SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

HOJA DE RUTA PARA IMPLEMENTAR LA ENMIENDA DE KIGALI EN MÉXICO

Lic. Andrés Manuel López Obrador

PRESIDENTE DE MÉXICO

Mtra. Josefa González Blanco Ortíz Mena
SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Ing. Sergio Sánchez Martínez
SUBSECRETARIO DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y RETC

Ciudad de México, México.
Mayo, 2019

CONTENIDO

8 **Presentación**

9 **Capítulo 1**
Antecedentes

17 **Capítulo 2**
Análisis legislativo

23 **Capítulo 3**
Diagnóstico

43 **Capítulo 4**
Escenarios de reducción

49 **Capítulo 5**
Hoja de Ruta

70 **Referencias**

71 **Reconocimientos**

Acrónimos

AC	Aire acondicionado
Aer	Aerosoles
AGA	Administración General de Aduanas
BAT	Mejor tecnología disponible
BAU	Escenario tendencial (Business-as-usual)
CC	Cambio climático
CFC	Clorofluorocarbonos
CO_2e	Dióxido de carbono equivalente
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
DGGCARETC	Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
DGGIMAR	Dirección General Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas
EE	Eficiencia energética
EK	Enmienda de Kigali
Esp	Espumas
Ext	Extintores de fuego
FIDE	Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica
GEI	Gases de efecto invernadero
HC	Hidrocarburos
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
HFO	Hidrofluorolefinas
HFOB	Mezclas de bajo PCG con base en HFO
MAC	Aire acondicionado automotriz
MDI	Inhaladores de dosis medida
MLF	Fondo Multilateral para la implementación del Protocolo de Montreal
MOP	Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal
NOM	Norma Oficial Mexicana
OEM	Manufactura de equipos originales
PCG	Potencial de calentamiento global
PIB	Producto interno bruto
PM	Protocolo de Montreal
PU	Poliuretano
RAC	Refrigeración y aire acondicionado
RC	Refrigeración comercial
RD	Refrigeración doméstica
REEE	Relación de eficiencia energética estacional
RI	Refrigeración industrial
RISEMARNAT	Reglamento interno de la SEMARNAT
SAO	Sustancias agotadoras de la capa de ozono
SER	Servicios
Sol	Solventes
TR	Transporte refrigerado

PRESENTACIÓN

La presente publicación fue elaborada por la SEMARNAT como parte de las actividades habilitadoras para ejecutar la **Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal en México**, a través de la cual se reducirá el consumo de hidrofluorocarbonos (HFC), potentes gases de alto impacto para el clima.

El documento presenta el **"camino a seguir"** por México para implementar la Enmienda de Kigali y se fundamenta en el diagnóstico nacional sobre uso, consumo y distribución sectorial de HFC. Además, tiene en cuenta los resultados del análisis del marco jurídico nacional para el control del consumo de sustancias reguladas por el Protocolo de Montreal y sus enmiendas.

Reconociendo los beneficios potenciales que puede traer consigo la Enmienda de Kigali, esta **Hoja de Ruta** consideró los instrumentos de política pública que promueven la eficiencia energética en el sector de refrigeración y aire acondicionado (RAC), así como la disponibilidad de tecnologías amigables con el ambiente y de alta eficiencia energética. Asimismo, fue diseñada con un enfoque sectorial estableciendo acciones a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de cumplir las metas de reducción con las cuales México se ha comprometido.

La implementación de la enmienda estará alineada con las acciones que México emprende para contrarrestar el **cambio climático.** La reducción de HFC contribuirá a cumplir las metas de mitigación establecidas como Contribuciones Nacionalmente Determinadas en el Acuerdo de París. Además, se promoverán sinergias con otras agendas de relevancia nacional, como las de **eficiencia energética y gestión de residuos.** De esta forma, no sólo se reducirá el consumo de HFC, sino que la enmienda funcionará como plataforma de bienestar en el país, al tiempo que apoyará la consecución de la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**, de la Organización de las Naciones Unidas.

01

Capítulo ANTECEDENTES

Fotografía por IISD/Kiara Worth (enb.iisd.org/ozone/resumed-oewg38-mop28/8oct.html)

ANTECEDENTES

1.1 Los HFC en contexto

Los **hidrofluorocarbonos (HFC)** son sustancias químicas empleadas principalmente como refrigerantes en sistemas de **refrigeración y aire acondicionado (RAC)** domésticos, comerciales e industriales. También se utilizan como agentes de soplado para la fabricación de espumas de poliuretano, como propelentes de productos en aerosol y extintores de fuego, y como solventes. Los HFC tienen, en general, características idóneas en sus aplicaciones, con excepción de presentar un alto potencial de calentamiento global (PCG), por lo que contribuyen al **cambio climático**.

De acuerdo con estudios científicos, la reducción de HFC podría contribuir a evitar el incremento de entre 0.35°C y 0.5°C de la temperatura media global prevista para 2100 (Xu et al., 2013).

Hoy día, los HFC se usan de manera global como parte de una larga transición por la que han cruzado en todo el mundo esta clase de sustancias desde la década de 1950, aproximadamente, cuando comenzaron a utilizarse los clorofluorocarbonos (CFC), que resultaron ser sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO).

Con los hallazgos realizados entre los setenta y los ochenta, que evidenciaron la formación del agujero en la capa de ozono, la comunidad internacional se movilizó como nunca, lo que condujo a la firma del Convenio de Viena para la Protección a la Capa de Ozono, y posteriormente, en 1987, a la creación del **Protocolo de Montreal (PM)**, acuerdo multilateral diseñado para hacer frente al deterioro de la capa de ozono controlando el consumo y la producción de SAO.

A partir de este Protocolo, los CFC fueron sustituidos en su mayoría por hidroclorofluorocarbonos (HCFC), que contienen menos átomos de cloro, principal elemento agotador del ozono estratosférico. México fue el primer país en firmar este instrumento internacional e históricamente ha cumplido de manera adelantada sus compromisos. En la actualidad, se ha eliminado de manera definitiva el consumo de CFC, tetracloruro de carbono (TCC), halones y bromuro de metilo (BrMe), y gran parte de los HCFC. Con estas acciones, para 2018 se ha eliminado 99% de las SAO.

A nivel mundial, se han logrado eliminar con éxito los CFC y la mayor parte de los HCFC. No obstante, a la par se ha incrementado el consumo de HFC (UNIDO, 2018e), los cuales no dañan la capa de ozono pero sí contribuyen de

A mediados de los setenta, el mexicano **Mario Molina** descubrió, junto con los investigadores Frank Sherwood Rowland y Paul Crutzen, que la liberación de ciertos gases industriales, los CFC, causaba el adelgazamiento de la capa de ozono estratosférica que protege a la Tierra de los rayos ultravioleta del sol.

En 1995, Mario Molina y sus colegas recibieron el Premio Nóbel de Química por sus descubrimientos, que han sido determinantes para el porvenir de la atmósfera terrestre y de la vida en general.

manera significativa con el cambio climático, debido a su alto PCG. Por ello, es necesario un nuevo reemplazo por **alternativas de menor impacto climático**, entre las que destacan las hidrofluorolefinas (HFO), así como otras alternativas naturales, que incluyen CO_2, algunos hidrocarburos y amoniaco.

1.2 Enmienda de Kigali y las obligaciones de México

El PM es considerado el acuerdo ambiental multilateral más exitoso en la historia, debido al doble impacto positivo que ha tenido sobre la capa de ozono y la mitigación del cambio climático. Ha sido ajustado y enmendado con el paso del tiempo para acelerar los calendarios de eliminación y reducción gradual, introducir otras medidas de control y actualizar la lista de sustancias controladas.

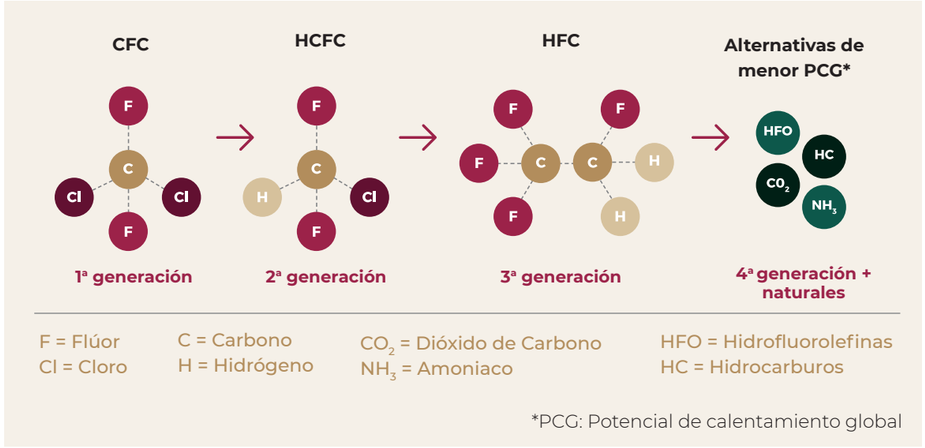
Como prueba de la constante dinámica de este acuerdo, que cuenta con ratificación universal, en la XXVIII Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal (MOP), celebrada en la ciudad de Kigali, Ruanda, en octubre de 2016, se tomó la decisión histórica de adoptar una enmienda para reducir el consumo y la producción de HFC, añadiéndolos a la lista de sustancias controladas.

La **Enmienda de Kigali** (EK) señala que todos los países se han comprometido a lograr objetivos jurídicamente vinculantes que exigen reducciones graduales del consumo y la producción de HFC. Para países en desarrollo, como México, el acuerdo especifica que los sistemas de concesión de licencias para la importación y exportación de HFC deben entrar en vigor a más tardar el 1 de enero de 2021.

Debido a que los HFC tienen impacto sobre el clima global, las reducciones de consumo se medirán en términos de dióxido de carbono equivalente (CO_2e), con base en los PCG de cada sustancia controlada.

El **calendario de reducción de HFC** para México establece que deberá congelar su consumo en 2024, tomando como línea base el promedio de consumo de HFC en el periodo de 2020 a 2022, añadiendo 65% de la línea base de HCFC. En la **Tabla 1** se indican las metas que México deberá cumplir a fin de reducir 80% de la línea base para 2045.

Diagrama 1



*PCG: Potencial de calentamiento global

Tabla 1. Calendario de la Enmienda de Kigali para México

CALENDARIO DE LA ENMIENDA DE KIGALI PARA MÉXICO		
Línea base de consumo		
Componente HFC	Promedio de consumo de los años 2020-2022	
Componente HCFC	Más 65% de la línea base de HCFC	
Metas de reducción		
	Año	**Porcentaje de reducción**
Congelamiento de consumo	2024	-
Etapa 1	2029	10%
Etapa 2	2035	30%
Etapa 3	2040	50%
Estabilización	2045	80%

Fuente: Enmienda de Kigali.

1 Artículo 4B de la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal (MOP 28, 2016).

Diagrama 2. Agendas transversales en la implementación de la Enmienda Kigali

Principales instrumentos de las políticas de cambio climático (CC)

- LEY GENERAL DE CC
- +Estatales
- ESTRATEGIA NACIONAL DE CC
- PROGRAMA ESPECIAL DE CC
- +Locales
- FONDO DE CC
- INVENTARIO NACIONAL DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO
- +Locales
- REGISTRO NACIONAL DE EMISIONES (RENE)
- NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Contribuciones nacionalmente determinadas de GEI

A **2030** con respecto a línea base

En México, los HFC contribuyen con 1.8% de las emisiones de GEI (INECC, 2018).

Reducir los HFC contribuirá a lograr las metas de **mitigación del cambio climático**

Regulación y guías existentes para el manejo y la disposición de bancos de refrigerantes usados

- MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS
- MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO DE RESIDUOS PELIGROSOS
- GUÍAS DE BUENAS PRÁCTICAS DE SERVICIO
- TRANSPORTE DE MATERIALES PELIGROSOS
- DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTES USADOS

UNIDO (2017)

México cuenta con nueve centros de recuperación y reciclado de gases refrigerantes, así como dos instalaciones autorizadas para destrucción por medio de arco plasma de argón y hornos cementeros para coprocesamiento.

