

EL EFECTO INVERNADERO

Se trata de un proceso natural que ocurre en la atmósfera y que es imprescindible para la vida en la Tierra. Los gases más abundantes en la atmósfera (oxígeno y nitrógeno), no participan en este proceso. La energía proveniente del Sol atraviesa casi en su totalidad la atmósfera. Solo una parte es reflejada por las nubes. El exceso de energía así producido en la Tierra se emite en forma de radiación infrarroja. Esta energía es absorbida por las moléculas de los gases de efecto invernadero, devolviéndola en parte a la Tierra. De esta manera se produce un desequilibrio energético que provoca que la superficie terrestre tenga una temperatura media 30° superior a la que debería tener en función de su distancia al Sol. La temperatura teórica media en la Tierra es de -18° C, mientras que la temperatura media real es de 15° C.

Las sustancias naturales que provocan este fenómeno se conocen por el nombre de gases de efecto invernadero, y son el dióxido de carbono, el metano y el vapor de agua. También existen algunos gases sintetizados por el hombre que producen efecto invernadero, como son los CFC's, HCFC's y HFC's.

El problema con este fenómeno surge a raíz de la proliferación de las emisiones a la atmósfera de los gases de efecto invernadero, principalmente de CO₂, procedente de la combustión indiscriminada del carbón y los combustibles fósiles derivados del petróleo. Este elevado número de emisiones ha producido un aumento de la concentración de CO₂ de un 20%, lo que se ha convertido en un calentamiento global, cuya consecuencia principal es un cambio climático de efectos difícilmente calculables pero que se prevén devastadores a medio y largo plazo.

Como medida para evitar el cambio climático, diversos países entre los que se encuentran los pertenecientes a la Unión Europea firmaron en 1997 el Protocolo de Kyoto, para reducir las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero. El compromiso de la UE consiste en reducir en un 8% las emisiones de CO₂ equivalentes con respecto a 1990 en el periodo 2008-2012. Basándose en este acuerdo se establece un reglamento que controla y restringe la utilización de los HFC's por ser parte de los gases denominados de efecto invernadero.

NORMATIVA EUROPEA

La normativa europea en torno a los HFC's se centra en un reglamento general para los gases fluorados de efecto invernadero (Reglamento (CE) N° 842/2006 de 17 de mayo de 2006) y una directiva específica para las emisiones procedentes de sistemas de aire acondicionados en vehículos de motor (Directiva 2006/40/CE del 17 de mayo de 2006).

REGLAMENTO (CE) N° 842/2006

- Se considerarán restricciones de comercialización y uso para aplicaciones de gases fluorados si existen alternativas viables y no resulta factible la mejora de contención y la recuperación.
- **Contención**

Los operadores de aplicaciones fijas, aparatos de refrigeración, aire acondicionado y bomba de calor que contengan gases fluorados de efecto invernadero deberán, recurriendo a todas las medidas que sean técnicamente viables y no requieran gastos desproporcionados, evitar fugas de dichos gases y subsanar lo antes posible las fugas detectadas.

Además se deberá establecer un control de las fugas, que tendrá una periodicidad dependiendo del tamaño del sistema según la siguiente tabla:

CONTROL DE FUGAS	
Aplicaciones	Control de fugas
> 3 kg de gas	Cada 12 meses
>30 kg de gas	Cada 6 meses
>300 kg de gas	Cada 3 meses

Estos controles no se efectuarán en aparatos con sistemas sellados herméticamente, etiquetados como tales, que contengan menos de 6 kg de gases fluorados de efecto invernadero. A su vez las aplicaciones que contengan 300 kg o más de gases deberán instalar sistemas de detección de fugas.

Se establece un mínimo de 3 kg para la obligatoriedad de llevar registro de las cantidades y de los tipos de gases fluorados de efecto invernadero instalados, de cualquier cantidad añadida y de la cantidad recuperada durante el mantenimiento, la reparación y la eliminación definitiva.

▪ **Recuperación**

Los operadores de circuitos de refrigeración de los aparatos de refrigeración, aire acondicionado y bomba de calor, serán los responsables de tomar las medidas necesarias para la recuperación adecuada por parte de personal acreditado de gases fluorados de efecto invernadero con el fin de garantizar su reciclado, regeneración o destrucción.

▪ **Presentación de informes**

A partir del 31 de marzo de 2008 y cada año a partir de esa fecha los importadores de más de una tonelada al año de gases fluorados de efecto invernadero deberán comunicar a la Comisión Europea mediante un informe, con copia a la autoridad competente del Estado los datos de las cantidades de cada gas que haya importado o comercializado, indicando el uso destinado para la sustancia.

