	<b>SA-S-105-04 Hexafluoruro de azufre - SF6</b>			
<b>9AAL000142A0482</b>	Tipo de documento <b>ABB Way - Management System</b>	Revisión <b>B.5</b>	Estado del documento <b>Released</b>	Fecha de entrada en vigor <b>Friday, September 29, 2023</b>
	Redactado por <b>ALBERT YESIT TIBAVIZCO SANCHEZ</b>	Nivel de seguridad <b>Interno</b>	Idioma <b>es</b>	Página <b>1 (8)</b>

## 1.0 Información general

### 1.1 Introducción

Este ACOP proporciona consejos prácticos y guía sobre los métodos preferidos y recomendados para garantizar que todas las operaciones de ABB cumplan los requisitos mínimos establecidos de HSE para operaciones seguras y minimizar el impacto sobre el medio ambiente al almacenar, manejar, utilizar, transportar y eliminar el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). En caso de que la legislación y/o las normativas locales impongan una norma más estricta, entonces esta deberá respetarse.

El cumplimiento de los consejos y métodos recomendados en este ACOP no es obligatorio, a menos que se indique específicamente en el documento. Las operaciones son libres de controlar la exposición a SF<sub>6</sub> a través de diferentes métodos. Sin embargo, el seguimiento de los métodos contenidos en este ACOP ayudará a garantizar el cumplimiento de la intención de ABB con respecto al SF<sub>6</sub>.

Si se implementan disposiciones diferentes, deberá mantenerse evidencia documentada sólida que confirme que el método alternativo de control es igual o mejor que el presente ACOP.

### 1.2 Alcance

La Norma se aplica a todos los empleados, contratistas y otras personas de ABB dentro de las operaciones de ABB y las entidades jurídicas de ABB, incluidas joint ventures/consorcios/asociaciones de trabajo con control de gestión.

## 2.0 Requisitos de la norma

### 2.1 Regla para salvar vidas

Es importante tener en cuenta la Regla para salvar vidas n.º 8 cuando se manejen sustancias químicas. En algunas actividades o procesos es necesario trabajar en espacios confinados, o en zonas con poca ventilación, y en estas circunstancias algunas sustancias pueden desplazar el oxígeno o reaccionar con otras sustancias presentes para crear riesgos adicionales a los que se producen cuando se manejan en condiciones normales

### 2.2 Peligros y riesgos

#### 2.2.1 Características y propiedades

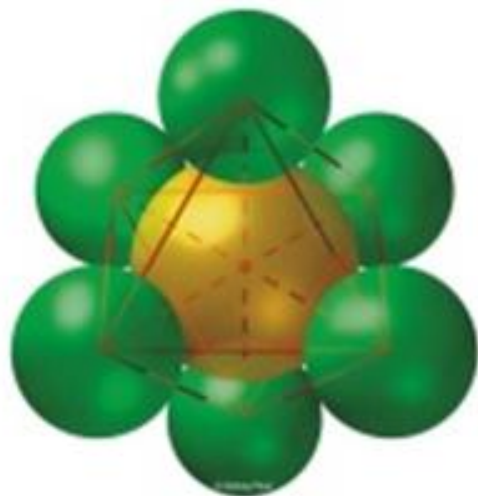
El SF<sub>6</sub> es un gas inorgánico, incoloro, inodoro, no inflamable y de efecto invernadero extremadamente potente que constituye un excelente aislante eléctrico.

El SF<sub>6</sub> tiene una geometría octaédrica, formada por seis átomos de flúor unidos a un átomo de azufre central. Típico de un gas no polar, es poco soluble en agua pero soluble en disolventes orgánicos no polares.

Generalmente se transporta como gas comprimido licuado. Tiene una densidad de 6,12 g/l en condiciones de nivel del mar, que es considerablemente mayor que la densidad del aire (1,225 g/l), por lo que tenderá a acumularse a nivel del suelo.

## SA-S-105-04 Hexafluoruro de azufre - SF<sub>6</sub>

9AAL000142A0482	ABB Way - Management System	B.5	Released	Friday, September 29, 2023	2 (8)
-----------------	-----------------------------	-----	----------	----------------------------	-------



**Figura 1 Molécula de SF<sub>6</sub>**

El SF<sub>6</sub> es un gas que se utiliza desde aproximadamente 1960 en equipos de transmisión y distribución de energía eléctrica con tensiones superiores a 1000 V. Sus características físicas especiales lo hacen ideal para su uso en diversas aplicaciones de conmutación y aislamiento.

