



JUICIO DE EXPERTO	
Número de referencia del juicio de experto	INV-ESP-JE/IPPU/2015-001
Fecha	17 de Marzo de 2015
Nombre de los expertos	Mar Duque Sanchidrián ¹ , Enrique Otegui Martínez ² , Rafael Muñoz ³
Organizaciones a las que pertenecen los expertos	¹ Asociación Española de Fabricantes de Bienes de Equipo Eléctricos (AFBEL) ² Velatia S.L. ³ Schneider Electric España S.A.
Evaluación	Metodología para la elaboración de las estimaciones de las emisiones de SF ₆ en España
Fundamento	Aplicación de las nuevas Directrices del IPCC 2006 en el Inventario Nacional
Resultados	Nueva serie de estimación de emisiones para el período 1990-2013
Identificación de validadores externos	Grupo de Trabajo de Gestión Técnica (GTGT) del Acuerdo Voluntario entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, los fabricantes y proveedores de equipos eléctricos que usan SF ₆ representados por AFBEL, las compañías de transporte y distribución de energía eléctrica representadas por REE y UNESA y los gestores autorizados residuos de gas SF ₆ y de equipos que lo contienen, para una gestión integral del uso del SF ₆ en la industria eléctrica más respetuosa con el medio ambiente.
Resultado de la validación externa	
Aprobación por el Responsable Nacional de Inventarios	



1. EXPOSICIÓN DE MOTIVOS.

Según las decisiones adoptadas por la Convención Marco sobre cambio climático, las Directrices del IPCC de 2006 son de aplicación obligatoria en el Inventario Nacional de gases de efecto invernadero a partir del año 2013.

La nueva metodología establecida en el capítulo 8 del Volumen 3 (Procesos Industriales) implica un mayor conocimiento del uso y la gestión del SF₆ en España, para cubrir las diferentes fases del ciclo de vida de dicho gas.

Hasta la fecha, los datos de base empleados por el Inventario Nacional para la estimación de las emisiones de SF₆ provenían de un Acuerdo Voluntario firmado entre el Ministerio de Medio Ambiente y los fabricantes y proveedores de equipos eléctricos que emplean SF₆ (AFBEL) y las compañías de transporte y distribución de energía eléctrica entre los años 2007 y 2012 y, anteriormente a esas fechas, de diferentes fuentes del sector.

Para afrontar el cambio de metodología se ha contado con el apoyo de la Asociación Española de Fabricantes de Bienes de Equipo Eléctricos (AFBEL) que agrupa a los fabricantes y proveedores de equipos eléctricos que emplean SF₆.

En el Anexo I del presente documento se recoge la información de base recogida por AFBEL para la serie temporal 1990-2013.

Asimismo en el Anexo II del presente documento se recogen las estimaciones de las emisiones de SF₆ para la serie temporal 1900-2013 obtenidas tras la aplicación de la metodología descrita a continuación en el apartado 2.

2. RESULTADOS DEL JUICIO DE EXPERTO

ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE SF₆ GESTIONADAS Y EMISIONES, DURANTES LAS DIFERENTES FASES DEL CICLO DE VIDA (Método híbrido Tier 3, Vol 3 Ch 8 IPCC 2006)

Fases del ciclo de vida

Según el Capítulo 8: Manufactura y utilización de otros productos del Volumen 3 de las Directrices IPCC 2006 y, en concreto, la ecuación 8.3 del mismo, se definen las siguientes 5 fases del ciclo de vida:

1. Fabricación de los equipos
2. Instalación de los equipos
3. Uso de los equipos
 - a. Fugas
 - b. Servicio y mantenimiento
 - i. Rellenado de los equipos (Compensación de fugas)
 - ii. Mantenimiento (de partes activas)
 - c. Fallos
4. Eliminación y uso final de los equipos
 - a. Evacuación del gas
5. Reciclado y destrucción del SF₆
 - a. Reciclado



b. Destrucción

1. FABRICACIÓN DE EQUIPOS

En España esta fase solo es aplicable en equipos de Media Tensión (no hay fabricación de equipos de Alta tensión).

Cantidad de gas gestionado: Se contemplan en esta fase las existencias, inicial y final, de gas en contenedores, las compras de gas durante el año, las devoluciones al proveedor del gas (para posterior reciclado o destrucción), y la cantidad de gas introducida en los equipos fabricados. En esta última cifra se incluye también, en su caso, el consumo de gas dedicado a investigación y desarrollo. Las cantidades en existencia, las compras y devoluciones se calculan por peso de los contenedores, descontando sus respectivas taras.