▪ **Etiquetado**

Los productos y aparatos de refrigeración y aire acondicionado (excepto sistemas de aire acondicionado para vehículos de motor), bombas de calor y contenedores de gas que contengan gases fluorados de efecto invernadero no se comercializarán a menos que se haya identificado la denominación química de los gases mediante una etiqueta en la que se utilice la nomenclatura industrial aceptada. La etiqueta deberá además indicar claramente que el producto contiene gases fluorados de efecto invernadero cubiertos por el Protocolo de Kyoto sobre el Cambio Climático, así como su cantidad.

▪ **Comercialización**

A partir del 4 de julio de 2007 queda prohibida la comercialización de contenedores no recargables y sistemas no confinados de evaporación directa que contengan gases fluorados de efecto invernadero, excepto los fabricados antes de la entrada en vigor de la prohibición.

Esta normativa afecta a todos los gases fluorados y a sus mezclas, excepto para las aplicaciones de aire acondicionado de vehículos de motor. En la siguiente tabla se resumen los gases regulados por la normativa y su potencial de calentamiento atmosférico (PCA). Este índice mide el aporte al efecto invernadero de cada gas, comparándolo con el del principal gas de efecto invernadero, el CO₂ para el que se establece por convenio un PCA de 1. Así, para el R-134a se obtiene un valor de 1300, lo que supone que el efecto de 1 kg de R-134a en la atmósfera será el mismo que el que producirían 1300 kg de CO₂.

Gas fluorado de efecto invernadero	Fórmula química	Potencial de calentamiento atmosférico (PCA)
R-32	CH ₂ F ₂	550
R-125	C ₂ HF ₅	3400
R-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1300
R-143a	C ₂ H ₃ F ₃	4300
R-404a	44%-R125, 52%-R143a, 4%-R134a	3784
R-407c	23%-R32, 25%-R125, 52%-R134a	1653
R-410a	50%-R32, 50%-R143a	2425
R-507	50%-R125, 50%-R143a	3850

DIRECTIVA 2006/40/CE

- Fija los requisitos que deben cumplir los sistemas de aire acondicionado instalados en los vehículos para que se permita su comercialización, así como prohibir, a partir de una fecha determinada los sistemas de aire acondicionado diseñados para contener gases fluorados de efecto invernadero con un potencial de calentamiento atmosférico superior a 150.
- Con anterioridad al 4 de julio de 2007 se adopta una prueba armonizada de detección de fugas para medir el índice de fuga de los gases en los sistemas de aire acondicionado.
- **Homologación.**

A partir de los 12 meses de la fecha de aprobación de una prueba armonizada de detección de fugas o a partir del 1 de enero de 2007, en función de la fecha que sea posterior, se dejarán de conceder homologaciones a los tipos de vehículos equipados con sistemas de aire acondicionado diseñados para contener gases fluorados de efecto invernadero con un potencial de calentamiento atmosférico superior a 150, salvo que el índice de fuga de dicho sistema no exceda de 40g al año para los sistemas de evaporador único o de 60g al año para sistemas de evaporación doble.

HOMOLOGACIONES DE VEHÍCULOS CON SISTEMAS DE A/A CON GASES FLUORADOS		
Fecha Límite	Prohibición	Excepciones
1 de enero de 2007	Se dejan de conceder homologaciones	Índice de fuga menor de 40 g anuales en evaporador único Índice de fuga menor de 60 g anuales en doble evaporador
1 de enero de 2008	Se deniega su matriculación y se prohíbe la venta y puesta en servicio	Índice de fuga menor de 40 g anuales en evaporador único Índice de fuga menor de 60 g anuales en doble evaporador
1 de enero de 2011	Se dejan de conceder homologaciones	-
1 de enero de 2017	Se deniega su matriculación y se prohíbe la venta y puesta en servicio	-

- **Retroadaptación y recarga.**

A partir del 1 de enero de 2011 no se retroadaptarán en los vehículos homologados los sistemas de aire acondicionado diseñados para contener gases fluorados de efecto invernadero, y a partir del 1 de enero de 2017 no se retroadaptará ningún vehículo.

A partir del 1 de enero de 2011 no deberán recargarse los sistemas de aire acondicionado de vehículos homologados con gases fluorados de efecto invernadero. A partir del 1 de enero de 2017 no se recargará ningún sistema de aire acondicionado, con excepción de la recarga de

sistemas de aire acondicionado que contengan esos gases y que se hayan instalado en vehículos antes de dicha fecha.

Los prestadores de servicios de mantenimiento y reparación de sistemas de aire acondicionado no recargarán dichos aparatos con gases fluorados de efecto invernadero si se ha fugado del sistema una cantidad anormal del refrigerante hasta que no se haya efectuado la reparación necesaria.