Se fortalecerá el **manejo ambientalmente responsable** de refrigerantes en sistemas y equipos en desuso.

Principales instrumentos de las políticas de eficiencia energética (EE)

- LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA
- PROGRAMA ESPECIAL DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA
- INDICADORES DE EE
- SELLO FIDE
- PROGRAMA NACIONAL PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA
- NORMAS DE EE (NOM)
- SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA
- FONDO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA
- ESTRATEGIA DE TRANSICIÓN PARA PROMOVER EL USO DE TECNOLOGÍAS Y COMBUSTIBLES MÁS LIMPIOS

Se estima que el consumo eléctrico contribuye con 71% de las emisiones de GEI en el sector RAC en México (UNIDO, 2018e).

Se fomentarán acciones de **eficiencia energética.**

Metas de eficiencia energética

-1.9%
2016-2030

-3.7%
2031-2050

Tasa anual promedio de intensidad de consumo final de energía

Objetivos de desarrollo sostenible

Se impulsará la modernización de la **industria nacional** y la creación de **empleos** mejor remunerados para los profesionistas del sector

1.3 Agendas transversales

La implementación de la EK está alineada con **la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible** y ayudará a alcanzar los objetivos de Acción por el clima, Energía asequible y no contaminante, Producción y consumo responsables, y Trabajo decente y crecimiento económico, así como Industria, innovación e infraestructura. En el Diagrama 2 se esquematiza la relación con las agendas de política nacional.

La Enmienda de Kigali entró en vigor a nivel global el 1 de enero de 2019, tras la ratificación de por lo menos veinte países. **La ratificación de México** ocurrió el 25 de septiembre de 2018 y su decreto promulgatorio se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 30 de noviembre de 2018.

02 Capítulo

ANÁLISIS LEGISLATIVO

ANÁLISIS LEGISLATIVO

Con el objetivo de identificar los elementos clave para una implementación exitosa de la EK, se llevó a cabo un análisis (UNIDO, 2019a, 2019b) de la legislación vigente en todos sus niveles, incluyendo la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la legislación federal sobre la organización de la Administración Pública Federal, así como las leyes y los reglamentos relativos al cuidado y la protección del ambiente, las cuales contienen las obligaciones que los particulares deben cumplir al respecto del Protocolo de Montreal, que forma parte del Convenio de Viena. En particular, se determinaron las modificaciones que se deben hacer en el marco legal actual para dotar a las autoridades competentes de facultades para cumplir con las obligaciones adquiridas por México al firmar la Enmienda de Kigali.

A partir del análisis del marco legislativo, se plantean dos opciones para el control de HFC, la primera a través de una extensión de la regulación vigente en México para el control de HCFC. Con respecto a éstos, las obligaciones impuestas por el PM se han implementado como se explica a continuación.

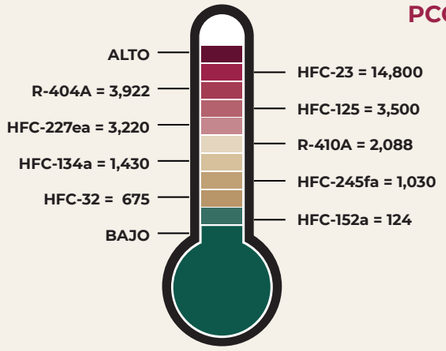
Obligaciones de México como parte de la EK:

- Establecer una línea base de consumo anual, expresada en toneladas de CO_2 equivalente. El consumo es considerado resultado de la sumatoria de la producción interna más las importaciones menos las exportaciones que se realicen en un año calendario.
- Cumplir con las metas de reducción de consumo de HFC establecidas en el calendario de la EK (ver sección 1.2).
- Crear un sistema de cuotas o cupos máximos anuales, que será la cantidad máxima de toneladas de CO_2 equivalente de HFC que se permitirá importar durante un año calendario.[2]
- Imponer como regulación al particular la obtención de un permiso para importar HFC como parte de la cuota que se le haya asignado al inicio del año calendario.

2 Artículo 4B de la Enmienda de Kigali (MOP28, 2016).

Diagrama 3

El nivel de **consumo de HFC** se debe expresar en términos de **CO_2e**, que se determina a partir del consumo de cada HFC en toneladas métricas de sustancia y su multiplicación por el **potencial de calentamiento global** (PCG) correspondiente.



Los HFC a nivel país se reportarán con base en su consumo aparente:

consumo = producción + importación – exportación – destrucción (CO_2e)

De acuerdo con el calendario de eliminación de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal, se establecieron de manera oportuna las líneas base de consumo de las diversas SAO.

La obligación de establecer un sistema de cuotas para SAO se ha cumplido en ejercicio de las facultades conferidas a la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (DGGCARETC), en las fracciones XIV y XXIX del artículo 30 del reglamento interior de la SEMARNAT (RISEMARNAT) vigente, y se establecieron dos permisos para la importación de las sustancias reguladas: uno que debe otorgar la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), en cumplimiento del Acuerdo de CICOPLAFEST[3], debido a las propiedades de peligrosidad y toxicidad de las sustancias; y otro que debe emitir la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR), en relación con el efecto de dichas sustancias en el ambiente.

La ruta de modificaciones regulatorias para implementar la EK en México se plantea en estricta concordancia con el marco regulatorio para el control de HCFC. Esto permitiría aprovechar las capacidades desarrolladas para su control a lo largo del tiempo y evitar complicaciones de gestión a los particulares.

Para lograr este objetivo se tendrían que modificar las fracciones XIV y XXIX del artículo 30 del RISEMARNAT, de modo que queden así:

> XIV.- Diseñar y aplicar las políticas nacionales y la normatividad emanada de las disposiciones del Protocolo de Montreal, así como cualquier otro convenio o tratado internacional que regule sustancias agotadoras de ozono, sustancias con potencial de calentamiento global y en general, gases nocivos para el medio ambiente y las enmiendas respectivas;

3 Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas.

> XXIX.- Asignar cuotas para la importación de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal, así como cualquier otro convenio o tratado internacional que regule sustancias agotadoras de ozono, sustancias con potencial de calentamiento global y en general, gases nocivos para el medioambiente y solicitar información sobre el uso de dichas sustancias;

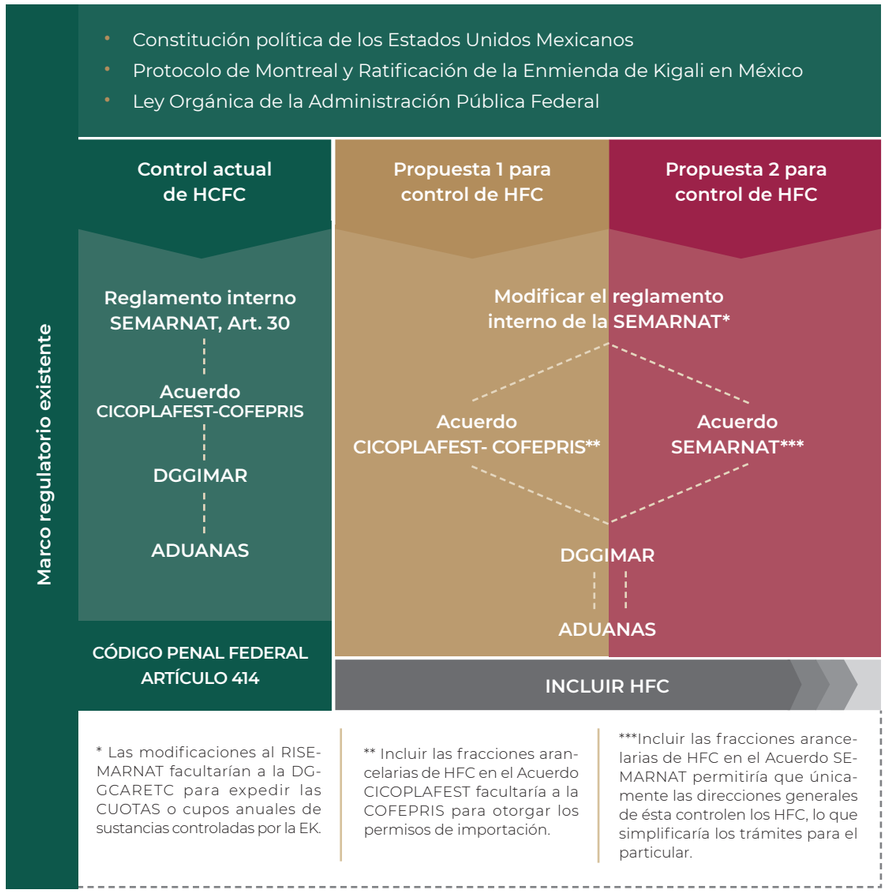
Posteriormente, se deberán agregar al Acuerdo de CICOPLAFEST las fracciones arancelarias que controlan la importación y exportación de HFC en México. Esta modificación se reflejaría en la Ley de los Impuestos Generales de Importación y Exportación, y permitiría que la Administración General de Aduanas (AGA) ejercite sus facultades de verificación. Asimismo, la DGGIMAR de SEMARNAT continuaría emitiendo la autorización de importación, con fundamento en la fracción X del artículo 29 del RISEMARNAT, por tratarse de materiales peligrosos.

La segunda opción para el control de HFC es a través del "Acuerdo que establece la clasificación y codificación de mercancías cuya importación y exportación está sujeta a regulación por parte de la SEMARNAT", para el control de ciertas sustancias que por sus propiedades pueden tener efectos sensibles para el ambiente. Considerando la posibilidad de simplificar los trámites para los particulares, podrían agregarse a este acuerdo las sustancias controladas por la EK. Así, sólo la SEMARNAT, a través de sus direcciones generales, autorizaría las cuotas anuales y las importaciones de HFC. Esta alternativa necesitaría las modificaciones del RISEMARNAT ya planteadas, pero evitaría la inclusión de HFC en el Acuerdo de CICOPLAFEST.

En el Diagrama 4 se presentan de manera esquemática las dos opciones propuestas, que cumplen con las obligaciones contempladas en el PM y su EK, con mecanismos de control confiables para el país.

Independientemente de la ruta que se pretenda seguir, se debe considerar la modificación al artículo 414 del Código Penal Federal .

Diagrama 4



03 Capítulo DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO

El consumo de HFC en México ha crecido de 2007 a 2017 con una tasa media de crecimiento anual de 14.5%, al pasar de 12.75 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente ($MtCO_2e$) a 49.43 $MtCO_2e$ durante este periodo (Figura 1). Esto es resultado de la contundente eliminación de HCFC tras la implementación del Plan Nacional de Eliminación de HCFC (HPMP, por sus siglas en inglés), así como de la creciente demanda de sistemas RAC domésticos, residenciales e industriales (UNIDO, 2019c).

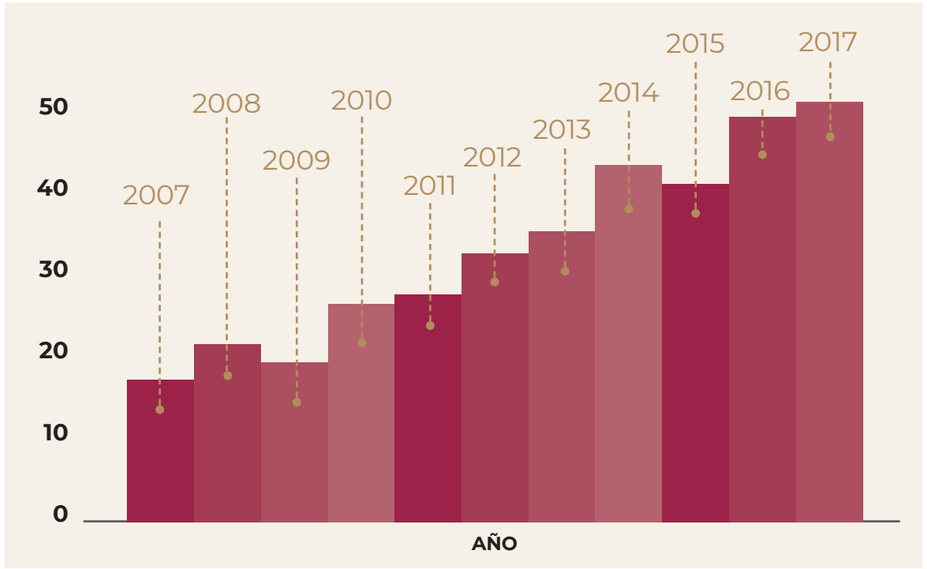
En 2017, los HFC puros o en mezclas que más se consumieron en México fueron:

R-410A (22.75 $MtCO_2e$), empleado sobre todo en el sector de aire acondicionado estacionario (AC, por sus siglas en inglés).