Las cantidades introducidas en los equipos se calculan bien por medida directa mediante caudalímetro o a partir del contenido de gas de diseño (placa de características) de cada equipo fabricado. En el proceso industrial de fabricación de los equipos se producen emisiones. Ocasionalmente, durante los ensayos de rutina de los equipos fabricados, se detectan defectos que pueden exigir la extracción del gas para la corrección del defecto. El gas extraído puede no ser directamente utilizable por lo que se devuelve al fabricante para su reciclado.

Las cantidades de gas usadas para investigación y desarrollo no se contabilizan separadamente, ya que el gas usado con este propósito aparecerá repartido en los apartados consolidados de devoluciones (ya que no se reutiliza en equipos fabricados) y emisiones.

Emisiones: Se calculan por **balance de masas**. La diferencia entre la variación de stocks más las compras por un lado y la cantidad total de gas devuelto al proveedor y lo introducido en los equipos, por otro. Se consideran en las emisiones en fabricación, las emisiones que pueden producirse en la investigación y desarrollo de nuevos productos

Cálculo. Se utiliza la siguiente fórmula (balance de masas):

$\text{Emisiones} = \text{Existencia inicial de SF6} + \text{compras de SF6} - \text{SF6 introducido en los equipos} - \text{Devoluciones de SF6} - \text{Existencia final de SF6}$

En esta ecuación:

- La existencia inicial de gas se determina por pesaje de los contenedores (descontando su tara).
- La compra de gas se determina por pesaje de los contenedores (descontando su tara).
- Las devoluciones de gas se determinan por pesaje de los contenedores (descontando su tara).
- La existencia inicial se determina por pesaje de los contenedores (descontando su tara).
- El gas introducido en los equipos se determina por medición por caudalímetro a la entrada del equipo de llenado o, alternativamente, a partir de las cantidades de gas de diseño (Placa de características) de cada equipo fabricado.



2. INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

Es sólo aplicable en los equipos de tipo “sistema de presión cerrado”, básicamente de Alta Tensión (más de 52kV), ya que los de tipo “sistema de presión sellado” se rellenan en fábrica.

Cantidad de gas gestionado: Se calcula aplicando los contenidos de gas de diseño (placa de características de cada equipo) de los equipos instalados. No resulta práctico, y es más proclive a introducir errores, el utilizar el método de balance de masas. En efecto, ya que no resulta justificado disponer de una balanza “in situ” en cada operación. Este procedimiento requiere dos pesadas de las botellas de gas utilizadas, que habrían de realizarse antes de que los instaladores salgan de su base para realizar la instalación y al regreso después de la instalación. La incertidumbre se genera porque las botellas de gas pueden estar en el vehículo de los instaladores durante un tiempo en el que se pueden realizar otras operaciones de gestión del gas, por ejemplo relleno de equipos en servicio. Se corre el riesgo, por lo tanto de duplicar cantidades de gas gestionadas. Por otra parte, teniendo en cuenta que el factor de emisión en la operación es muy bajo, el posible error derivado de la aplicación del procedimiento por balance de masas pudiera ser muy importante. Por esta razón es más apropiado aplicar el método de factor de emisión (de llenado), que además simplifica el cálculo de las emisiones.

Emisiones: Se calculan aplicando un factor de emisión en instalación obtenido a partir de la experiencia, a la cantidad de gas gestionada. Se trata, en todo caso de una emisión muy pequeña en términos absolutos. De hecho el valor asignado por experiencia de fabricantes e instaladores es del 0,2%.

Cálculo: Se utiliza la siguiente fórmula:

Emisión en la instalación: SF6 contenido en los equipos instalados x Factor de emisión (de llenado)

Donde:

- SF6 contenido en los equipos se calcula partir de los datos de diseño (placa de características).
- El factor de emisión se ha extraído de la experiencia de operadores e instaladores.

3. USO DE LOS EQUIPOS

En esta fase se contemplan varias situaciones en las que se producen emisiones: Fugas, Servicio y mantenimiento, y Fallos. El gas gestionado en cada una de ellas y las emisiones que se producen se evalúan, para una mejor comprensión, por separado.