Esta directiva afecta principalmente al uso del R-134a, que es el refrigerante más habitual en los sistemas de aire acondicionado de vehículos de motor.

ALTERNATIVAS AL USO DE HFC'S

- **Amoniaco.** Gas tóxico e inflamable. Presenta un buen rendimiento energético, pero produce graves problemas de seguridad. Requiere sistemas de seguridad para evitar problemas por su toxicidad e inflamabilidad, lo que produce un aumento en el coste de los equipos.
- **GLP's.** Gases Licuados del Petróleo. Se utilizan principalmente propano e isobutano. Son eficaces pero muy inflamables y potencialmente explosivos. Producen contaminación por ozono troposférico, causante del smog fotoquímico y lluvia ácida. Solo son válidos en equipos pequeños y con baja carga de refrigerante. Aumentan los costes por motivos de seguridad.
- **CO₂.** Es un gas refrigerante limpio y seguro, pero exige nuevos diseños en equipos y cambios de las piezas utilizadas, ya que necesita un mayor presión en el circuito. Además presenta una significativa disminución en la eficiencia energética, del orden de un 20 o un 30%, lo que produce un aumento en los costes.

EL USO DE LOS HFC'S

El uso de HFC's como sustitutos de los refrigerantes clorados CFC's y HCFC's está recomendado por ser inocuos para la capa de ozono, ya que carecen de átomos de cloro. Comparados con otras posibles alternativas los HFC's presentan diferentes motivos para su uso, que se pueden agrupar en 3, de seguridad, técnicos y medioambientales.

▪ Seguridad

No existen riesgos directos en la utilización de estos gases, ya que tienen una nula toxicidad y baja inflamabilidad. Otros productos como los hidrocarburos (propano e isobutano) o el amoniaco, exigen medidas especiales de seguridad, y su uso está limitado a equipos pequeños y aplicaciones domésticas, y están asociados con accidentes.

▪ Tecnología

Los HFC's proporcionan soluciones a medida a partir de la utilización de mezclas, tanto azeotrópicas como no azeotrópicas. Permiten el cumplimiento del protocolo de Montreal contra la disminución de la capa de ozono. Debido a su capacidad para reducir las cargas de refrigerante y mejorar la contención, consiguen una mayor eficiencia, permitiendo un menor tamaño de los equipos y por tanto una reducción en sus costes.

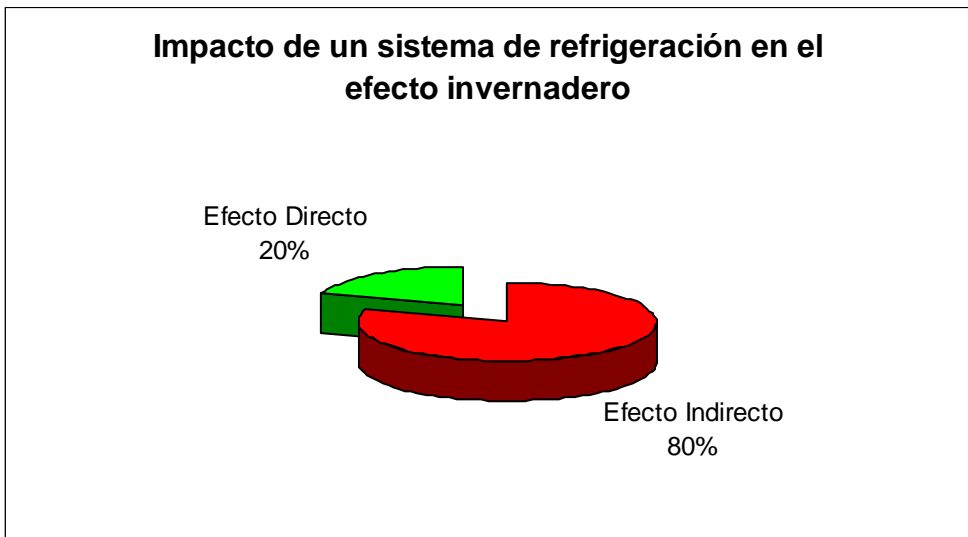
▪ Medio Ambiente

El impacto en el medio ambiente de un sistema de refrigeración se debe a dos efectos, uno indirecto, provocado por el consumo de energía y otro directo, provocado por las emisiones directas del gas refrigerante.

Por lo general, la energía consumida por un sistema de refrigeración proviene de la combustión de un combustible fósil (petróleo y sus derivados, carbón o gas natural), produciendo emisiones de CO₂ a la atmósfera. Este efecto se denomina efecto indirecto.

Los sistemas deficientes o mal mantenidos, así como los abandonados al final de su vida útil sin reciclar o recuperar el gas provocan emisiones directas del refrigerante a la atmósfera, produciendo el efecto directo.