HFC-134a (11.84 $MtCO_2e$), utilizado principalmente en el sector de aire acondicionado automotriz (MAC, por sus siglas en inglés) y en refrigeración doméstica.

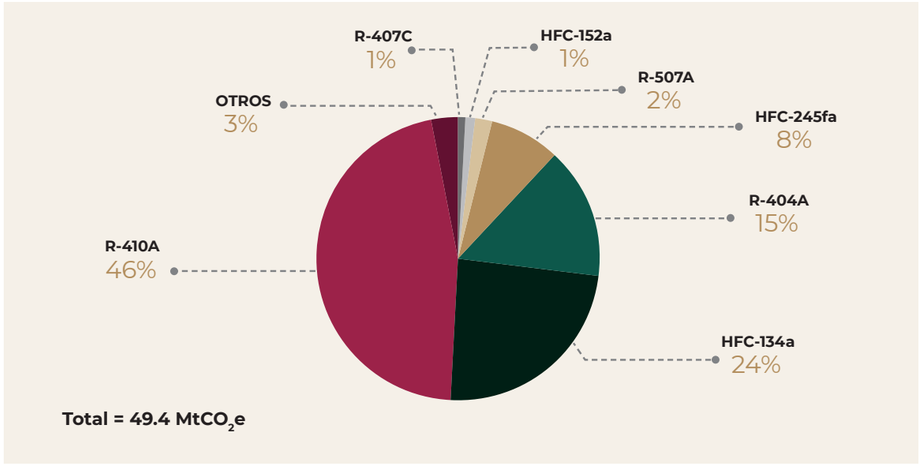
R-404A (7.16 $MtCO_2e$), consumido en el sector de refrigeración comercial.

Figura 1. Tendencia del consumo de HFC en México 2007-2017



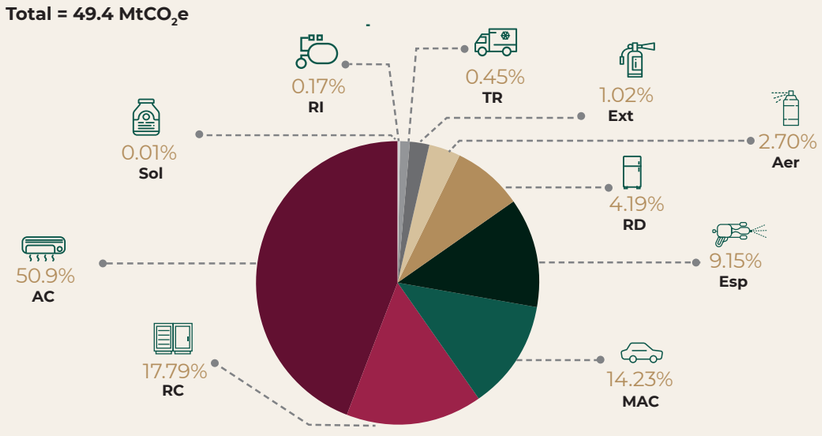
Fuente: UNIDO (2019c), a partir de información de Aduanas.

Figura 2. Distribución de consumo de los principales HFC en 2017



Fuente: UNIDO (2019c), a partir de información de Aduanas.

Figura 3. Distribución de consumo de HFC por sectores en 2017



AC: Aire acondicionado estacionario, Aer: Aerosoles, Esp: Espumas, MAC: Aire acondicionado automotriz, RC: Refrigeración comercial, RD: Refrigeración doméstica, RI: Refrigeración industrial, Sol: Solventes, TR: Transporte refrigerado.

Fuente: UNIDO (2019c), a partir de información de Aduanas.

Diagrama 5. Localización de plantas de fabricación de equipos originales y productos nuevos que utilizan HFC

HFC-245fa (4.52 $MtCO_2e$), empleado en la fabricación de espumas rígidas de poliuretano (PU).

Estas cuatro sustancias representan alrededor de 93% del consumo nacional y son, por tanto, prioritarias en la implementación de la Enmienda de Kigali (Figura 2).

En México, los HFC se consumen principalmente en dos segmentos de mercado, como refrigerantes en sistemas RAC y un conjunto de aplicaciones industriales, que incluyen agentes de soplado para espumas, propelentes para productos en aerosol y protección contra incendios, así como solventes.

Los principales sectores que consumen HFC son AC, refrigeración comercial, MAC y espumas, que en total representan 91% del consumo total nacional de HFC. La distribución sectorial completa se detalla en la Figura 3.

México es un líder global en la manufactura de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés), así como de diversos productos que utilizan HFC. En el Diagrama 5 se muestra la distribución regional de los principales sectores.

En las siguientes subsecciones se presenta el análisis realizado en 2017 para cada sector que consume HFC. En el caso de aquéllos relacionados con los sectores RAC, se ha empleado la categorización sectorial de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE, por sus siglas en inglés) (UNEP, 2015).

3.1 Aire acondicionado estacionario (AC)

El sector AC representa el mayor consumo de HFC a nivel nacional, con 24.85 $MtCO_2e$ durante 2017. La sustancia más consumida en este sector es el R-410A (92% del sector), seguido del HFC-134a (6%) y el R-407C (2%).

El consumo de este sector es atribuible al gran número de empresas OEM, en particular de equipos tipo paquete y de sistemas de ductos, además de enfriadores (*chillers*) de aire acondicionado, todos cargados principalmente con R-410A. Lo anterior se refleja en el hecho de que México es el tercer exportador de sistemas de aire acondicionado a nivel mundial (OEC, 2017).

Hay al menos diez empresas del sector que cuentan con diversas plantas de fabricación de sistemas de aire acondicionado. En su mayoría son de capital extranjero, con excepción de una que se dedica a la producción de *chillers*. El resto fabrica principalmente sistemas divididos, de paquete y de ductos, que se exportan en su mayoría a Estados Unidos, así como a otras partes del mundo. Estas empresas se localizan en Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, Baja California y San Luis Potosí.

En la Tabla 2 se presenta el consumo en AC por subsectores, tanto para OEM como servicios, durante 2017.

Edad promedio: 4 años

4.9 millones de viviendas cuentan con aire acondicionado (15% del total)[a].

56% cuentan con etiqueta **NOM-ENER[a]**

México es el **3er exportador** de aires acondicionados (9% del total mundial)[b].

a) INEGI (2018), ENCEVI
b) Observatorio de Complejidad Económica (2017)

Tabla 2. Consumo estimado de HFC en el sector AC durante 2017

SECTOR	SUBSECTOR	OEM	Servicio
		$MtCO_2e$	
Aire acondicionado estacionario (AC)	Equipos tipo paquete y sistemas de ductos	18.89	1.09
	Chillers AC	2.48	1.66
	Minisplits	-	0.48
	Ventana	-	0.25
	TOTAL	**21.37**	**3.48**

Fuente: UNIDO (2019c).

Tendencias sobre la eficiencia energética en el sector AC

Los sistemas de aire acondicionado con mejor desempeño en el mercado mexicano son los que han incorporado el variador de frecuencia. En el caso de equipos minisplit inverter, su REEE[4] ronda los 7.1 Wt/We[5]. Los sistemas centralizados con chiller de agua helada y cuyo rendimiento depende del tipo de compresor, superan en general los 6 Wt/We, mientras que los sistemas VRF multisplit alcanzan una REEE de 6.4 Wt/We; en estos sistemas también se han incorporado refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global. Los equipos tipo ventana, de paquete rooftop y los divididos con ductos han tenido menor evolución tecnológica, por lo que sus eficiencias son menores y aún utilizan refrigerantes convencionales (UNIDO, 2018a, 2018b). La Tabla 3 describe las características de eficiencia de los sistemas en México.

4 REEE: relación de eficiencia energética estacional.
5 Wt/We: watt térmico por watt eléctrico.

Tabla 3. Análisis de eficiencia energética en sistemas AC

SISTEMA	EFICIENCIA (Wt/We)		REFRIGERANTES CONVENCIONALES	REFRIGERANTES ALTERNATIVOS	CAPACIDAD kWt (TR)
	RANGO PROMEDIO	BAT[6] MÉXICO			
Ventana	2.3-3	3	R-410A, R-22, R-407C	R-290, R-32 ▲	2 a 7 (0.5 a 2)
***Minisplit* residencial (incluye *inverter*)**	3.8-4.1	7.2	R-410A, R-22, R-407C	R-290, R-32, R-1270 ▲	2 a 12 (0.5 a 3.4)
***Minisplit* comercial**	3.2-3.8	6.3	R-410A, R-22, R-407C	R-290, R-32, R-1270 ▼	12 a 19 (3.4 a 5.4)
Dividido con ductos residencial	2.9-3.3	5.1	R -410A	R-290, R-32, R-1270 ▼	5.3 a 17.6 (1.5 a 5)
Dividido con ductos comercial	2.9-3.3	5.1	R-410A	R-290, R-32, R-1270 ▼	9 a 71 (2.5 a 20.2)
Paquete *rooftop*	2.9-3.3	3.8	R-410A, R-407C	(Probado en laboratorio)▼	Pequeños comercios: 18 a 88 (5 a 25) Grandes comercios: 263 a 703 (75 a 150)
***Multisplits* (incluye VRF)**	2.9-3.3	6.44	R-410A, R-407C	R-32, otros ►	
***Chillers* AC pequeños comercios**	2.9-4.7	6.5	R-410A, R-407C	R-290, R-32, R-452B ▲	50 a 750 (14 a 213)
***Chillers* AC grandes comercios**	2.9-4.7	6.5	HFC-134a R-134A, R-123	R-1234yf, R-1234ze, R-513A, R-1336mzz(z) ▲	>750 (>213)

Estatus: ▲Comercialmente disponible en algunos mercados, ► En desarrollo, ▼ Probado en laboratorio
Fuente: UNIDO (2018a, b).

6 Best Available Technology (Mejor tecnología disponible)

3.2 Refrigeración comercial (RC)

La RC es el segundo sector en importancia dentro del consumo nacional de HFC, con alrededor de 8.79 $MtCO_2e$ en 2017. El R-404A es la sustancia que más se consume en la refrigeración comercial (con 80%), seguida por el R-507A (13%) y el HFC-134a (4%).

Los tres subsectores que usan HFC son los de sistemas centralizados (para supermercados), unidades condensadoras (para diversos comercios e industrias) y equipos autocontenidos (como congeladores, vitrinas y enfriadores de bebidas *plug-in*). El R-404A es usado en los tres subsectores mencionados. El R-507A se emplea principalmente como sustituto del HCFC-22 en sistemas centralizados, mientras que el HFC-134a se usa en unidades condensadoras y equipos autocontenidos.

En México, hay tres empresas de manufactura de sistemas centralizados y unidades condensadoras, de las cuales sólo una es nacional. En el caso de equipos autocontenidos, existen varias empresas mexicanas de gran presencia comercial, así como dos de capital extranjero. Estas empresas se localizan en Nuevo León, Querétaro, Guanajuato, Yucatán y Ciudad de México.

En la Tabla 4 se presenta el consumo de HFC en 2017 para los subsectores de refrigeración comercial.

En este apartado es de relevancia señalar el alto consumo destinado al servicio de sistemas centralizados de refrigeración comercial. Hay diversos factores que inciden en el uso de refrigerantes en este sector, entre los que destacan el tamaño de los sistemas, la cantidad de tuberías y ductos que los componen, la antigüedad de los equipos, la falta de mantenimiento preventivo y la ausencia de recuperación de refrigerante durante el mismo, por mencionar algunos.