Emisión en uso = Emisión por fugas + Emisión por operaciones de servicio y mantenimiento + Emisiones por fallos

Cantidad de gas gestionado. La cantidad de gas que se gestiona en el uso de los equipos va variando, desde un parque instalado al comienzo del periodo hasta el parque final que se calcula por la siguiente fórmula:



**Parque final = parque inicial + nuevos equipos instalados – equipos retirados al final de su vida útil
– equipos retirados por avería**

Donde:

- Todos los términos se miden en cantidad de SF₆ contenido en los equipos, según datos de diseño (placa de características).
- El dato del parque inicial proviene del parque existente al final del periodo anterior.
- El dato de nuevos equipos instalados se obtiene por encuesta entre fabricantes y proveedores. En alguna circunstancia el dato de puede ser ajustado por aplicación de un “factor de actividad” para compensar la falta de completitud de la encuesta.
- El dato de los equipos retirados al final de su vida útil se obtiene por encuesta entre los operadores y fabricantes. En ocasiones el dato de la encuesta se ajusta por aplicación de un “factor de actividad” para compensar limitaciones en la recopilación de los datos.
- El dato de equipos por avería, se obtiene por encuesta entre los operadores y los fabricantes. También en ocasiones puede ser ajustado por un “factor de actividad”.

A esta fórmula para el cálculo del parque final (expresado en términos de contenido en gas del parque) estrictamente hablando habría que añadir un sustraendo más: la pérdida de contenido en gas como consecuencia de las fugas en operación que se van produciendo a lo largo del periodo. No obstante, en lo que se refiera a equipos de tipo “sistema de presión cerrado” (típicamente de Alta Tensión) se prescinde este sustraendo porque este tipo de equipos se rellenan periódicamente para compensar las fugas. Una explicación al respecto se encuentra más adelante, en el apartado dedicado al servicio de los equipos. En cambio, en lo que se refiere a los equipos de tipo “sistema de presión sellado” (típicamente de Media Tensión) el dato de las fugas acumuladas a lo largo del periodo debe utilizarse para calcular el parque final, completando de ese modo la ecuación, ya que estos equipos no se rellenan en ningún momento a lo largo de su vida útil.

3. a. Fugas (en la operación de los equipos instalados)

Cantidad de gas gestionado: Este tipo de fugas es un fenómeno continuo y permanente. Por ello el número y tipo de los equipos y, en concreto, la cantidad de gas existente en el parque varía a medida que se incorporan nuevos equipos al parque y se retiran otros por haber llegado a su fin de vida útil o por avería catastrófica. Esta circunstancia plantea dificultades a la hora de hacer un cálculo preciso de las fugas aunque se conozca el factor de emisión (tasa de fuga de los equipos). El problema se produce por la dificultad de conocer las fechas en que los equipos se han retirado del parque, así como las de la instalación de cada uno de los nuevos equipos incorporados al parque, dato necesario para evaluar sus emisiones a lo largo del resto del año. La recopilación de esos datos resulta problemática. Para soslayar esta dificultad recurrimos a un algoritmo de cálculo que implica una incertidumbre sobre el posible error muy pequeña y, en cambio, simplifica significativamente el proceso de cálculo de las emisiones. En efecto, en un parque muy considerable como el que hay en España, la inmensa mayoría de las fugas se originan cada año en el parque inicial. Las nuevas incorporaciones y las retiradas del parque tienen una contribución muy reducida.



El fundamento del algoritmo es el siguiente:

- El parque inicial se considera que está emitiendo durante todo el periodo.
- Los nuevos equipos, cuya fecha de instalación no se conoce, pero se sabe que se produce a lo largo del periodo, se considera, a efectos del cálculo, que son instalados uniformemente a lo largo del periodo. De esta manera se llega a la conclusión de que su presencia “media” en el parque, tiempo en el cual contribuyen con su fuga, es justamente medio año.
- Los equipos retirados por llegar a su fin de vida útil se les aplica el mismo criterio, es decir que son retirados de forma uniforme en el periodo. Por lo tanto igualmente su contribución “media” corresponde a la mitad del periodo
- En principio se procede de igual manera con los equipos retirados por avería catastrófica.

Aplicando el algoritmo obtenemos lo que podemos denominar **parque anual promedio**, que servirá para hacer el cálculo de las emisiones por fugas de los equipos

Cálculo: El parque anual promedio se calcula por lo tanto con la fórmula siguiente:

$$\text{Parque anual promedio} = \text{parque inicial} + \frac{\text{nuevos equipos instalados}}{2} - \frac{\text{equipos retirados por fin de vida y avería}}{2}$$

Emisiones: se calculan aplicando un factor de emisión derivado de la tasa de fugas de diseño de cada equipo. A tal efecto se aplican los valores de referencia (máximos admisibles) utilizados en los controles de estanqueidad que el 100% de los equipos deben superar. En relación con los equipos de Alta Tensión para los equipos fabricados desde 2008 (Generación 2) ese valor es de 0,5% anual. No obstante, en los cálculos se discriminan otras dos generaciones de producto. Los equipos fabricados hasta 1998 incluido (Generación 0) se les atribuye una tasa de fuga del 2% anual. Los equipos fabricados entre 1999 y 2007 (Generación 1) tienen una tasa de fuga del 1% anual.

