el sistema de suministro para aumentar el flujo de suministro de aire. Observe la película de plástico utilizada para aislar un área de aplicación para ver si se está creando presión negativa (la película tiende a moverse hacia el interior del espacio en que se realiza la aplicación) o utilice un lápiz de humo para verificar el flujo de aire adecuado.

Además, una buena práctica de higiene es considerar utilizar y etiquetar ventiladores y ductos específicos para sistema de suministro o escape únicamente.

Considere cómo filtrar el aire de escape. Por ejemplo, algunos fabricantes de ventiladores brindan cajas de filtrado como accesorios como se indica en la Figura 7. Recuerde que el propósito de este filtro es proteger el equipo intermedio, no eliminar alérgenos y polvo.



**FIGURA 7 - Caja de filtrado para la entrada de sistema de escape**

El ejemplo proporcionado sobre el uso de sistemas de suministro y escape individuales es representativo. Hay otras maneras de lograr índices de ventilación suficientes y presurización de contención negativa en un sitio de obra de SPF dado. Se pueden utilizar sistemas de ventilación montados en camiones o grúas. Otro ejemplo es el uso de un sistema de escape axial con una turbina en puerta para brindar suministro de aire.

### Qué considerar al utilizar un sistema de ventilación de escape y suministro durante la instalación

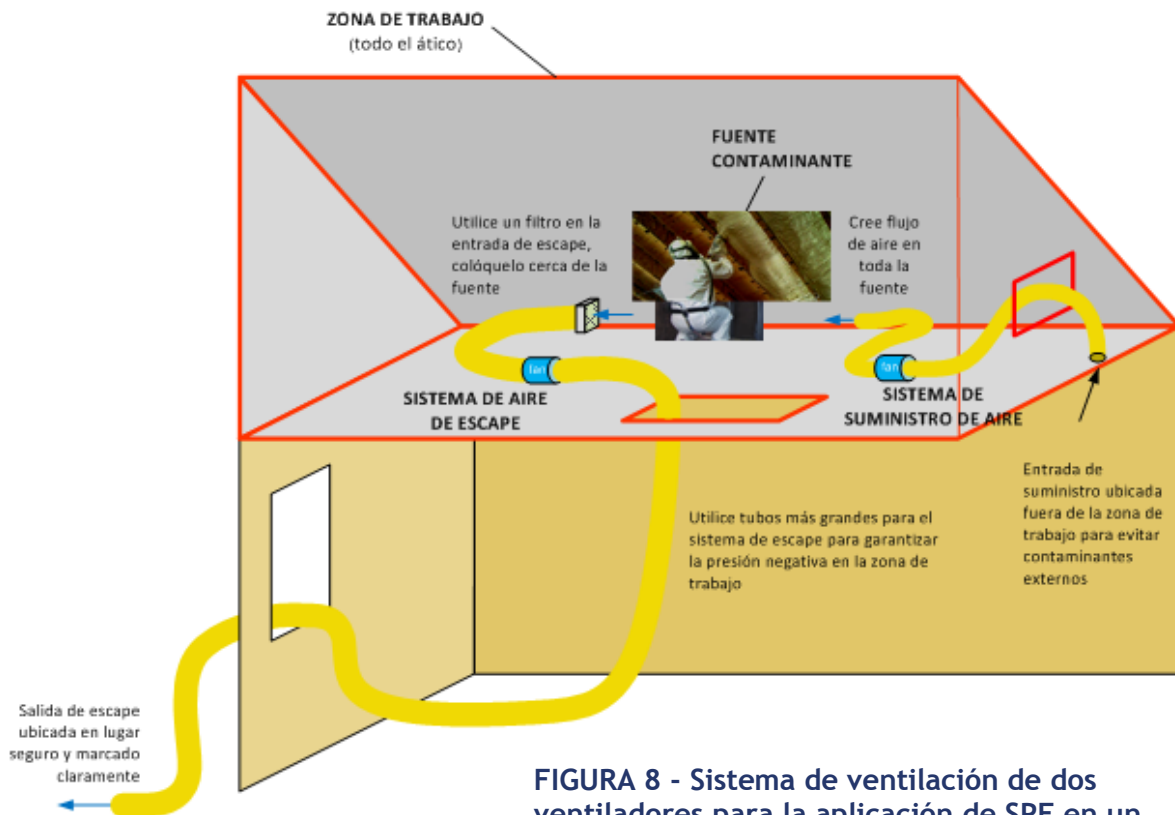
La configuración del sistema de ventilación puede ser desafiante, especialmente a trabajar en el ático un espacio estrecho de un hogar existente. Al aplicar SPF en una habitación típica, se puede utilizar una configuración como la que se indica en la Figura 4.