Tabla 4. Consumo estimado de HFC en el sector de refrigeración comercial durante 2017

SECTOR	SUBSECTOR	OEM	SERVICIO*
		($MtCO_2e$)	
Refrigeración comercial (RC)	Sistemas centralizados	-	6.62
	Unidades condensadoras	-	1.79
	Equipos autocontenidos	0.27	0.11
	TOTAL	**0.27**	**8.52**

* "Servicio" incluye el consumo para carga inicial de sistemas centralizados y unidades condensadoras, los cuales no son precargados durante su manufactura, sino hasta el momento de su instalación. Fuente: UNIDO (2019c).

Tabla 5. Análisis de eficiencia energética en equipos autocontenidos

SISTEMA	CAPACIDAD (L)	BAT - FIDE MÁX. CONSUMO DIARIO (Wh/l)	REFRIGERANTE CONVENCIONAL	REFRIGERANTE ALTERNATIVO
Congelador vertical con puerta sólida y placa fría	352.70	12.50	R-22, HFC-134a, R-404A	R-290, R-744, R-600a ▲
Congelador horizontal con puerta de vidrio (incluye uso médico)	643.10	5.50		
Congelador horizontal con puerta sólida (incluye uso médico)	394.00	7.84		
Congelador vertical con puerta de vidrio y circulación de aire forzado	404.70	28.30		
Congelador vertical con puerta de vidrio y placa fría	278.40	20.72		
Conservador de bolsas de hielo	1,652.70	3.18		
Enfriador vertical con circulación de aire forzado	1,080.00	3.66		
Vitrina cerrada de media temperatura	698.10	10.08		

Estatus: ▲Comercialmente disponible en algunos mercados, ► En desarrollo, ▼ Probado en laboratorio
Fuente: UNIDO (2018a, 2018b).

Tendencias sobre la eficiencia energética en el sector de refrigeración comercial (equipos autocontenidos)

La eficiencia de los equipos de refrigeración comercial autocontenida se expresa en términos del consumo máximo de electricidad al día (Wh/l-d), que depende del tipo de tecnología y su aplicación. La referencia de alto desempeño para estos aparatos es el sello FIDE 4117, que comprende los mejores equipos. El consumo más bajo por litro lo tiene un conservador de bolsas de hielo seguido de un enfriador vertical con circulación forzada. Aún es muy usual el refrigerante HFC-134a, pero los refrigerantes alternativos R-290, R-744 y R-600a han ganado terreno y ya están disponibles comercialmente en el mercado (UNIDO, 2018a, 2018b). La Tabla 5 describe las características de eficiencia del subsector de equipos autocontenidos.

Tabla 6. Tecnologías en sistemas centralizados y unidades condensadoras

SISTEMA	REFRIGERANTES CONVENCIONALES	REFRIGERANTES ALTERNATIVOS
Unidades condensadoras, cuartos fríos	R-404A, R-507A, HFC-134a, R-413A,	R-290, R-744, R-1270 ►
Sistemas centralizados	R-404A, R-507A, HFC-134a, R-413A,	R-290, R-744, R-1270, R-1234yf, R-1234zd ►

Estatus: ▲Comercialmente disponible en algunos mercados, ► En desarrollo, ▼ Probado en laboratorio
Fuente: UNIDO (2018a, b).

Tendencia tecnológica en unidades condensadoras y sistemas centralizados

El uso de refrigerantes alternativos en las unidades condensadoras, propias de cámaras de refrigeración y congelación, aún no se ha extendido, pues la incorporación de dichos refrigerantes continúa en desarrollo. La eficiencia de las unidades condensadoras depende de la capacidad de refrigeración y aplicación de la tecnología (media o baja temperatura), por lo que se considera una eficiencia para la condensadora y otra mucho mayor para el evaporador (UNIDO, 2018a, 2018b). En la Tabla 6 se identifican las características tecnológicas de unidades condensadoras y sistemas centralizados.

3.3 Aire acondicionado automotriz (MAC)

El sector MAC aparece en tercer lugar de consumo de HFC a nivel nacional. En 2017, se utilizaron 7.04 $MtCO_2e$ de HFC-134a, que desplazó por completo al CFC-12 usado antes en el sector automotriz. El subsector de vehículos ligeros es el de mayor demanda de HFC en MAC, tanto para la manufactura de automóviles nuevos como para el servicio del parque vehicular en circulación.

Se estima que entre 2010 y 2017 el producto interno bruto (PIB) de la fabricación de automóviles y camiones registró un crecimiento promedio anual de 12.9% y la de partes para vehículos automotores, 11.9%. En conjunto, la industria automotriz mexicana creció 12.3% cada año, comportamiento que marca un momento importante para este sector (AMIA-INEGI, 2018). Este crecimiento es consistente con el que se ve reflejado en la demanda nacional de HFC-134a para el sector MAC.

Existen diversas plantas de manufactura de vehículos ligeros distribuidas en el territorio nacional, las cuales pertenecen a once empresas, todas de origen extranjero. En lo que respecta a vehículos pesados, como autobuses y tractocamiones, se han identificado por lo menos siete empresas, de las cuales sólo una es de origen nacional.

El 97.5% de la producción de automóviles y camiones se concentró en diez estados, pero sobresalen Sonora (16.2%), Coahuila (15.9%) y Puebla (13.6%), por registrar la mayor producción (AMIA-INEGI, 2018).

En la Tabla 7 se presenta el consumo estimado de HFC de los subsectores MAC, de los cuales 46% corresponde a manufactura de vehículos nuevos, mientras que el 54% restante es para servicio y mantenimiento. Este último dato es consistente con las altas fugas que presentan los sistemas de aire acondicionado de vehículos automotores y el mantenimiento continuo que requieren, en particular en regiones del país con condiciones climáticas más extremas.

Producción nacional: **3.3 millones**[a]

Importación: **0.9 millones**[a]

Exportación: **2.8 millones**[a]

Vehículos en circulación: **24.4 millones**[b]

a) AMIA (2017),
b) INEGI (2017). INEGYCEI 2015. (2017)

Tabla 7. Consumo estimado de HFC en el sector MAC durante 2017

SECTOR	SUBSECTOR	OEM	SERVICIO
		$MtCO_2e$	$MtCO_2e$
Aire acondicionado automotriz (MAC)	Vehículos ligeros	3.27	3.69
	Autobuses y tractocamiones	0.02	0.06
	TOTAL	**3.29**	**3.75**

Fuente: UNIDO (2019c).

En términos de regulación, el proyecto de modificación de la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, referente al máximo de emisiones de CO_2 provenientes del escape y su equivalencia en rendimiento de combustible, aplicable a vehículos ligeros y camionetas nuevas, permitirá obtener créditos para alcanzar la meta requerida de emisiones en gCO_2/km, derivado de los desarrollos tecnológicos para los sistemas de aire acondicionado, a partir de mejoras en la eficiencia, el incremento en la hermeticidad y el empleo de refrigerantes con menor potencial de calentamiento global (UNIDO, 2018a, 2018b).

3.4 **Espumas (Esp)**

El sector espumas es el cuarto mayor consumidor de HFC a nivel nacional, con 4.52 $MtCO_2e$ estimadas en 2017. El 92% de éste lo representa el HFC-245fa, empleado primordialmente en la manufactura de espumas de PU para aislamiento de refrigeradores domésticos, seguido de la mezcla HFC-365mfc/227ea (7%) y el HFC-134a (1%).

En este sector destacan como grandes usuarios las compañías dedicadas a la manufactura de refrigeradores (secciones 3.2, 3.5), así como una serie de empresas que se dedican a la formulación de sistemas para la preparación de espumas de poliuretano. El consumo total en este sector se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Consumo estimado de HFC en el sector de espumas durante 2017

SECTOR	SUBSECTOR	CONSUMO ($MtCO_2e$)
Espumas (Esp)	Espumas rígidas de poliuretano	4.52

Fuente: UNIDO (2019c).

3.5 **Refrigeración doméstica (RD)**

El sector de refrigeración doméstica ocupa el quinto lugar del consumo nacional de HFC, con 2.07 $MtCO_2e$ estimadas en 2017. El único refrigerante que se emplea en este sector es el HFC-134a.

México cuenta con una importante industria de electrodomésticos: es el principal exportador de América Latina y el sexto a nivel mundial, por arriba de países representativos de la industria, como Corea del Sur, Turquía y Francia (Secretaría de Economía, 2015).

Además, es el principal exportador de refrigeradores con congelador. Se han identificado en el país nueve plantas de este sector, pertenecientes a siete grupos empresariales, de los cuales uno de los principales es de origen nacional.

Edad promedio: 7 años

28.9 millones de viviendas cuentan con refrigerador (87% del total)[a].

72% cuentan con etiqueta **NOM-ENER[a]**

México es el **1er exportador** de refrigeradores de dos puertas (25% del total mundial)[b].

a) INEGI (2018), ENCEVI
b) Observatorio de Complejidad Económica (2017)

En este sector, la mayor parte del consumo (92%, aproximadamente) está destinada a la manufactura de equipos nuevos, mientras que para el servicio se destina apenas 8%, por la baja tasa de fugas que presentan estos sistemas.

Tabla 9. Consumo estimado de HFC en el sector de refrigeración doméstica durante 2017

SECTOR	SUBSECTOR	OEM ($MtCO_2e$)	SERVICIO ($MtCO_2e$)
Refrigeración doméstica (RD)	Refrigeradores domésticos	1.92	0.15
	TOTAL	**1.92**	**0.15**

Fuente: UNIDO (2019c).

En países emergentes, como México, la urbanización, el aumento del ingreso per cápita y el crecimiento de la clase media han estimulado un cambio en los patrones de consumo, lo que se ha visto reflejado en un aumento en la demanda de electrodomésticos como refrigeradores.

Además, la producción de refrigeradores ha evolucionado en las últimas décadas: mientras que estos aparatos antes usaban CFC como refrigerante, en la actualidad emplean HFC-134a, aunque algunas empresas ya comienzan a disminuir su uso también.

Tendencias sobre la eficiencia energética en el sector refrigeración doméstica

Los refrigeradores domésticos que predominan en México son de 9 a 16 pies cúbicos de capacidad y usan en su mayoría refrigerante HFC-134a, aunque ya se dispone de equipos con R-600a. La eficiencia energética de estos aparatos se expresa por el consumo máximo anual (kwh/año), de forma que entre menor sea el consumo anual, más eficiente es el refrigerador. Las unidades que brindan mejor desempeño son las inscritas bajo el sello FIDE 4111. En general, los equipos con capacidades de 9 y 11 pies cúbicos consumen menos energía y cumplen con la recientemente actualizada NOM-015-ENER-2018. En sistemas de mayor volumen aún hace falta llevar a cabo mejoras tecnológicas para cumplir con los valores de la NOM (UNIDO, 2018a, 2018b). En la Tabla 10 se describen las características de estos equipos.

Tabla 10. Análisis de eficiencia energética en el sector refrigeración doméstica

EQUIPO	CAPACIDAD L (ft^3)	EFICIENCIA (kWh/AÑO)		REFRIGERANTES CONVENCIONALES	REFRIGERANTES ALTERNATIVOS
		BAT FIDE	NOM-015-ENER-2018		
Refrigerador doméstico	255 (9)	280	306	HFC-134a	R-600a▲
	314 (11)	313	323		
	364 (13)	399	337		
	396 (14)	375	347		
	446 (16)	389	360		

Estatus: ▲ Comercialmente disponible en algunos mercados, ▸ En desarrollo, ▾ Probado en laboratorio
Fuente: UNIDO (2018a, 2018b).

3.6 Aerosoles (Aer)

El sector de aerosoles es el siguiente en términos de consumo de HFC a nivel nacional, con 1.33 $MtCO_2e$, donde el HFC-134a y el HFC-152a son las sustancias de mayor uso, con 61% y 35% del consumo total de HFC en este sector, respectivamente.

En aerosoles técnicos, el HFC-134a y el HFC-152a también fueron las sustancias más utilizadas en 2017. Hay varias empresas nacionales pertenecientes a este subsector en diversos estados de la república.