En cuanto a los equipos de Media Tensión se distinguen dos generaciones en lo que se refiere a la tasa de fuga. Los equipos fabricados hasta 2007 (Generación 0) la tasa era de 0,2%. Los fabricados a partir de 2008 (Generación 1) tienen una tasa de fuga máxima anual de 0,1%.

Cálculo. Haciendo uso de la simplificación descrita arriba, la fórmula para calcular las fugas anuales es:

$$\text{Fugas} = \text{Parque anual promedio} \times \text{factor de emisión por fugas}$$

Este cálculo ha de hacerse para cada una de las Generaciones, aplicando sus diferentes factores de emisión por fuga. La emisión total será la suma de las emisiones producidas en cada una de las generaciones presentes en el mercado cada año.

3. b. Servicio y mantenimiento. Son actividades puntuales que se producen respectivamente por:
 - i. **Rellenado de los compartimentos con gas** para reponer el gas que se emite sistemáticamente en uso (tasa de fugas) y restituir la presión de normal de llenado. Esta operación se realiza cuando el nivel de presión alcanza o está próximo al nivel llamado de alarma, es decir, se acerca a un segundo nivel (presión mínima de funcionamiento) que haría inoperante el equipo con riesgo de defecto interno. De esta forma, hay un margen de tiempo



para que el operador reponga el gas antes de que se produzca un fallo de la instalación. También puede hacerse con ocasión de una operación rutinaria de revisión de la instalación. En todo caso no hay una periodicidad predeterminada. Debe notarse que esto no aplica a los equipos de tipo “sistema de presión sellado” que no se rellenan a lo largo de su vida útil.

Cantidad de gas gestionada. Al tratarse de una operación puntual sin periodicidad no se puede predeterminar de forma precisa cuanto gas es gestionado. Contabilizar el acumulado del gas que se haya empleado a lo largo del año para estas operaciones en el parque en servicio podría ser un método a seguir, pero dada la dispersión geográfica de los equipos y las incertidumbres en precisión y completitud asociadas a esta contabilidad, lo hace poco práctico y de incierta exactitud.

Para obviar este problema se hace una simplificación conservadora, de modo que el posible error que se introduzca es por un lado pequeño debido a que no se gestionan cantidades muy importantes de gas, y por otro lado el error siempre será en exceso. La simplificación consiste en suponer que la reposición de gas se hace cada año para compensar las emisiones en uso de ese mismo año. De esta manera, la cantidad de gas en el parque se mantiene constante. La estimación resulta, equipo a equipo, algo por encima de la realidad, ya que la reposición siempre con un desfase de algunos años en función del grado de estanqueidad de cada equipo en concreto y de la diferencia entre la presión de llenado (presión de diseño) y la de alarma.

Emisiones: utilizando el método simplificado se aplica a cantidad de gas gestionada para el relleno (igual a las emisiones en uso de año) por un factor de emisión idéntico al factor de emisión en instalación, ya que el proceso es idéntico en ambos casos

Cálculo. Se utilizan la siguiente fórmula:

Fugas (en la operación) x factor de emisión en instalación (llenado)

- ii. **Mantenimiento de partes activas**, que requiere la apertura de los compartimentos con gas. En principio no se puede predeterminar una periodicidad concreta para este tipo de operaciones. El tiempo en que este tipo de operación se hace necesaria depende sustancialmente de muy variados factores (por ejemplo: la historia de operaciones de cierre y apertura de los aparatos de maniobra que contiene el equipo, intensidad de la corriente, tanto normal como en condiciones de falta, sobretensiones de maniobras o por influencias externas, deficiencias mecánicas detectadas en el mando que pudieran dar lugar a una operación con velocidad insuficiente, degradación del fluido aislante, etc.). También la generación del equipo tiene influencia, siendo las generaciones más recientes las que requieren menos mantenimiento a lo largo de su vida útil.
- Este tipo de operaciones se realiza únicamente en equipos de tipo “sistema de presión cerrado. En los de tipo “sistema de presión sellado” no se realiza este tipo de mantenimiento, ni están preparados para realizarlo. El seguimiento puntual de cada una de esas operaciones permitiría evaluar la diferencia entre el gas extraído del equipo y el necesario para su llenado después de la operación de mantenimiento. No obstante, hay que



mencionar que esa diferencia no equivale a la emisión en el proceso porque incluye también las emisiones en servicio ocurridas desde el último rellenado del equipo, por lo que éstas se reportarían por duplicado.