Al trabajar en un ático o espacio estrecho de un hogar existente, puede ser difícil encontrar las aberturas necesarias para los ductos de suministro y escape. Considere si es difícil o inseguro pasar los ductos de escape y suministro a través de una escotilla al espacio estrecho o el ático. Si no se usa la escotilla para el escape y el suministro, considere conectar el ducto de suministro a una abertura externa existente, como por ejemplo un gablete o rejilla de soffito o una abertura de ventilador del ático, y no cubrirlo con espuma inicialmente. Si se utiliza la opción, considere aplicar un poco de espuma (o utilizar espuma de sobra) y que se

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

pueda cortar para encajar en la abertura luego de completar el período de ventilación. Considere utilizar un sistema de espuma en aerosol de baja presión para adherir el "parche" de espuma en el lugar y sellar la rajadura entre el parche y el resto de la superficie. Una opción adicional es crear una apertura para el ducto de suministro en el cielorraso de un área oculta como un armario (con el permiso del propietario). Con cualquiera de las opciones, dirija el ducto de escape a un lugar externo seguro. Se brinda un ejemplo en la Figura 8.

Recuerde que los ductos en el área de trabajo podrían crear peligros excesivos de tropiezo o limitar la salida de emergencia.



**FIGURA 8 - Sistema de ventilación de dos ventiladores para la aplicación de SPF en un ático sin ventilación**

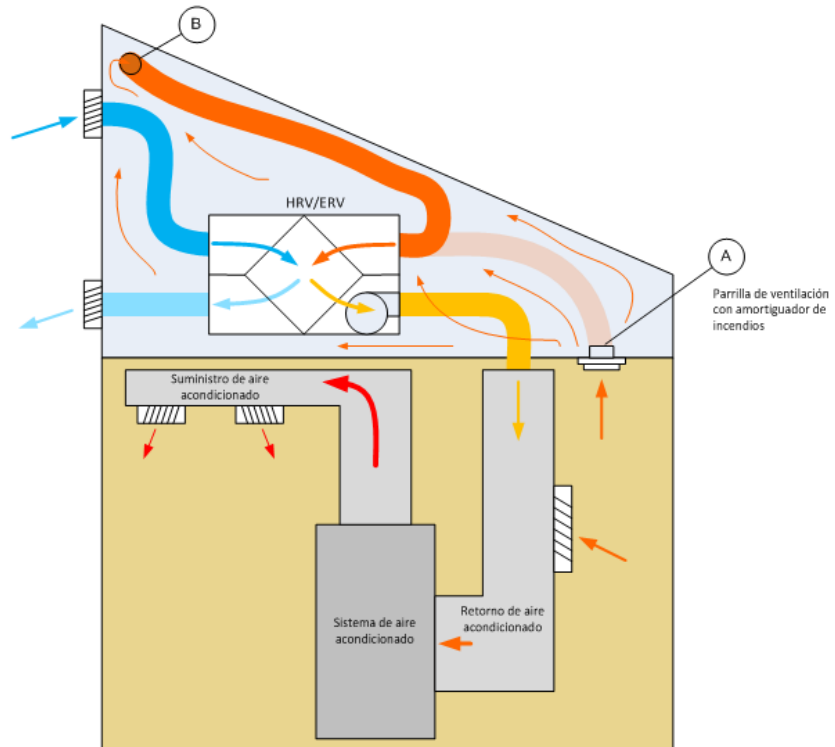
### Qué considerar al determinar cuánto tiempo continuar la ventilación luego de la Instalación

Luego de aplicar la espuma, siga las instrucciones del fabricante con respecto al índice de ventilación y la duración para ventilar la zona de trabajo. Algunos de los factores que afectan el período de ventilación incluyen formulaciones de espuma y tiempos de curado específicos, índice de ventilación y temperatura ambiente y humedad dentro de la contención. Durante este tiempo, el reingreso incluye únicamente a personas con el EPP adecuado. Los ocupantes pueden volver a ingresar luego del tiempo de reingreso indicado por el fabricante.