En estado puro, el gas SF<sub>6</sub> es incoloro, inodoro, insípido y no tóxico. El único peligro de respirar gas SF<sub>6</sub> puro es que desplaza al oxígeno y, por tanto, puede provocar asfixia o ahogo. El gas SF<sub>6</sub> es químicamente inerte y no inflamable. El gas tiene una elevada resistencia dieléctrica y propiedades térmicas que le permiten aislar altas tensiones y extinguir arcos eléctricos.

En peso, el gas SF<sub>6</sub> es aproximadamente cinco veces más pesado que el aire y tiende a difundirse hacia la atracción de la gravedad y se acumula en lugares bajos. Como resultado de esta acumulación, el gas desplaza el oxígeno y puede provocar asfixia sin previo aviso si el contenido de oxígeno del aire se reduce del 20 % normal a menos del 13 %. Por lo tanto, es peligroso cuando se utiliza en espacios confinados.

El SF<sub>6</sub> es también un gas de efecto invernadero de alto potencial, ya que el potencial de calentamiento global (PCG) de 1 kg de SF<sub>6</sub> equivale a 22.000 kg de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, deben evitarse las emisiones de SF<sub>6</sub>.

### 2.2.2 Productos de descomposición

Si el gas SF<sub>6</sub> se somete a un arco eléctrico, el calor hace que el gas se descomponga en subproductos potencialmente tóxicos. (Este gas también se descompone cuando se expone a otras condiciones de alta temperatura como filamentos de calentadores, humo al fumar, soldadura, etc.). Los fluoruros de azufre son los productos de descomposición más tóxicos y se encuentran en forma gaseosa. Algunos de estos productos de descomposición gaseosa pueden recombinarse para volver a formar SF<sub>6</sub>. El uso adicional de tamices moleculares puede eliminar la mayor parte del resto de productos de descomposición gaseosa. Los fluoruros metálicos menos tóxicos se presentan en forma de polvo blanco, tostado o gris. El grado de descomposición del gas depende de la intensidad y duración del arco.



**Figura 2 - Fallo conductivo**

<b>SA-S-105-04 Hexafluoruro de azufre - SF6</b>					
9AAL000142A0482	ABB Way - Management System	B.5	Released	Friday, September 29, 2023	3 (8)

La siguiente tabla enumera algunas propiedades físicas y químicas de subproductos importantes:

**Tabla 1: Productos de descomposición del SF<sub>6</sub>**

Subproductos	Estabilidad en el aire	Productos finales	Toxicidad MAK (ppm <sub>v</sub> )	Olor
tetrafluoruro de azufre (SF <sub>4</sub> )	Descomposición rápida	HF, SO <sub>2</sub>	3,6	Fuertemente ácido
decafluoruro de diazufre (S <sub>2</sub> F <sub>10</sub> )	Estable	SF <sub>4</sub> , SF <sub>6</sub>	0,26	Fuertemente ácido
fluoruro de tionilo (SOF <sub>2</sub> )	Descomposición lenta	HF, SO <sub>2</sub>	2,5	Huevos podridos
tetrafluoruro de silicio (SOF <sub>4</sub> )	Descomposición rápida	SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0,5	Ácido
fluoruro de sulfurilo (SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )	Estable		2,4	Ninguno
dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Estable		0,5	Agudo
hidrofluoruro (HF)	Estable		1,0	Ácido
tetrafluorosilano (SiF <sub>4</sub> )	Descomposición rápida	SiO <sub>2</sub> , HF	0,8	Ácido

Algunos de los productos de descomposición del SF<sub>6</sub> forman compuestos corrosivos y conductores cuando se exponen a la humedad. Estos compuestos, que pueden ser nocivos para el ser humano, también son agresivos para los materiales de la aplicación, especialmente las superficies aislantes, si se someten a una exposición prolongada. Por lo tanto, es preferible realizar el mantenimiento de aparatación/interruptores en condiciones ambientales secas.

La exposición a los productos de descomposición del SF<sub>6</sub> puede causar irritación de ojos, piel, nariz y garganta, edema pulmonar, bronquitis y otros

daños pulmonares; el fluoruro de hidrógeno (HF) puede causar quemaduras graves, profundas y desfigurantes. La absorción de HF en el organismo puede provocar latidos irregulares del corazón y causar la muerte.