El HFC-152a se usa sobre todo como propelente en varios aerosoles domésticos. Diversas empresas, tanto de origen extranjero como nacional, se dedican a producir esta clase de aerosoles.

Debido a la posibilidad de purificar el HFC-134a a un grado medicinal, se puede utilizar ampliamente como propelente para inhaladores de dosis medida (MDI, por sus siglas en inglés). Se han identificado varios laboratorios que producen este tipo de productos.

En el sector salud, el uso de HFC se considera de uso esencial, de modo que su consumo no está sujeto al plan de reducción. Por tanto, la reserva de 20% disponible cubrirá la demanda de este sector.

La distribución del consumo de HFC en 2017 para el sector de aerosoles se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11. Consumo estimado de HFC ($MtCO_2e$) en el sector de aerosoles durante 2017

SECTOR	SUBSECTOR	CONSUMO ($MTCO_2e$)
Aerosoles (Aer)	Aerosoles técnicos	0.69
	Aerosoles domésticos	0.42
	Inhalador de dosis medida (MDI)	0.22
	TOTAL	**1.33**

Fuente: UNIDO (2019c).

3.7 Extintores (Ext)

Existe un consumo de HFC exclusivamente dedicado a la protección contra incendios. En 2017, este sector consumió alrededor de 0.49 $MtCO_2e$.

Los HFC-125, HFC-236fa y HFC-227ea son compuestos químicos que suprimen los incendios clase A, B y C sin agua ni residuos químicos dañinos. Por ello, continúan siendo las principales sustancias utilizadas en México para extintores portátiles y sistemas de supresión de incendios a presión.

En 2017, el HFC-236fa tuvo el mayor consumo (alrededor de 0.17 $MtCO_2e$), seguido de HFC-227ea y HFC-125, con 0.16 $MtCO_2e$ cada uno.

Tabla 12. Consumo estimado de HFC ($MtCO_2e$) en el sector de extintores durante 2017

SECTOR	CONSUMO ($MtCO_2e$)
Extintores (Ext)	**0.49**
TOTAL	**0.49**

Fuente: UNIDO (2019c).

3.8 Transporte refrigerado (TR)

Los sistemas empleados para el transporte refrigerado son importados a territorio nacional por algunas empresas de presencia internacional, aunque también hay una empresa mexicana que los fabrica. El transporte refrigerado comprende tanto a vehículos pequeños y grandes, empleados principalmente para distribución de alimentos en distancias cortas, como a contenedores intermodales que se transportan por ferrocarril o carretera.

Se estima que para 2017, el sector TR empleó aproximadamente 0.22 $MtCO_2e$, de lo cual 63% correspondió al consumo de HFC-134a y 37%, al de R-404A.

El consumo estimado para este sector, que se destina para servicios, se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13. Consumo estimado de HFC en el sector de transporte refrigerado durante 2017

SECTOR	SERVICIO ($MtCO_2e$)
Transporte refrigerado (TR)	0.22
TOTAL	**0.22**

Fuente: UNIDO (2019c).

En este rubro, cabe destacar la relevancia del TR en la cadena de frío de productos alimenticios y farmacéuticos, la cual es vital para prolongar al máximo el tiempo de vida de productos frescos y congelados con el fin de atender la demanda de los consumidores.

3.9 Refrigeración industrial (RI)

La mayor parte de los equipos pertenecientes al sector refrigeración industrial operan con amoniaco (NH_3) debido a su tamaño y capacidad de refrigeración. Sin embargo, se ha identificado que una pequeña parte del consumo nacional de HFC (0.08 $MtCO_2e$ en 2017) se destina a este sector, exclusivamente para servicio y mantenimiento de *chillers* de proceso, en su mayoría importados.

En 2017, HFC-134a (69%) y R-404A (31%) fueron las dos sustancias consumidas principalmente para dar mantenimiento y servicio a los *chillers* industriales.

Tabla 14. Consumo estimado de HFC ($MtCO_2e$) en el sector de refrigeración industrial durante 2017

SECTOR	SUBSECTOR	SERVICIO ($MtCO_2e$)
Refrigeración industrial (RI)	*Chillers* de proceso	0.08
	TOTAL	**0.08**

Fuente: UNIDO (2019c).

3.10 Solventes (Sol)

El sector de menor consumo de HFC identificado a nivel nacional es el de los solventes, con poco más de 7,000 toneladas de CO_2e consumidas en 2017. El responsable de este consumo es HFC-43-10mee, aunque en últimos años se ha registrado la entrada de HFC-365mfc (Tabla 15).

Estos HFC se emplean sobre todo en aplicaciones de limpieza de precisión de metales y componentes electrónicos, con solventes utilizados como mezclas con alcoholes y/o clorocarburos que mejoran el rendimiento de limpieza y reducen el costo general.

Tabla 15. Consumo estimado de HFC en el sector de solventes durante 2017

SECTOR	CONSUMO ($MtCO_2e$)
Solventes (Sol)	0.007
TOTAL	**0.007**

Fuente: UNIDO (2019c).

3.11 Proyección de la demanda para 2045

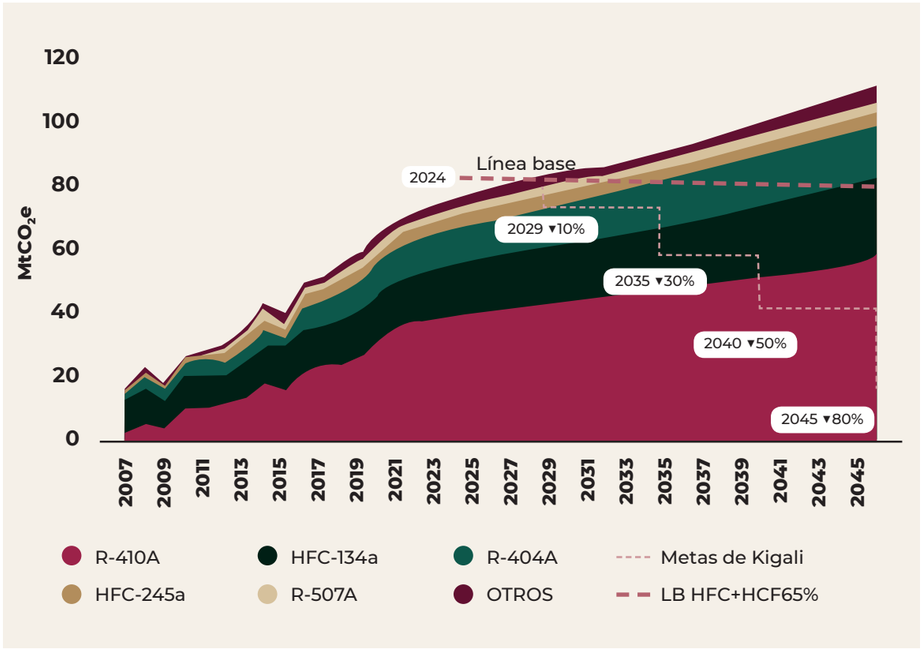
Para conocer el nivel de reducción de HFC al que tendrán que ajustarse los sectores usuarios es necesario determinar la demanda esperada en las próximas décadas de acuerdo con el escenario tendencial, llamado *business-as-usual* (BAU). Las principales consideraciones para la estimación del escenario tendencial son las siguientes:

- Consumo actual y distribución sectorial
- Impacto de la eliminación de HCFC
- Comportamiento esperado del PIB
- Crecimiento tendencial de sustancias
- Proyección de la producción de equipos y unidades nuevas

A partir del consumo proyectado entre 2020 y 2022 se estimó la línea base que, de acuerdo con los compromisos de la EK, fijará el nivel de consumo a partir de 2024, así como la referencia para las reducciones requeridas conforme al calendario de la EK.

En la Figura 4 se muestra que el escenario BAU alcanzará alrededor de 110 $MtCO_2e$ en 2045 si no se aplican medidas de control, mientras que la línea base se estima en alrededor de 80 $MtCO_2e$.

Figura 4. Escenario tendencial de demanda de HFC al 2045 y línea base estimada



Fuente: UNIDO (2019c, 2019d).

04 Capítulo

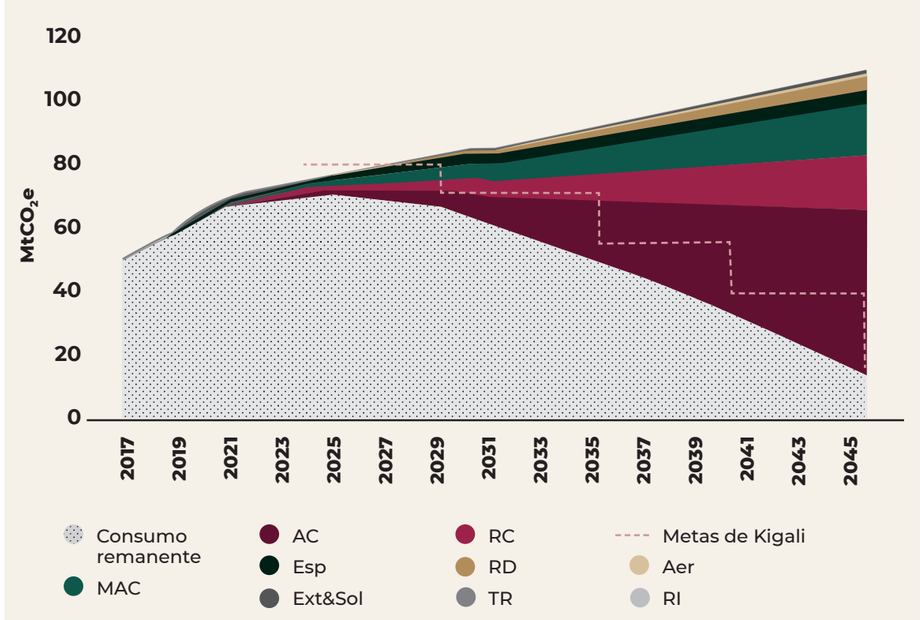
ESCENARIOS DE REDUCCIÓN

ESCENARIOS DE REDUCCIÓN

De acuerdo con el análisis de alternativas de menor impacto climático que podrían ser adoptadas en México en función de su viabilidad técnica, económica y regulatoria, se propone el siguiente camino de transición a corto, mediano y largo plazo en los sectores que consumen HFC (Diagrama 6):