Por otra parte, hasta el momento no se tienen datos fiables de las cantidades de gas implicadas en operaciones de mantenimiento cada año. Por esta razón, para hacer una estimación de las emisiones que se pueden producir en mantenimiento, se ha recurrido a establecer lo que podríamos llamar una “periodicidad promedio”. La periodicidad utilizada en los cálculos es de 15 años. Se ha elegido este valor como uno muy conservador a partir de la experiencia de los operadores, y hay que recordar que, en todo caso es un valor teórico. Esto permite aportar un dato que cubre este tipo de situaciones, que debe ser superior al valor real, que se desconoce. Dado que el impacto de este apartado es muy reducido sobre el total las desviaciones que pudieran darse sobre las emisiones reales no debe tener gran relevancia.

Cantidad de gas gestionada. A partir de los datos de las nuevas instalaciones realizadas cada año se puede hacer un cálculo de las cantidades de gas implicadas en operaciones de mantenimiento. En concreto cada año se supone que se someten a mantenimiento los equipos instalados 15, 30 y 45 años atrás. Se sabe que los primeros equipos con SF₆ instalados en la red de Alta Tensión española lo fueron a principio de los años 60 del pasado siglo. Sin embargo, no se tienen datos de las cantidades instaladas año a año. El primer dato aceptado al respecto corresponde a la información del parque instalado a principios del año 1990, tomando como referencia ese dato se ha hecho una estimación, teórica, de las cantidades instaladas desde 1960, suponiendo que éstas fueron creciendo de forma progresivamente uniforme hasta el año 1990. Una vez establecidos los datos año a año, se pueden calcular las cantidades teóricas sometidas a mantenimiento desde 1990 hasta la actualidad.

Emisiones. Una vez calculadas las cantidades de gas contenidas en los equipos sometidos a mantenimiento cada año se aplica un factor de emisión que tiene en cuenta que la operación tiene cuatro fases. En primer lugar, se extrae el gas hasta una mínima presión residual, ya que resulta técnicamente imposible una extracción total y en la práctica no resulta económico llegar a valores extremadamente bajos en la presión residual. En segundo lugar, se abre el compartimento y por tanto se emite el gas residual dentro de él. Este factor se calcula a partir de la relación entre la presión residual del vaciado y la presión de llenado (valor de placa de características), tal como se indica en el apartado de fin de vida. En tercer lugar, después de realizar las operaciones de mantenimiento propiamente dichas, se cierra el compartimento. En cuarto lugar, se procede al rellenado del equipo hasta su presión de llenado, que tiene su propio factor de emisión, como se indica más arriba., idéntico al factor de emisión en instalación.

Cálculo. Se utiliza un factor que es la suma del factor de emisión en el vaciado y el de llenado. En el vaciado **SF₆ en equipos sometidos a mantenimiento x presión residual en el vaciado/ presión de llenado de diseño**



En el llenado **SF6 contenido en los equipos instalados (valor de diseño) x Factor de emisión (de llenado)**

Expresado de otro modo la fórmula sería:

SF6 en equipos sometidos a mantenimiento x (factor de emisión en el vaciado + factor de emisión en el llenado)

3. c. Fallos

Esta es otra situación más imprecisa y además muy infrecuente. No obstante se estudia porque el factor de emisión es el más alto posible, el 100%. Se produce cuando hay un defecto interno o una causa externa que provoca la ruptura del compartimento del gas que, por lo tanto, se escapa en su totalidad.

Cantidad de gas involucrado: Se obtiene por encuesta entre los operadores, aplicando a cada equipo que tiene este tipo de fallo en contenido de gas equivalente a su presión de diseño. Este método desprecia las pérdidas de gas ocurridas en el equipo desde el último rellenado, por lo que el dato es conservador, si bien de muy pequeño valor, ya que estos accidentes son muy raros

Emisiones. En este caso la emisión de gas es total

4. ELIMINACIÓN Y USO FINAL DE LOS EQUIPOS

En la práctica, se desconoce en España cómo se han gestionado los equipos retirados del servicio, por lo que se estima, como criterio conservador, que el gas que contienen aún no ha sido extraído.

Vaciado del equipo (extracción del gas).