## SA-S-105-04 Hexafluoruro de azufre - SF6

9AAL000142A0482	ABB Way - Management System	B.5	Released	Friday, September 29, 2023	4 (8)
-----------------	-----------------------------	-----	----------	----------------------------	-------



**Figura 3 Fallo corrosivo**

### 2.2.1 Evaluación de riesgos

Como en todos los casos, el primer paso consiste en realizar una evaluación de riesgos adecuada para establecer el nivel de riesgo que representa el almacenamiento, manejo y uso de SF<sub>6</sub> en el lugar de trabajo.

La evaluación debe llevarse a cabo de forma que los peligros para la salud a los que están sometidos los empleados puedan comprenderse plenamente, según "Evaluación de riesgos basada las actividades (ABRA) de HSE" que se encuentra en SA-M-02-03, o equivalente.

Esto debe considerar lo siguiente:

- 1) Características del SF<sub>6</sub>,
- 2) Cantidad almacenada, manejada y utilizada,
- 3) Características de los procesos de trabajo involucrados,
- 4) Adecuación de las medidas de control existentes.

### 2.3 Jerarquía de controles

Como en todos los casos de gestión de riesgos de HSE, es necesario aplicar la jerarquía de controles donde la prevención y la eliminación de riesgos deben tener mayor prioridad sobre las medidas de reducción y control de riesgos. Consultar la Figura 4

**Figura 4 - Jerarquía de controles**



### 2.3.1 Prevención y eliminación de riesgos

Como principio general, los managers de unidades y/o instalaciones de ABB deben intentar evitar el uso de SF<sub>6</sub> en

todos los procesos en favor de materiales que emitan menos gases de efecto invernadero. En los casos en que esto no sea factible, siempre que sea posible, los procesos deben diseñarse para utilizar menos SF<sub>6</sub> en un proceso.

**SA-S-105-04 Hexafluoruro de azufre - SF<sub>6</sub>**

9AAL000142A0482	ABB Way - Management System	B.5	Released	Friday, September 29, 2023	5 (8)
-----------------	-----------------------------	-----	----------	----------------------------	-------

botella a otra

**2.3.2 Almacenamiento y manejo**

- 1) Las botellas presurizadas que contengan gas SF<sub>6</sub> deben almacenarse en posición vertical en una zona definida, seca, limpia y ventilada, alejada de fuentes de calor (incluida la luz solar directa), llamas desnudas o vías de circulación de vehículos. Esta zona de almacenamiento no debe estar cerrada.
- 2) Cuando las botellas suministradas puedan caerse o ser derribadas, las botellas individuales deberán fijarse en posición vertical.
- 3) Deberá colocarse una señal que designe la zona de almacenamiento como "Zona de almacenamiento de gas SF<sub>6</sub>".
- 4) Deberá colocarse una señal que indique que en la zona de almacenamiento está prohibido fumar, encender fuego, comer o beber.
- 5) Debe colocarse una barrera alrededor de la zona de almacenamiento para evitar/disuadir a los operarios de trabajar cerca de las botellas de SF<sub>6</sub>.
- 6) Proteja las botellas de daños mecánicos, no las arrastre, deslice ni deje caer.
- 7) Utilice un carro de manejo u otro dispositivo para desplazar una botella.
- 8) Informe de cualquier válvula dañada.
- 9) Mantenga las salidas de las válvulas limpias y libres de contaminantes.
- 10) No intente trasvasar gas de una

**2.3.3 Transporte**

Cuando se transporten botellas de SF<sub>6</sub>, deberán adoptarse las siguientes precauciones:

- 1) El conductor del vehículo debe ser consciente de los peligros potenciales de la carga y saber qué hacer en caso de incidente o emergencia.
- 2) Antes de transportar los recipientes de producto, asegúrese de que estén firmemente sujetos y que la válvula de la botella esté cerrada y no presente fugas.
- 3) La tuerca ciega o el tapón de la salida de la válvula (si se proporcionan) están correctamente colocados.
- 4) El dispositivo de protección de la válvula debe estar correctamente colocado en su posición.
- 5) Hay una ventilación adecuada.
- 6) Cumpla los requisitos reglamentarios locales aplicables. Consulte la ficha de datos de seguridad (SDS) del proveedor para obtener información reglamentaria relativa al transporte por carretera, ferrocarril, mar y aire.