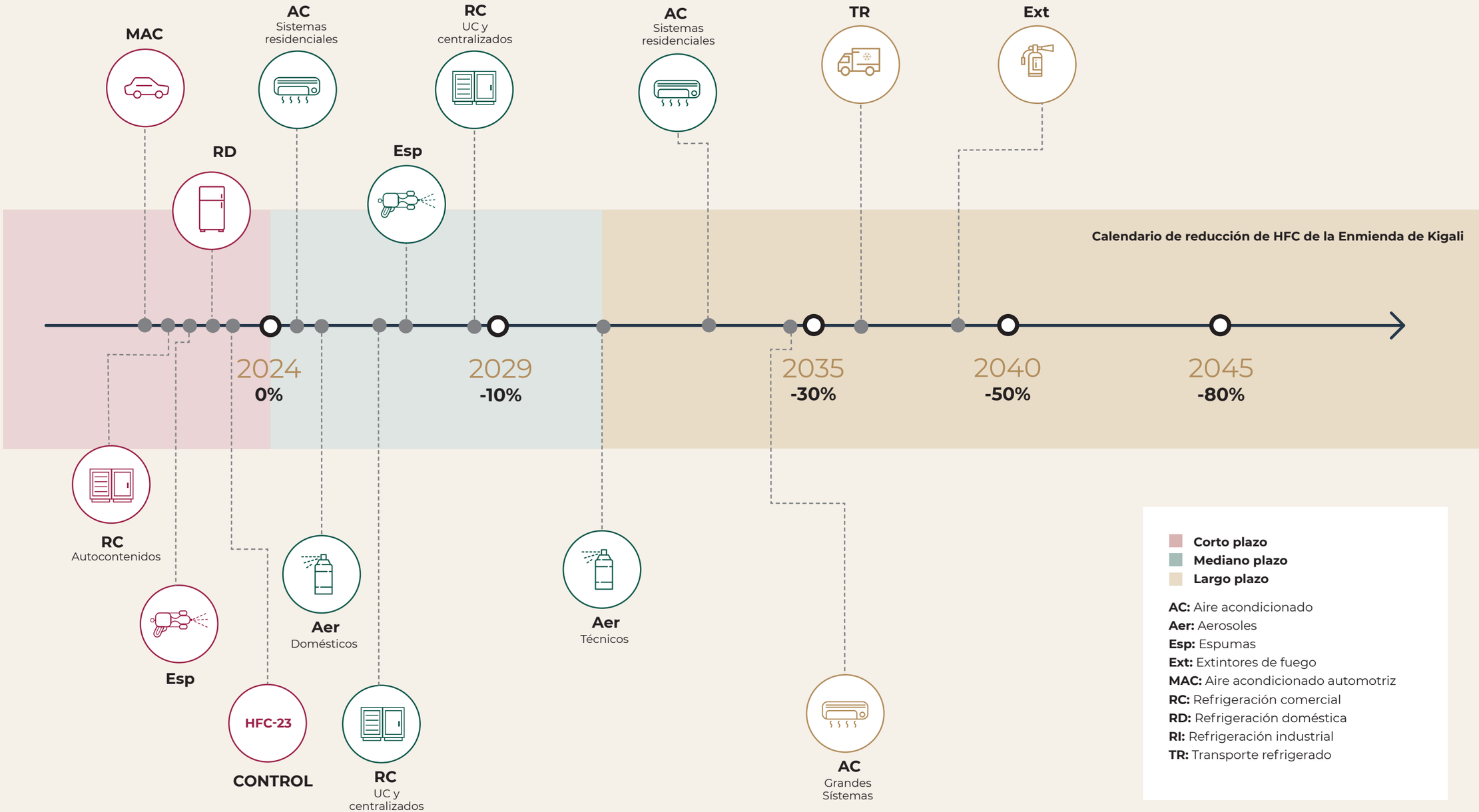
En la Figura 5 se plantean los escenarios de reducción de HFC que demuestran el cumplimiento de las metas de la EK para México, los cuales se elaboraron considerando las características de las alternativas en lo referente a disminución de PCG, reducción de carga y grado disponibilidad

Figura 5. Reducciones de HFC por sector para el cumplimiento de la EK



Fuente: UNIDO (2019c, 2019d).

Transición de los sectores que consumen HFC



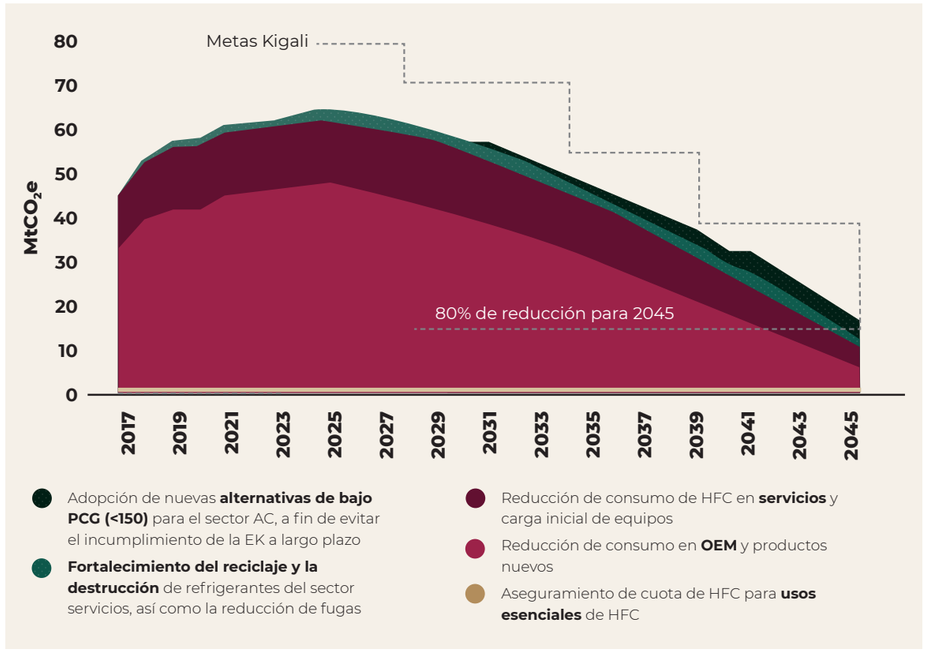
y posible penetración en el mercado (UNIDO, 2019e). Como se observa, la contribución de los sectores AC, MAC, RC y Esp son determinantes para esta reducción.

Aunque en cada sector hay medidas de carácter prioritario, de forma general las acciones que son cruciales para que México cumpla con sus obligaciones son las siguientes:

- Adoptar **alternativas de bajo PCG (<150)**, lo cual es especialmente relevante para el sector AC, debido a su contribución al consumo nacional.
- Fortalecer los programas de regulación para **capacitación a técnicos, recuperación, reciclado y destrucción de refrigerantes**, junto con el impulso a la responsabilidad extendida del productor en el manejo de equipos RAC en desuso.
- Incentivar el **control de fugas** de refrigerantes, sobre todo en el sector RC, lo cual debe ser afrontado en conjunto con medidas de eficiencia energética.
- Analizar la posibilidad de evitar la precarga de **equipos que se exportan** y que utilicen HFC de alto PCG.

El impacto de las principales medidas de reducción de HFC se ilustran en la Figura 6.

Figura 6. Impacto de las principales medidas para reducir los HFC en México



Fuente: UNIDO (2019c, 2019d).

05 Capítulo

HOJA DE RUTA PARA REDUCIR LOS HFC

HOJA DE RUTA PARA REDUCIR LOS HFC

5.1 Metodología

La Hoja de Ruta se estructuró con el objetivo de obtener un diagnóstico del consumo de HFC entre los diversos sectores usuarios a nivel nacional, así como el marco regulatorio existente para la gestión de estas sustancias. También se abordó un análisis de las políticas y regulaciones para promover la eficiencia energética, así como una evaluación de las tecnologías disponibles comercialmente en México para el sector RAC.

Con base en lo anterior, se realizó una proyección del consumo de los diferentes HFC en cada sector y subsector para estimar la línea base de consumo acorde al calendario establecido en la Enmienda de Kigali. Conforme a las necesidades de transición a alternativas de bajo impacto climático, se priorizaron las acciones de política pública que tendrían que ejecutarse a corto, mediano y largo plazo, y se estableció la Hoja de Ruta con acciones específicas requeridas para cada sector. Por último, se llevó a cabo una consulta entre instancias de gobierno.

PASO 1. ANTECEDENTES

- Estudios preliminares
- Identificación de HFC consumidos en México
  - Identificación de HFC importados/consumidos y su cadena de suministro
  - Identificación de industrias usuarias
- Evaluación de las instituciones involucradas en la gestión de HFC en México
- Recopilación de informacion sobre asociaciones industriales, academia y especialistas

PASO 2. POLÍTICAS NACIONALES

- Regulaciones para el control de las sustancias del Protocolo de Montreal
  - Sistemas de cuotas y licencias para importación y exportación
  - Controles en aduanas
- Regulaciones para el control de gases de efecto invernadero
  - LGEEPA
  - LGCC
  - ENCC
  - PECC
  - NDC
- Estándares para el uso de HFC y alternativas
  - Eficiencia energética
  - Seguridad
  - Manejo y disposición final

PASO 3. RECOPILACIÓN DE DATOS Y ENCUESTAS

- Recopilación de datos
  - Registros de importación y exportación aduanales de 2012 a 2017
  - Registros de importación y exportación de distribuidores
  - Identificación de sectores y subsectors usuarios
  - Distribución del consumo sectorial para fabricación de equipos originales y servicios
- Encuestas
  - Diseño y aplicación de los cuestionarios para empresas
  - Entrevistas y visitas con la industria y distribuidores
  - Consulta con especialistas, oficiales de gobierno y academia

PASO 4. GESTIÓN DE DATOS

- Control de calidad
  - Cruce de informacion entre fuentes
  - Proceso de consulta interna y externa
  - Verificación con publicaciones nacionales e internacionales.

PASO 5. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

- Consideraciones
  - Tasa de crecimiento por HFC
  - Impacto de la implementación del HPMP
  - Crecimiento de la industria manufacturera
  - Producto interno bruto
  - Ampliación de la capacidad instalada de nuevas plantas manufactureras
  - Crecimiento de población

PASO 6. TRANSICIÓN A ESCENARIOS DE BAJO IMPACTO CLIMÁTICO

- Obligaciones de reducción
  - Identificación de alternativas por sector y subsector
  - Determinación de disponibilidad comercial y tecnológica
  - Análisis de escenarios para el cumplimiento de la EK

PASO 7. DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Revisión del estado del arte de tecnologías RAC
- Análisis de regulación y estándares de EE en México, Estados Unidos, Europa y Japón
- Comparación de los mejores estandartes y tecnologías disponibles en México y a nivel internacional

PASO 8. DISEÑO DE LA HOJA DE RUTA

- Priorización de sectores y sustancias con base en los puntos anteriores
- Identificación de intervenciones necesarias por sector y sustancia, y acciones prioritarias a corto (2019-2023), mediano (2024-2028) y largo plazo (2029-2045)
- Determinación de pilares de política pública necesarios para una implementación satisfactoria de la EK en México
- Consulta y validación de instancias gubernamentales
- Presentación nacional de la Hoja de Ruta

5.2 Pilares de política

Los pilares de la política pública sobre los que se sustentará la reducción del consumo de HFC en México durante las próximas décadas son: 1) regulación, 2) planeación estratégica, 3) implementación, y 4) reporte y verificación (Diagrama 7).

Regulación

Se realizará una serie de modificaciones al marco regulatorio vigente enfocadas en permitir que México cumpla con sus obligaciones ante el Protocolo de Montreal y la EK, incluyendo la implementación de sistemas de permisos y autorizaciones para la importación y exportación de HFC, así como la atribución de asignar cuotas de importación.

Por otra parte, se revisarán y actualizarán o crearán regulaciones y estándares que permitan una transición armónica hacia las alternativas de menor impacto climático, incluyendo los aspectos de seguridad en el manejo de refrigerantes inflamables y el fomento de la eficiencia energética en los diversos sectores RAC, así como las acciones de control de HFC en el marco de las políticas y los instrumentos de cambio climático con los que cuenta México.