Esta operación se realiza, en general, en dos momentos y lugares diferentes. Dadas las restricciones para el transporte de aparatos a presión, los equipos han de vaciarse, como mínimo hasta una presión próxima a la atmosférica. Una vez hecha esta extracción parcial del gas, el equipo se transporta hasta las instalaciones donde se completará el proceso. En este lugar, se procede al vaciado total hasta una reducidísima presión residual (del orden de pocas milésimas de la presión atmosférica) en función del equipo de extracción utilizado. Estas dos fases del proceso pueden ser realizadas por un mismo operador o por dos diferentes.

Cantidad de gas gestionado: Se obtiene por encuesta de los operadores involucrados. El operador de la fase inicial parcial puede determinar la cantidad recuperada mediante pesada de las botellas de gas antes y después de la operación. Y lo mismo puede hacer el operador de la segunda fase de vaciado total.

Emisiones. En la fase inicial de vaciado parcial no hay emisión (salvo accidente) o su cantidad es tan exigua que se considera indetectable. En la fase de vaciado final se produce la emisión derivada de la pérdida del gas residual en el compartimento, ya que no es posible la extracción hasta el vacío total, por razones técnicas.

Las emisiones en este proceso se obtienen multiplicando la cantidad de gas de diseño del equipo por la relación entre la presión residual al final del vaciado y la presión de diseño del equipo. Se descarta



utilizar el sistema de balance de masa, que consistiría en restar, equipo a equipo, del contenido de diseño del equipo, la suma de lo extraído “in situ” y en el vaciado final. Este procedimiento presenta dos dificultades. Por un lado, el hecho de que participen (en general) dos gestores puede hacer difícil reunir los dos datos. Por otro lado, si se obtiene el valor de lo recuperado, la diferencia no representa solamente las fugas habidas en el proceso sino la suma de esas pérdidas más las emisiones que han ocurrido en el equipo desde el último rellenado hasta la fecha de su retirada. El cálculo, por lo tanto, implica un volumen administrativo y de registro considerable, no exento de riesgo de cometer errores o de falta de datos, que podría hacerlo inaplicable.

Hasta este momento en España, no se conoce si el vaciado final se ha realizado o no. Por lo tanto se ha supuesto que los equipos retirados siguen con gas, y provocando emisiones de acuerdo con su tasa de fuga (grado de estanqueidad) de cada una de las generaciones.

Cálculo. Se emplea las fórmulas siguientes para los equipos de Alta y Media tensión respectivamente

- Alta tensión:

20% del Gas en equipos retirados x presión residual en el vaciado/ presión de llenado de diseño
--

- Media tensión:

Gas en equipos retirados x presión residual en el vaciado/ presión de llenado de diseño
--

5. RECICLADO Y DESTRUCCIÓN DEL SF₆

- Reciclado del gas.** El gas extraído en las dos operaciones de vaciado normalmente se devuelve al productor del gas, u otro gestor para su recuperación para el uso (Datos de Solvay indican que del orden del 98% del gas que reciben de vuelta es reutilizable después de sencillos proceso de purificación.) Dado que –por el momento- el reciclado no se realiza en España no se consideran las emisiones que puedan ocurrir en el proceso.
Si en el futuro algún gestor operando en España iniciara este tipo de actividad debería informar de las emisiones; pero obviamente no podemos describir el método para su evaluación; aunque previsiblemente se pudiera hacer por balance de masas. En todo caso si quien realiza el reciclado es el productor (práctica muy habitual) esas emisiones serían contabilizadas como emisiones químicas.
- Destrucción del gas.** Se dan las mismas condiciones que para el reciclado por lo que no es relevante a efecto de la gestión medioambiental en España.