**2.3.4 Uso**

- 1) SF<sub>6</sub> no debe liberarse a la atmósfera. SF<sub>6</sub> debe manejarse en un ciclo cerrado con un dispositivo de servicio de SF<sub>6</sub> adecuado. No permita que se produzca retroalimentación en el recipiente. Utilice únicamente equipos debidamente especificados que sean adecuados para este

**SA-S-105-04 Hexafluoruro de azufre - SF6**

9AAL000142A0482	ABB Way - Management System	B.5	Released	Friday, September 29, 2023	6 (8)
-----------------	-----------------------------	-----	----------	----------------------------	-------

producto, su presión de suministro y su temperatura.

- 2) Al manejar este equipo, lleve equipamiento de protección individual adecuado para proteger los ojos, cara, manos y zonas de la piel de salpicaduras de líquido SF<sub>6</sub>. No permita que el gas SF<sub>6</sub> se acumule en el área de trabajo y asegúrese de que haya una buena ventilación natural si es posible y, cuando esto no sea factible, utilice ventilación mecánica por extracción.
- 3) Deben utilizarse técnicas de balance de masas para garantizar que todo el gas SF<sub>6</sub> se transfiera correctamente entre las botellas presurizadas y el equipo aislado con gas, y para ayudar a identificar cualquier fuga significativa.
- 4) Los operarios y contratistas que trabajen en zonas bajas (incluidos sótanos y zanjas para cables) deben utilizar medidores de contenido de oxígeno. Los medidores de contenido de oxígeno deben ajustarse para que emitan una alarma acústica cuando el contenido de oxígeno del aire en la zona baja descienda por debajo del 19 %. Al oír la alarma acústica, debe evacuarse inmediatamente la zona y ponerse en contacto con el ABB Site Manager o Site Safety Officer responsable.
- 5) La reentrada en zonas bajas tras la pérdida de contenido de oxígeno debe restringirse hasta que un especialista la declare libre de peligro. Alternativamente, en situaciones excepcionales o de emergencia, las personas que entren deberán hacerlo con un permiso de trabajo y llevar un

aparato respiratorio adecuado y contar con el apoyo de dos personas fuera de la zona, una de las cuales deberá disponer inmediatamente de un aparato respiratorio adecuado.

- 6) El uso de SF<sub>6</sub> en espacios confinados es especialmente peligroso porque es más pesado que el aire y se acumula en zonas bajas. Consulte también la guía contenida en SA-S-019-04 "Espacios confinados".

### **2.3.5 Equipamiento de protección individual**

Debe proporcionarse equipamiento de protección individual (EPI) adecuado a todos los empleados que participen en la apertura de compartimentos de gas SF<sub>6</sub> y que trabajen en o sobre compartimentos de gas SF<sub>6</sub> abiertos y contaminados, y mantener este equipo de seguridad en buen estado. Los empleados deben llevar el equipamiento de protección individual proporcionado.

#### **Puede que sea necesario el siguiente equipamiento de protección individual:**

- 1) Guantes de protección
- 2) Gafas de protección
- 3) Monos de protección
- 4) Sobrecalzado
- 5) Equipamiento de protección respiratoria
- 6) Protección cutánea



## SA-S-105-04 Hexafluoruro de azufre - SF<sub>6</sub>

9AAL000142A0482	ABB Way - Management System	B.5	Released	Friday, September 29, 2023	7 (8)
-----------------	-----------------------------	-----	----------	----------------------------	-------



**Figura 5**

Antes de tomar un descanso y después de terminar el trabajo, los empleados deben lavarse bien la cara, cuello, brazos y manos con abundante agua. El polvo que entre en contacto con la piel o los ojos debe eliminarse inmediatamente aclarando con abundante agua. Las salpicaduras deben lavarse con abundante agua.

Si el material se ve envuelto en un incendio, los bomberos deben llevar equipos de respiración autónomos y ropa de protección química para protegerse contra los humos tóxicos y corrosivos que puedan generarse.

### 2.3.6 Límites de exposición

El límite general de exposición al SF<sub>6</sub> en el aire es de 1000 ppm. Sin embargo, esto puede variar de un país a otro, por lo que las Unidades de ABB deben comprobar la SDS del proveedor y las normativas del país.

### 2.4 Etiquetado de SF<sub>6</sub>

Todos los emplazamientos de ABB deben garantizar que el etiquetado requerido de SF<sub>6</sub> de botellas, zonas de almacenamiento y equipos que contengan SF<sub>6</sub> se utilice correctamente y se muestre de forma destacada de

acuerdo con los requisitos de ABB, la legislación y/o las normativas locales.