Planeación estratégica

Se elaborará el Plan Nacional para la Reducción de HFC en México, en el cual participarán los actores involucrados en el control de estas sustancias, a partir de la presentación de esta Hoja de Ruta. La negociación de este plan ante el MLF del Protocolo de Montreal le permitirá a México acceder a financiamiento internacional para implementar las acciones de reducción del consumo de HFC

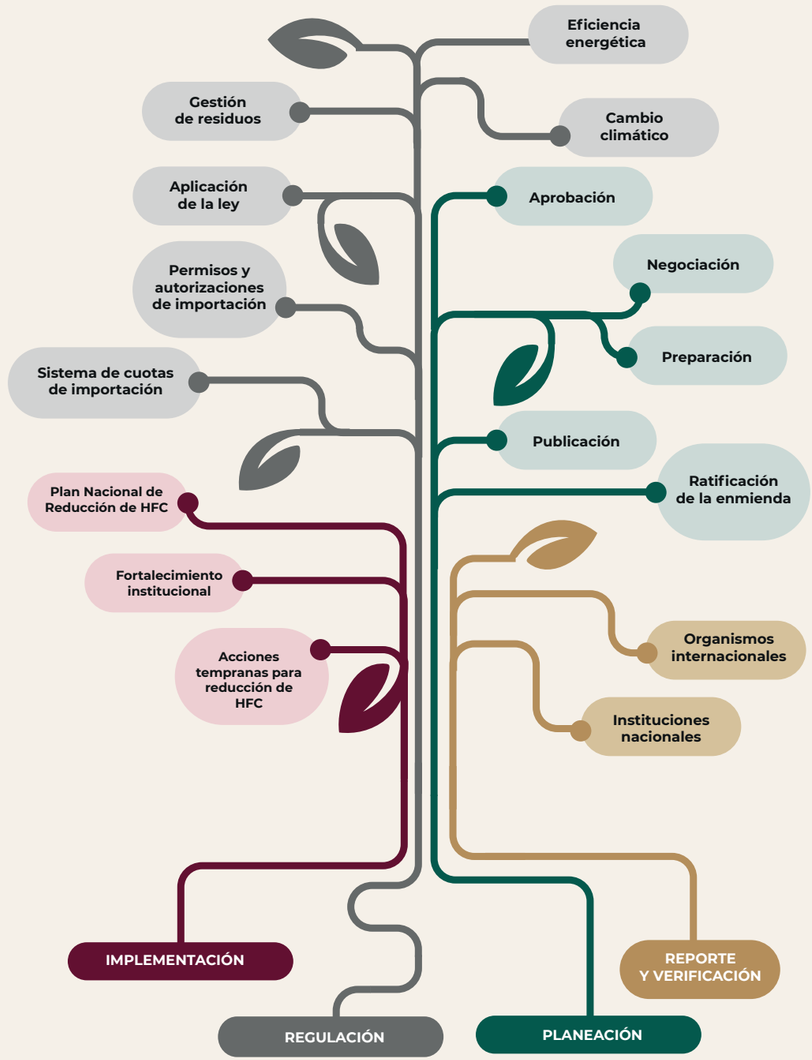
Implementación

Se ejecutarán acciones de fortalecimiento institucional para la creación de capacidades requeridas para la implementación de proyectos y programas para reducir el consumo de HFC, incluyendo la ejecución de acciones tempranas. La ejecución del plan se fundamentará en tres líneas de acción: 1) proyectos de conversión tecnológica y adopción de alternativas amigables con el clima, 2) asistencia técnica y capacitación para apoyar la adopción de alternativas, y 3) difusión de las actividades de reducción de HFC.

Reporte y verificación

La certificación de cumplimiento de los compromisos de México se llevará a cabo a partir del reporte y la verificación ante organismos internaciones e instituciones nacionales, a través de sus respectivas plataformas y mecanismos.

Las líneas de acción requeridas para la construcción de los cuatro pilares son detalladas en el Diagrama 8:



MISIÓN:

Transitar armónicamente hacia la adopción de alternativas de menor impacto climático, impulsando la modernización de la industria y a la creación de mejores empleos.

VISIÓN:

México ha logrado la meta de reducción de 80% de su consumo de HFC para 2045 de manera sostenible, eficiente y segura, contribuyendo al desarrollo de la región.

Diagrama 8. Pilares para la implementación de la Enmienda de Kigali en México

PILARES	ACCIONES	CORTO PLAZO (2019-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
REGULACIÓN	**Sistema de cuotas de importación**	• Modificar el RISEMARNAT para incluir los HFC como sustancias reguladas por el Protocolo de Montreal (PM) • Diseñar y publicar reglas de asignación de cuotas de importación de HFC	• Operar sistema de cuotas de importación de HFC	
	Permisos y autorizaciones de importación	• Incluir las fracciones arancelarias de los HFC en el marco del Acuerdo CICLOPLAFEST • Incluir las fracciones arancelarias de los HFC bajo el Acuerdo SEMARNAT (Ver sección 2)	• Aplicar sistema de permisos	
	Aplicación de la ley	• Incluir a los HFC como sustancias reguladas por el PM modificando el Art. 414 del Código Penal Federal	• Fortalecer capacidades de inspección de HFC de PGR y PROFEPA	
	Gestión de residuos	• Elaborar propuesta normativa para fortalecer el manejo y la disposición final ambientalmente responsables de HFC	• Impulsar la publicación de regulaciones	• Fomentar la aplicación de regulaciones
	Cambio climático	• Fomentar acciones de control de HFC en el marco de las políticas de cambio climático • Fomentar la regulación y control de equipos precargados. Revisar las fracciones arancelarias de importación y las alternativas de etiquetado		
	Eficiencia energética	• Impulsar normatividad y acciones que promuevan la eficiencia energética en el sector RAC residencial, comercial e industrial • Elaborar un plan nacional de enfriamiento eficiente que considere la evaluación de tecnologías, estándares mínimos, etiquetado, capacidades y viabilidad económica para el ahorro de energía		

PILARES	ACCIONES	CORTO PLAZO (2019-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
PLANEACIÓN ESTRATÉGICA	**Ratificación de la enmienda**	• Presentar a nivel nacional los compromisos establecidos con la EK (Hoja de Ruta para Implementar la EK en México		
	Preparación	• Preparar diagnóstico y hoja de ruta • Realizar reuniones de trabajo con sectores usuarios • Diseñar el Plan Nacional de Reducción de HFC en México		
	Negociación	• Someter y negociar el plan ante el comité ejecutivo del FM del PM		
	Aprobación	• Obtener financiamiento del MLF para la ejecución de la primera parte del plan	• Obtener financiamiento para partes subsecuentes del plan	
	Publicación		• Publicar el calendario de eliminación en el DOF	• Publicar enmiendas al calendario en el DOF
IMPLEMENTACIÓN	**Fortalecimiento institucional**	• Crear capacidades adicionales de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono (UPO) • Coordinación de la UPO con el Gobierno de México para el desarrollo de estudios y proyectos que conlleven al cumplimiento de los compromisos establecidos en el PM		

PILARES	ACCIONES	CORTO PLAZO (2019-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
IMPLEMENTACIÓN	**Acciones tempranas para reducción de HFC**	• Preparar diagnóstico sectorial y hoja de ruta		
		• Implementar proyectos piloto de conversión de líneas de producción en sector de refrigeración doméstica y comercial • Establecer programas piloto de eficiencia energética • Realizar estudio sobre ciclo de vida de refrigeradores y aires acondicionados • Elaborar propuesta de estrategia nacional de mitigación de HFC		
	Plan Nacional de Reducción de HFC		• Ejecutar proyectos de conversión tecnológica y adopción de alternativas amigables con el clima	
			• Brindar asistencia técnica y capacitación para la adopción de alternativas de menor impacto al clima	
			• Ejecutar proyectos de recuperación, reciclaje y destrucción de HFC	
			• Difundir las actividades de reducción de HFC	

PILARES	ACCIONES	CORTO PLAZO (2019-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
REPORTE Y VERIFICACIÓN	**Organismos internacionales**	• Presentar informe de país al MLF		
		• Presentar auditoría de verificación del consumo anual ante el MLF		
		• Presentar reporte de cumplimiento al secretariado de ozono de ONU Medio Ambiente		
	Instituciones nacionales	• Presentar reporte de consumo anual al BADESIARN de SEMARNAT		
		• Presentar inventario de emisiones de HFC ante el INECC		
		• Presentar reporte de indicadores ambientales al INEGI		

5.3 Acciones sectoriales

Con base en los análisis realizados, se describen las acciones identificadas como prioritarias a corto, mediano y largo plazo en cada sector usuario de HFC para su transición hacia la adopción de alternativas de menor impacto climático.

PRIORIZACIÓN DE ACCIONES	
Corto plazo	2019-2023
Mediano plazo	2024-2028
Largo plazo	2029-2945

TIPO DE USOS FINALES	
OEM / Nuevos	Fabricación de equipos originales (OEM) o Productos nuevos
Servicio / Carga inicial	Servicio (SER) o Carga inicial

CATEGORÍAS DE LAS ALTERNATIVAS DE MENOR PCG

- **HFO** — Hidrofluorolefinas (HFO) puras
- **HFOB ↓** — Mezclas de bajo PCG con base en HFO
- **HFC ↓** — HFC de menor PCG
- **CO_2** — Dióxido de carbono (CO_2) o R-744
- **HC** — Hidrocarburos (HC)
- **Otros** — Otros

Estatus: ▲ Disponible en México, ▸ Disponibilidad limitada, ▾ En desarrollo actual o próximo

5.3.1 Aire acondicionado estacionario

El sector AC es el **principal consumidor de HFC en México**, específicamente para la fabricación de equipo original. Las alternativas para los subsectores incluyen HFC de menor PCG (HFC-32, PCG:675), hidrocarburos (R-290, PCG: 4), mezclas de HFO de menor PCG y HFO puros (HFO-1234ze, PCG <1) en *chillers*, así como nuevos desarrollos, como los de fluoroiodocarbonos. Debido a su contribución al consumo de México, es indispensable promover la búsqueda de nuevas alternativas de menor PCG (<150) que le permitan al país cumplir con sus metas de reducción. La capacitación y certificación serán clave en la adopción de nuevas alternativas, así como el fomento de requerimientos de mayor eficiencia energética, junto con los programas de sustitución de equipos.

SECTOR	AIRE ACONDICIONADO	
SUBSECTORES	**HFC REDUCIDOS**	**ALTERNATIVAS DISPONIBLES**
Sistemas de ventana, divididos, de ductos, de paquete, VRF y chillers	R-410A, R-407C, HFC 134-a	HFC 32 ▲, HFOB ↓ ▸, Otros ▾, R-290 ▸, HFO ▸

Corto plazo	OEM	• Elaborar diagnóstico sobre la regulación para el manejo de refrigerantes inflamables en el sector
	SER	• Elaborar análisis técnico-económico sobre las alternativas de menor impacto climático
Mediano plazo	OEM	• Impulsar a mediano y largo plazo la conversión tecnológica de empresas multinacionales presentes en el país • Incentivar el desarrollo y la adopción de nuevas alternativas de menor PCG para el sector • Formular y ejecutar un proyecto piloto para la eliminación de R-410A en la fabricación de *chillers* de una empresa nacional
Largo plazo	SER	• Diseñar un programa de capacitación y certificación para técnicos de servicio del sector • Dotar de equipamiento a técnicos de servicio • Promover la aprobación y aplicación de regulaciones para el manejo de refrigerantes inflamables • Promover la implementación de programas masivos de sustitución de aires acondicionados ineficientes • Promover la regulación para el manejo de equipos al final de su vida útil
Eficiencia energética	EE	• Promover la aplicación y actualización de las normas de eficiencia energética para sistemas de aire acondicionado y sus respectivos sellos FIDE • Promover la creación de nuevos laboratorios de prueba para el sector • Fomentar la eficiencia energética en usos finales a través de mejores prácticas operativas en comercios e industrias

5.3.2 Refrigeración comercial

En el subsector de **equipos autocontenidos** de la RC, la principal alternativa disponible es la de los hidrocarburos, especialmente el propano o R-290 (PCG: 3), el cual de hecho ya se emplea hoy día en la fabricación de equipos nuevos. Debido a las características de inflamabilidad de este refrigerante (A3), las principales acciones a emprender redundan en el fortalecimiento de capacidades (entrenamiento, regulación y certificación) en el manejo de refrigerantes peligrosos.

SECTOR	REFRIGERACIÓN COMERCIAL	
SUBSECTORES	HFC REDUCIDOS	ALTERNATIVAS DISPONIBLES
Equipos Autocontenidos	HFC 134-a	R-290 ▲ R-744 ►

Corto plazo	OEM	• Implementar un proyecto de conversión de HFC-134a por R-290 en la fabricación de equipos autocontenidos en una empresa nacional • Formular un proyecto sombrilla con los fabricantes nacionales de equipos autocontenidos para eliminar el HFC-134a
	SER	• Implementar un proyecto de capacitación a técnicos del sector • Elaborar diagnóstico sobre la regulación para el manejo de refrigerantes inflamables en el sector, con énfasis en hidrocarburos • Evaluar la factibilidad de regular el manejo de equipos al final de su vida útil en esquemas de responsabilidad extendida del productor • Implementar proyecto piloto para la sustitución de 8,000 equipos autocontenidos
Mediano plazo Largo plazo	OEM	• Ampliar los programas de capacitación a técnicos de servicio a nivel nacional • Dotar de equipamiento a técnicos de servicio
	SER	• Promover la aprobación y aplicación de regulaciones para el manejo de refrigerantes inflamables, con énfasis en hidrocarburos • Promover la implementación de programas masivos de sustitución de equipos ineficientes • Promover la regulación para el manejo de equipos al final de su vida útil • Fortalecer la Red de Centros de Recuperación y Reciclado de HFC
Eficiencia energética	EE	• Promover la aplicación de la NOM-022-ENER/SCFI-2014 y su actualización a mediano y largo plazo • Promover la actualización de requerimientos del sello FIDE 4117

En los subsectores de **unidades condensadoras y sistemas centralizados** de supermercados de RC, existen diversas alternativas de menor PCG que podrían adoptarse, entre las que destacan las mezclas con HFO de menor PCG ya disponibles comercialmente, sistemas transcríticos y en cascada de CO_2 (R-744; PCG: 1), y sistemas directos e indirectos con hidrocarburos. La minimización de fugas y los aspectos de eficiencia energética son cruciales para una transición exitosa. No obstante, es indispensable impulsar la profesionalización del sector, así como visibilizar los beneficios de una transición temprana.