### Qué considerar al pensar sobre la ventilación extendida

En algunos casos, la ventilación extendida puede ser útil o deseada. Por ejemplo, las casas más antiguas pueden tener olores en el ático debido a moho, excremento de roedores y murciélagos y cadáveres de animales pequeños. En estos casos puede ser útil la ventilación extendida. Los contratistas pueden optar por dejar colocado el sistema de ventilación existente, o pueden elegir utilizar un sistema alternativo como por ejemplo sistema solo de escape. Compruebe con los fabricantes de SPF los índices de ventilación extendida, que pueden ser mucho más bajos que el índice utilizado durante y poco después de la aplicación de SPF.

Para una ventilación extendida, se puede utilizar un sistema solo de escape más pequeño donde la salida del sistema solo de escape se coloca en un lugar seguro. Otra opción es utilizar un ventilador de recuperación de calor o un ventilador de recuperación de energía instalado dentro del área de contención, lo cual es un ejemplo de un medio de ahorro energético para brindar ventilación extendida (se muestra en la Figura 9). Si se utiliza esta opción, la línea de escape se desconecta de la abertura de ventilación (A), se coloca una rejilla amortiguadora de incendios en la abertura, y la línea de escape se coloca en el ático (B) lejos de la ventilación desconectada. Lea y siga las recomendaciones del fabricante de ventiladores de recuperación de calor o de recuperación de energía si se utiliza esta opción de ventilación extendida. Esta configuración puede brindar ventilación extendida durante varios días luego de los cuales el contratista vuelve instalar el ducto de escape cuando la ventilación extendida se ha completado.



**FIGURA 9 - Ventilación extendida utilizando el sistema de ventilador de recuperación de calor o un ventilador de recuperación de energía**

### En resumen:

- Durante poco después de la instalación de SPF de alta presión en aplicaciones interiores se pueden generar nieblas y vapores de aerosol por sobre el nivel de exposición ocupacional (OEL) o a niveles que podrían ser nocivos para algunos individuos.<sup>b</sup>
- Para proteger a los trabajadores y otras personas contra la exposición, OSHA requiere al contratista de SPF que establezca controles de ingeniería y garantice la utilización de equipo de protección personal adecuado por parte de sus empleados en la zona de trabajo.
- Los controles de ingeniería para la aplicación de SPF de alta presión pueden incluir establecer una zona de contención que esté ventilada mecánicamente utilizando sistemas de escape y suministro de aire de tamaño adecuado.
- Ventile la zona de trabajo de SPF durante y después de la aplicación según las instrucciones de instalación del fabricante de SPF.
- Consulte al fabricante de SPF para determinar los tiempos de reingreso y reocupación recomendados para el trabajo particular y la SPF utilizada.
- Considere utilizar ventilación extendida para eliminar los olores.

### Cómo puedo obtener más información sobre ventilación de SPF

- Contáctese con el fabricante o el proveedor del producto de SPF o contáctese con un proveedor de equipamiento de ventilación industrial.
- Consulte la información publicada en el sitio web de salud y seguridad con químicos de SPF de CPI en [www.spraypolyurethane.com](http://www.spraypolyurethane.com).
- Consulte al Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) llamando al 1-800-CDC-INFO o visitando el sitio web de NIOSH.
- Consulte la Guía de ventilación para la aplicación de espuma de poliuretano en aerosol de la EPA<sup>1</sup>
- Guía sobre mejores prácticas para la instalación de SPF<sup>8</sup>