ENTRADA DE DATOS Y CRITERIOS APLICADOS

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN						
ENTRADA		FUENTE	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	REPRESENTATIVIDAD	CALCULO DE EMISIONES
Parque inicial AT 1990		Ministerio	Datos históricos			NA
Instalado en el año	Generación 0 Hasta 1998	AFBEL	UNESA/AFBEL, hasta 2002	Estimación a partir de datos históricos	100%	Factores de emisión: <ul style="list-style-type: none"> • instalación 0,2% • Servicio 2% (*)
	Generación 1 1999-2007	AFBEL	UNESA/AFBEL, hasta 2002 Encuesta proveedores a partir de 2003	Estimación a partir de datos históricos Datos a partir placa de características	100%	Factores de emisión: <ul style="list-style-type: none"> • instalación 0,2% • Servicio 1% (*)
	Generación 2 Desde 2008	AFBEL	Encuesta proveedores	Datos a partir de placa de características. Entre 2008 y 2012 falta información de Siemens. MAGRAMA estima su aportación en el 10% Desde 2013 la encuesta es completa	90% 100%	Factores de emisión: <ul style="list-style-type: none"> • instalación 0,2% • Servicio 0,5% (*)
Emisión en fabricación		AFBEL	Encuesta fabricantes	NO hay fabricación en España		
Incidentes (pérdida de gas)		UNESA AFBEL	Encuesta Empresas y REE Información de clientes privados a sus proveedores	Datos de la placa de características Datos de la placa de características	100% (95% por parte de UNESA y REE. El resto facilitado por AFBEL correspondiente al mercado privado)	Factor de Emisión 100%
Fin de vida		UNESA	Encuesta empresas y REE	Datos de placa de características	100% (95% por parte de UNESA y REE. El resto facilitado por AFBEL)	Factor de emisión 0,4% (**)
Mantenimiento		AFBEL	Estimación a partir del parque	Se estima una periodicidad	100%	Factor de emisión 0,6%, suma



INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN					
ENTRADA	FUENTE	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	REPRESENTATIVIDAD	CALCULO DE EMISIONES
Parque inicial AT 1990	Ministerio	Datos históricos			NA
		en servicio	conservadora de 15 años. (***)		de: <ul style="list-style-type: none">• Extracción 0,4%• Rellenado 0,2%
<ul style="list-style-type: none">• (*).- Las emisiones en servicio se compensan con rellenos periódicos, cuando la caída de presión alcanza un valor que se aproxima a un nivel que puede comprometer la seguridad de las operaciones. Para simplificar el cálculo, sin embargo, se asume que este relleno se hace anualmente. Compensando las fugas en servicio anuales• (**) Si no se informa de que el gas ha sido extraído del equipo tras su retirada de servicio, se calculará que el equipo sigue lleno de gas, aunque no en servicio, y por lo tanto con el mismo factor de emisión anual correspondiente a su generación. A falta de información al respecto en el cálculo se ha supuesto que todos los equipos retirados del servicio siguen sin ser evacuados del gas y por lo tanto fugando año tras año según la tasa de fugas correspondiente a su generación• (***) Se refiere este concepto únicamente a las operaciones de mantenimiento que requiere extracción del gas. Este tipo de operaciones no se realizan de forma periódica, sino cuando la condición del equipo lo requiere. Sin embargo para el cálculo se supone que se realiza cada 15 años. La opinión de los expertos de UNESA y REE es que se trata de una estimación muy conservadora. Los factores de emisión en este caso son independientes de la generación a la que pertenezca el equipo. Para hacer este ejercicio AFBEL ha hecho una extrapolación (puramente teórica a falta de datos históricos) de las cantidades de gas instaladas año tras año desde 1960 para alcanzar el total histórico de 1990, que ha servido de punto de partida para la elaboración de la serie					



INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EQUIPOS DE MEDIA TENSIÓN						
ENTRADA		FUENTE	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	REPRESENTATIVIDAD	CALCULO DE EMISIONES
Parque inicial MT 1990		AFBEL	Estimación			NA
Instalado en el año	Generación 0 Hasta 2007	AFBEL	Estimación de AFBEL hasta 2002. Posteriormente por encuesta proveedores	Datos a partir de lecturas de caudalímetro o placa de características	100% 100%	Factores de emisión: <ul style="list-style-type: none"> • Instalación: No aplica (*) • Servicio 0,2% (**)
	Generación 1 Desde 2008	AFBEL	Encuesta proveedores	Datos a partir de lecturas de caudalímetro o placa de características. <ul style="list-style-type: none"> • Entre 2008 y 2012 falta SIEMENS y EFACEC. AFBEL estima su participación en un 15% por estimación • A partir de 2013 falta EFACEC. AFBEL estima su participación en un 5% 	85% 95%	Factores de emisión: <ul style="list-style-type: none"> • Instalación: No aplica (*) • Servicio: 0,1% (**)
Emisiones en Fabricación		AFBEL	Encuesta fabricantes		100%	Balance de masas
Incidentes (pérdida de gas)		UNESA y REE	Encuesta empresas y REE	Datos de la placa de características. AFBEL estima que un 30% del parque está en instalaciones privadas de las que no existe información fiable	70%	Factor de emisión: 100%
Fin de vida		UNESA y REE	Encuesta empresas y REE	Datos de la placa de características. AFBEL estima que un 30% del parque está en instalaciones privadas de las que no existe información fiable	70%	Factor de emisión: 2% (***)
Mantenimiento				Estos equipos no requieren mantenimiento durante su vida útil		No aplica