### 2.5 Liberación accidental

Todos los emplazamientos de ABB deben garantizar que durante sus operaciones (evacuación de aire y llenado de gas) en los emplazamientos de fabricación y servicio, el SF<sub>6</sub> no se libere intencionadamente a la atmósfera; para ello, debe manejarse en sistemas de ciclo cerrado con dispositivos y equipos adecuados para evitar las emisiones y garantizar el cumplimiento de la estrategia de sostenibilidad en relación con el cambio climático.

El conjunto mínimo de equipamiento debe estar compuesto por:

- 1) Analizador de la calidad del gas
- 2) Vacío de <20 mbar para extracción y llenado de gas (directiva IEC 62271-4)
- 3) Botella o recipiente de almacenamiento temporal. El SF<sub>6</sub> recuperado del equipo debe recogerse en un contenedor específico y no debe liberarse al medio ambiente. El contenedor con el SF<sub>6</sub> usado debe devolverse al fabricante para que lo regenere o lo destruya

Deben utilizarse técnicas de balance de masas para garantizar que todo el gas SF<sub>6</sub> se transfiera correctamente entre las botellas presurizadas y el equipo aislado con gas. Debe fomentarse la evaluación comparativa entre diferentes fábricas para identificar las mejores prácticas y el estado actual de la técnica en materia de monitorización del gas SF<sub>6</sub>, con el fin de mejorar aún más la precisión del sistema de medición.

SA-S-105-04 Hexafluoruro de azufre - SF <sub>6</sub>					
9AAL000142A0482	ABB Way - Management System	B.5	Released	Friday, September 29, 2023	8 (8)

En caso de liberación accidental, deben adoptarse las siguientes medidas:

- 1) **Precauciones personales:**
  - Evacuar la zona
  - Llevar aparato respiratorio autónomo al entrar en la zona a menos que se demuestre que la atmósfera es segura.
  - Garantizar una ventilación de aire adecuada.
- 2) **Precauciones medioambientales:**
  - Intentar detener la liberación.
  - Evitar que penetre en alcantarillas, sótanos y fosos de obra, o en cualquier lugar donde su acumulación pueda resultar peligrosa.
- 3) **Métodos de limpieza:** Ventilar la zona.

## 2.6 Formación y competencia

Todas las personas (empleados y contratistas) deben recibir instrucciones y formación adecuadas para que puedan llevar a cabo las actividades laborales que se les ha asignado, incluida la aplicación de cualquier medida específica de HSE identificada en la evaluación de riesgos para prevenir o mitigar cualquier posible lesión personal o incidencia de enfermedades.

Todos los empleados y contratistas de ABB deben recibir formación e instrucciones adecuadas sobre cómo dispensar, manejar y almacenar correctamente el gas SF<sub>6</sub>. Además, los peligros de los subproductos del SF<sub>6</sub> y cómo protegerse de ellos deben formar parte de esta formación. También debería impartirse formación sobre la eliminación segura de los subproductos del SF<sub>6</sub>, así como sobre la limpieza y eliminación de estas sustancias peligrosas.

Por ejemplo, la "normativa sobre gases fluorados" de la UE exige que el personal que participe en la recuperación o manejo de SF<sub>6</sub> de aparata de alta tensión (HV) esté en posesión de un certificado de formación expedido por un organismo de certificación acreditado.

Como referencia, consulte la formación sobre gestión de HSE del gas SF<sub>6</sub> en este [link](#)

## 2.7 Monitorización y comprobación

La estanqueidad al gas de los circuitos de tuberías de SF<sub>6</sub>, necesarios para proporcionar la conexión entre el depósito principal de SF<sub>6</sub> y las estaciones de llenado, se inspeccionará con frecuencia para evitar fugas

El supervisor debe monitorizar el uso de SF<sub>6</sub> y la exposición a subproductos sobre una base de muestreo, y asegurarse de que todos los EPI necesarios estén disponibles y se lleven correctamente. El supervisor también debe asegurarse de que los subproductos se limpian y eliminan adecuadamente.

## 2.8 Documentación y registros

Deben estar disponibles copias de lo siguiente en el emplazamiento:

- 1) SDS para el SF<sub>6</sub> y sus preparados almacenados y/o en uso en el emplazamiento.
- 2) Evaluación de riesgos para la tarea o actividad de trabajo.
- 3) Registros de formación de empleados
- 4) Registros de inspección mensuales para la protección respiratoria individual (es decir, no desechable),
- 5) Informes de inspección de cualquier aparato de respiración autónomo proporcionado.