El impacto total provocado por los sistemas de refrigeración serán el resultado de la suma del efecto indirecto y el directo. Con los actuales sistemas de refrigeración y el actual sistema de producción de energía, el 80% del impacto total corresponde al efecto indirecto mientras que el 20% restante proviene del efecto directo.



Por tanto las estrategias de reducción del impacto en el cambio climático de los sistemas de refrigeración deberán ir en 2 direcciones, reducir el consumo de energía (eficiencia energética) y reducir las emisiones de refrigerantes.

Eficiencia Energética

La mejora en la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración se pueden basar en tres campos, la calidad del sistema, ajustando y optimizando los componentes del sistema a fin de disminuir el consumo de energía; la calidad del aislamiento, ya que mantener los espacios refrigerados fríos proporcionan un aumento de la eficiencia energética a partir de un aislamiento eficaz; la elección del refrigerante, ya que las mezclas de HFC's permiten ajustar mejor las características del fluido a las necesidades del sistema mejorando la eficiencia. Además de su eficiencia termodinámica es importante la seguridad en el uso ahorrando pérdidas de energía al no necesitar medidas de seguridad del tipo de los dobles circuitos.

Reducción de Fugas

Los efectos directos del impacto de los HFC's se pueden reducir mediante estrategias de estanqueidad, reciclado y formación. La optimización de la estanqueidad en los circuitos reduce sensiblemente el riesgo de fugas, ayudado por los avances tecnológicos en el diseño de equipos. Los HFC's pueden ser fácilmente reciclados y reutilizados. Los fabricantes se han comprometido a fomentar la recuperación y reciclaje de los HFC's, y las directivas europeas a su vez lo garantizan. La formación del personal de mantenimiento, y las normativas al respecto reducen a su vez las emisiones a la atmósfera de estos gases de efecto invernadero.

IMPACTO Y POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL DEL USO DE HFC'S

Impacto en el Medio Ambiente

El principal motivo de la preocupación por el uso de HFC's es su inclusión en el Protocolo de Kyoto (1997) en su lista de gases de efecto invernadero. Se estableció un índice (Potencial de Calentamiento de la Atmósfera (PCA)) que relaciona la potencia de un gas de efecto invernadero con la del CO₂ en 100 años. Para los HFC's se calcula un PCA bastante alto. Por ejemplo el R-134a tiene un PCA de 1300, lo que significa que durante 100 años 1 kg de dicho gas tendría el mismo efecto que 1300 kg de CO₂. Un análisis superficial concluiría la enorme peligrosidad para el calentamiento del planeta de estos gases. Sin embargo un análisis riguroso de este problema exige centrarse en algunos aspectos más de las emisiones, como son las cantidades totales emitidas y el tiempo de vida en la atmósfera.

Las emisiones totales de CO₂ a la atmósfera constituyen un 64% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, mientras que los HFC's representan tan solo un 1% y se espera que a finales de siglo no crezcan más del 2 o el 3%. Cuanto mayor tiempo permanezca un gas de efecto invernadero en la atmósfera, mucho mayor es su efecto acumulativo del calor. El CO₂ tiene una vida media de permanencia en la atmósfera de varios miles de años, mientras que la de los HFC's es de décadas, ya que se descomponen en la atmósfera inferior formando especies inorgánicas simples. Estos datos sumados a la mejora de la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración hacen que el impacto total al calentamiento global de los HFC's sea de un 1,6%. Además los análisis de ciclo de vida (que analizan todos los impactos, desde la producción del sistema hasta su retirada de uso) aplicados a los HFC's y a otras posibles soluciones concluyen un menor impacto neto al medio ambiente de los HFC's, debido a su gran eficiencia energética y su baja tasa de emisión. A todo esto hay que añadir sus ventajas desde el punto de vista económico.

Política medioambiental

Las opciones políticas posibles para la reducción de las emisiones de HFC's son muy variadas, desde la ausencia de restricciones hasta la eliminación completa y progresiva de los gases fluorados.

La opción sin restricciones supondría mercados libres y la consecuente emisión descontrolada que iría en aumento y sería medioambientalmente inaceptable. La eliminación progresiva reduciría a cero las emisiones, pero eliminaría también las opciones de progreso técnico y la optimización de los sistemas, sustituyéndolos por sistemas menos eficaces y por consiguiente con mayor impacto al medio ambiente, lo que tampoco es aceptable. El equilibrio, que corresponde con la actitud más beneficiosa se debe caracterizar por la optimización del sistema, la administración del producto, su control y la cooperación entre todos los agentes implicados.

De esta manera se conseguirán resultados óptimos en cuestión de beneficios medioambientales, económicos y sociales.