- (*) Los equipos se suministran precargados en fábrica. No se necesita rellenado “in situ” y por tanto no hay emisión durante la instalación
- (**) Las emisiones no en servicio no se compensan a lo largo de la vida útil. Por ello las emisiones anuales, aunque muy reducida, deben contabilizarse reduciendo el parque instalado en el año siguiente
- (***) Si no se informa de que el gas ha sido extraído del equipo tras su retirada de servicio, se calculará que el equipo sigue lleno de gas, aunque no en servicio, y por lo tanto con el mismo factor de emisión anual correspondiente a su generación



ANEXO I: INFORMACIÓN DE BASE PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE SF₆. SERIE TEMPORAL 1900-2013.

ALTA TENSIÓN

GENERACIÓN 0	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Parque inicial	132,90																								
Datos de instalación	7,00	4,70	3,10	3,40	4,70	13,80	1,80	3,50	4,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Datos retirada de servicio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,08	2,17	3,04	0,93	0,93	0,00	0,18	0,00	0,00	0,04	0,64	1,82	2,40	1,62	4,37	1,12	
GENERACIÓN 1																									
Datos de instalación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,70	8,50	6,40	15,20	24,70	56,10	44,60	49,70	39,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Datos retirada de servicio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,63	0,19	0,50	
GENERACIÓN 2																									
Datos de instalación																				26,10	35,30	30,20	17,70	18,42	22,99
Datos retirada de servicio																				0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02

BAJA TENSIÓN

GENERACIÓN 0	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Parque inicial	1,00																								
Datos de instalación	1,00	2,00	3,00	8,00	11,00	15,00	21,50	21,70	25,40	31,70	63,10	62,30	67,30	57,60	80,00	99,40	86,95	106,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Datos retirada de servicio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,02	0,55	1,03	1,38	1,16	1,06	
GENERACIÓN 1	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Datos de instalación																				103,10	56,10	52,10	44,30	38,50	27,30
Datos retirada de servicio																				0,00	0,04	0,00	0,50	0,90	0,28



ANEXO II: EMISIONES TOTALES de SF₆. SERIE TEMPORAL 1900-2013.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Emisión TOTAL (t SF ₆)	2,79	3,06	3,20	3,38	3,71	4,41	4,87	6,68	6,91	7,34	8,18	7,14	7,88	7,66	8,75	9,26	10,11	10,36	10,71	10,05	10,17	10,39	9,57	9,33



3. VALIDACIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO

El próximo mes de abril de 2015 se firmará el Acuerdo Voluntario entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, los fabricantes y proveedores de equipos eléctricos que usan SF₆ representados por AFBEL, las compañías de transporte y distribución de energía eléctrica representadas por REE y UNESA y los gestores autorizados residuos de gas SF₆ y de equipos que lo contienen, para una gestión integral del uso del SF₆ en la industria eléctrica más respetuosa con el medio ambiente.

El presente juicio de experto se someterá a validación en la primera reunión que tenga lugar del Grupo de Trabajo de Gestión Técnica (GTGT), que se crea para coordinar y hacer seguimiento de la consecución de los objetivos perseguidos del citado Acuerdo Voluntario.

4. EMISIONES/ABSORCIONES EVALUADAS

El juicio de experto permite, por un lado, constituir una serie temporal (1990-2013) de variables de actividad coherentes con la realidad del país (parque inicial, datos de instalación, etc.) y, por otro lado, construir una metodología con factores de emisión específicos acordes con el empleo del SF₆ en las empresas españolas.

Las variables de actividad incluidas reflejan fielmente la evolución de los parques de alta y media tensión en España. Asimismo, incluyen las retiradas de servicio que han tenido lugar en dichos parques a lo largo del período considerado.

Por su parte, la nueva metodología permite obtener unas emisiones para la serie temporal 1990-2013 que muestran una evolución del ratio de emisión en función del parque desde un valor de 19,6 kg/SF₆ emitidos por cada tonelada de parque instalada en 1990 hasta los 5,5 kg kg/SF₆ emitidos por cada tonelada de parque instalada en 2013. Estos datos evidencian sin duda los esfuerzos llevados a cabo en la gestión y el manejo técnicos del hexafluoruro de azufre con objeto de minimizar lo más posible la emisión a lo largo de las diferentes etapas (fabricación, vida útil y retirada).

El Coordinador del Sistema Español de Inventario

Martín Fernández Díez-Picazo