**Renuncia de responsabilidad:** Este documento de orientación fue preparado por la Coalición de espuma en spray del Consejo Estadounidense de Química para la Industria de Poliuretanos. Su intención es dar información general a personas profesionales que pueden estar involucradas en la instalación de espuma de poliuretano en spray. No pretende ser un sustituto de la capacitación profunda o los requisitos de construcción específicos, no está diseñado para definir o crear derechos u obligaciones legales. No se pretende que sea un manual instructivo, ni es una guía preceptiva. Todas las personas involucradas en proyectos de construcción que incluyen espuma de poliuretano en spray tienen la obligación independiente de asegurar que sus acciones cumplan con las leyes, los códigos y las regulaciones federales, estatales y locales y deben obtener asesoramiento legal sobre dichos asuntos. La guía es necesariamente general en naturaleza y los individuos pueden variar su enfoque con respecto a prácticas particulares basándose en circunstancias fácticas específicas y la eficacia de

---

<sup>b</sup> No todos los químicos componentes de SPF tienen OELs.

## Guía sobre ventilación durante la instalación de aplicaciones interiores de espuma de poliuretano en aerosol de alta presión

---

acciones particulares y la viabilidad económica y tecnológica. Ni el Consejo Estadounidense de Química ni las empresas individuales miembros del Centro para la Industria de Poliuretanos, la Coalición de espuma en spray del Consejo Estadounidense de Química ni ninguno de sus respectivos directores, funcionarios, empleados, subcontratistas, consultores, u otros asignados, da ninguna garantía ni declaración, expresa ni implícita, con respecto a la exactitud o lo completo de la información incluida en este documento de guía; ni el Consejo Estadounidense de Química para la Industria de Poliuretanos, la Coalición de espuma en spray del Consejo Estadounidense de Química ni ninguna empresa miembro asume responsabilidad alguna por el uso o uso inadecuado, o los resultado de dicho uso o uso inadecuado, de ninguna información, procedimiento, conclusión, opinión, producto, o proceso divulgado en esta Guía. NO SE DAN GARANTÍAS; TODAS LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD O APTITUD PARA UN FIN PARTICULAR SE EXCLUYEN EXPRESAMENTE

Este documento guía está protegido por derechos de autor. Se otorga a los usuarios una licencia libre de regalías no exclusiva, sujeta a las siguientes limitaciones: (1) la obra debe estar reproducida en su totalidad, sin modificaciones; y (2) no se pueden vender copias de la obra.

Copyright © 2013 Center for the Polyurethanes Industry  
Derechos de autor © 2013 Center for the Polyurethanes Industry

### Referencias

- <sup>1</sup> “Ventilation Guidance for Spray Polyurethane Foam Application,” published by the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), online at [www.epa.gov/dfe/pubs/projects/spf/ventilation-guidance.html](http://www.epa.gov/dfe/pubs/projects/spf/ventilation-guidance.html)
- <sup>2</sup> “Health and Safety Product Stewardship Workbook for High-Pressure Application of SPF,” published by the American Chemistry Council’s Center for the Polyurethanes Industry, available online at [www.spraypolyurethane.org/Workbook/](http://www.spraypolyurethane.org/Workbook/)
- <sup>3</sup> “Personal Protective Equipment Sheet,” published by the American Chemistry Council’s Center for the Polyurethanes Industry, available online at [http://www.spraypolyurethane.org/ppe\\_sheet](http://www.spraypolyurethane.org/ppe_sheet)
- <sup>4</sup> Wood, Richard. “CPI Ventilation Project Phase 1 and Phase 2 Update.” Presented at the CPI Technical Conference, September 2012.
- <sup>5</sup> Robert, William, James Andersen, Richard Wood, and Mary Bogdan. “Ventilation and Re-Occupancy of a Residential Home Sprayed with High Pressure Polyurethane Foam.” Presented at the CPI Technical Conference, September 2012.
- <sup>6</sup> Code of Federal Regulations Title 29 CFR §1926.20 Safety and Health Regulations for Construction: General Safety and Health Provisions available online at [www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=10606](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10606)
- <sup>7</sup> “Good Practices - Engineering Controls and Ventilation,” published by the American Chemistry Council’s Center for the Polyurethanes Industry, available online at: [www.spraypolyurethane.org/GoodPractices#EngineeringControls](http://www.spraypolyurethane.org/GoodPractices#EngineeringControls)
- <sup>8</sup> <http://polyurethane.americanchemistry.com/Spray-Foam-Coalition/Guidance-on-Best-Practices-for-the-Installation-of-Spray-Polyurethane-Foam.pdf>