SECTOR	REFRIGERACIÓN COMERCIAL	
SUBSECTORES	HFC REDUCIDOS	ALTERNATIVAS DISPONIBLES
Unidades condensadoras y sistemas centralizados	R-404A R-507A	HFOB ↓ R-744 ▲ HC ►

Corto plazo	OEM	• Preparar un taller de difusión entre fabricantes y contratistas sobre el uso de alternativas de menor impacto climático
	SER	• Impulsar proyectos piloto con alternativas y difundir sus beneficios • Incentivar la reducción de fugas en el sector y promover la norma de verificación de emisiones de GEI en relación con el Registro Nacional de Emisiones
Mediano plazo Largo plazo	OEM	• Promover el uso de alternativas de menor impacto climático entre usuarios finales
	SER	• Diseñar y ejecutar un proyecto demostrativo para supermercados • Diseñar e implementar un programa de capacitación y equipamiento de técnicos de servicio • Promover el adecuado manejo de HFC en servicio • Diseñar e implementar un programa piloto para destrucción de HFC
Eficiencia energética	EE	• Impulsar la publicación y aplicación de la NOM-012-ENER, así como la revisión del alcance de los refrigerantes incluidos • A corto plazo, elaborar la Hoja de Ruta de eficiencia energética para el sector comercial • Promover la creación de laboratorios nacionales de prueba para unidades condensadoras • Fomentar la creación de un sello FIDE para unidades condensadoras y evaporadoras • Realizar un diagnóstico para caracterizar los sistemas del sector y, a mediano plazo, promover la creación de un inventario nacional de instalaciones

5.3.3 Aire acondicionado automotriz

En **MAC**, la alternativa HFO-1234yf (PCG <1) se encuentra plenamente disponible y su uso en la fabricación de vehículos nuevos se incrementa de manera gradual. Las acciones que México requiere en este sector se centran en el impulso de la sustitución del HFC-134a en los vehículos nuevos que se venden en el país, así como la capacitación y el equipamiento de técnicos de servicio para la utilización de la nueva alternativa, que es ligeramente inflamable (A2L).

SECTOR		AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ	
SUBSECTORES		HFC REDUCIDOS	ALTERNATIVAS DISPONIBLES
Vehículos ligeros Vehiculos pesados		HFC 134-a	HFO-1234yf ▲ HFC-152a R-744 ▶
Corto plazo	OEM SER	• Impulsar la aprobación del PROYECTO NOM-163-SEMARNAT-ENER-SC-FI-2013 sobre emisiones de CO_2 en vehículos ligeros en lo que respecta a los refrigerantes utilizados • Formular un programa de capacitación y equipamiento de técnicos de servicio (recuperación, reciclado y reuso de refrigerantes)	
Mediano plazo	SER	• Implementar programa de capacitación a nivel nacional • Dotar de equipamiento a técnicos de servicio del sector • Fortalecer la Red de Centros de Recuperación y Reciclado de HFC	
Largo plazo			

5.3.4 Espumas

En el sector **Esp**, los únicos HFC que se siguen utilizando de manera significativa son el HFC-245fa y el HFC-365mfc, para la fabricación de **espumas rígidas de PU**, además del HCFC-141b, que se utiliza en una fracción de la producción de aislantes en refrigeración doméstica. Hoy día ya se utilizan de manera extensiva diversas alternativas de menor PCG, entre las que destacan los hidrocarburos, como el ciclopentano (PCG: 5). La expectativa es que las casas de sistemas que aún no han eliminado estos HFC migren a hidrocarburos a corto y mediano plazo, con excepción de las aplicaciones que requieran un elevado aislamiento térmico, donde predomine el uso de HFO puros, como el HFO-1234ze (PCG<1). México podrá brindar asistencia técnica y financiera a las empresas nacionales a través del MLF.

SECTOR		ESPUMAS	
SUBSECTORES		HFC REDUCIDOS	ALTERNATIVAS DISPONIBLES
Espumas rígidas de PU		HFC 245fa HFC-365mfc	HC HFO ▲
Corto plazo	NUEVO	• Formular un proyecto para eliminar el HFC-245fa y el HFC-365mfc de las casas de sistemas nacionales	
Mediano plazo	NUEVO	• Implementar el proyecto para eliminar el HFC-245fa y el HFC-365mfc de las casas de sistemas nacionales	
Largo plazo			

5.3.5 Refrigeración doméstica

En la **RD**, la alternativa principal es el isobutano, o R-600a (PCG: 4), prevista para adoptarse a corto y mediano plazo. Se encuentra plenamente disponible para la fabricación de equipos nuevos y servicios, y ofrece en general un óptimo desempeño. La única desventaja es su alta inflamabilidad (A3), por lo que las acciones más importantes que México requiere se centran en el fortalecimiento de capacidades (entrenamiento, regulación y certificación) en el manejo de refrigerantes inflamables. Debido a que México es uno de los principales fabricantes a nivel mundial, también se deberá impulsar la conversión tecnológica de empresas nacionales y multinacionales, mediante mecanismos específicos.

SECTOR	REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	
SUBSECTORES	**HFC REDUCIDOS**	**ALTERNATIVAS DISPONIBLES**
Refrigeradores domésticos	HFC 134-a	R-600a ▲ HFO 1234yf ▶
Corto plazo	OEM SER	• Implementar un proyecto de conversión de HFC-134a por R-600a para la fabricación de equipos nuevos en una empresa nacional • Impulsar la conversión tecnológica de empresas multinacionales presentes en el país • Implementar un proyecto de capacitación a técnicos de servicio del sector • Elaborar diagnóstico sobre la regulación para el manejo de refrigerantes inflamables en el sector • Estimular la ejecución de programas piloto de sustitución de refrigeradores ineficientes • Evaluar la factibilidad de regular el manejo de equipos al final de su vida útil en esquemas de responsabilidad extendida del productor
Mediano plazo	OEM SER	• Continuar el impulso en la conversión tecnológica de multinacionales • Ampliar los programas de capacitación a técnicos de servicio a nivel nacional • Dotar de equipamiento a técnicos de servicio • Promover la aprobación y aplicación de regulaciones para el manejo de refrigerantes inflamables • Promover la implementación de programas masivos de sustitución de refrigeradores ineficientes • Promover la regulación para el manejo de equipos al final de su vida útil • Fortalecer la Red de Centros de Recuperación y Reciclado de HFC
Largo plazo		
Eficiencia energética	EE	• Promover la aplicación de la NOM-015-ENER-2018 y su actualización a mediano y largo plazo • Promover la actualización de requerimientos del sello FIDE 4111

5.3.6 Otros sectores RAC (Transporte refrigerado y Refrigeración industrial)

Los sectores de TR y RI tienen una participación relativamente menor que el resto de los sectores RAC; no obstante, son cruciales en la cadena de frío para productos de consumo. En **TR**, su transición se basa sobre todo en la sustitución de R-404A por algún tipo de mezcla con HFO de bajo PCG, como el R-452A, a pesar de su PCG (1945), aunque se podrían esperar sustancias de menor impacto climático a mediano y largo plazo. En el caso de **RI**, aunque la mayor parte ya se basa en alternativas naturales, como el R-744 y R-717, los *chillers* de proceso que utilizan en su mayoría HFC-134a podrían transitar hacia sistemas que utilizan HFO puros de nulo PCG, que ya existen comercialmente. Se espera también que diversos arreglos directos e indirectos con base en R-744, R-717 e hidrocarburos se incorporen, a fin de reducir cargas de amoniaco, el cual es tóxico, y contar con instalaciones más seguras y con mejor desempeño energético.

SECTORES Y SUBSECTORES	TRANSPORTE REFRIGERADO Y REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL	
	HFC REDUCIDOS	**ALTERNATIVAS DISPONIBLES**
Transporte refrigerado Refrigeración industrial	R-404A HFC 134-a	HFOB ↓ ▲ R-744 ▶ R-717 ▲ R-744 ▶ HFO ▲ HC ▶
Corto plazo	OEM SER	• Preparar un taller de difusión entre fabricantes y contratistas sobre el uso de alternativas de menor impacto climático • Impulsar proyectos piloto en la industria con alternativas y difundir sus beneficios • Incentivar la reducción de fugas en el sector industrial y promover la norma de verificación de emisiones de GEI en relación con el Registro Nacional de Emisiones
Mediano plazo	OEM SER	• Promover el uso de alternativas de menor impacto climático entre usuarios de la cadena de frío • Diseñar e implementar un programa de capacitación y equipamiento de técnicos de servicio • Promover el adecuado manejo de HFC en servicio • Diseñar e implementar un programa piloto para destrucción de HFC
Largo plazo		
Eficiencia energética	EE	• Impulsar la aplicación de buenas prácticas para el ahorro de energía en la industria • Impulsar la implementación de sistemas de gestión de la energía

5.3.7 Aerosoles, solventes y extintores de fuego

Entre los sectores en los que se utilizan los HFC como propelente, el principal es el de los productos en **aerosol** (técnicos, domésticos y farmacéuticos). Para los aerosoles **técnicos**, la tendencia es que introduzcan el HFO-1234ze (PCG<1), con la posibilidad de que algunos adopten el HFC-152a (PCG: 124). En los aerosoles **domésticos**, que ya utilizan hidrocarburos en gran proporción, la tendencia se mantendría. Para los **MDI**, aunque existen alternativas como los dosificadores en polvo, se plantea asegurar a largo plazo el consumo de HFC-134a de grado farmacéutico dentro de las cuotas que México otorgue. Los sectores **Sol y Ext** tienen un bajo consumo de HFC y existen alternativas como los hidrofluoréteres (HFE) y el FK 5-1-12, respectivamente, que México podría adoptar a largo plazo, dado que por ahora su eliminación no es prioritaria.

SECTORES Y SUBSECTORES	AEROSOLES, SOLVENTES Y EXTINTORES	
	HFC REDUCIDOS	ALTERNATIVAS DISPONIBLES
Sector aerosoles: • Técnicos • Domésticos • MDI Sector solventes Sector extintores	HFC 134-a, HFC 152-a, HFC 365mfm, HFC-43 10me, HFC-125, HFC-227ea	HC, HFO ▲, R-717 ►, R-717 ►
Mediano plazo NUEVO	• Elaborar diagnóstico sobre alternativas para el HFC-134a como propelente • Elaborar diagnóstico sobre el impacto del HFC-152a en el consumo nacional de HFC	
Largo plazo	• Emprender acciones de soporte para reducir el consumo de HFC-134a • Emprender acciones de soporte para reducir el consumo de HFC-152a	

5.3.8 Emisiones de HFC-23 en la producción de HCFC-22

México cuenta con una planta de manufactura de HCFC-22, cuya producción fue de 6,000 toneladas en 2017. En dicho proceso se genera HFC-23 (PCG: 14,000) como subproducto. Como parte de la Enmienda de Kigali, México se ha comprometido a controlar las emisiones de este gas a corto plazo. Actualmente, se están analizando los métodos más eficaces para su control (UNIDO, 2018h).

SECTOR	HFC-23	
	HFC REDUCIDOS	ALTERNATIVAS DISPONIBLES
	HFC-23	Control de emisiones de HFC-23
Corto plazo		• Elaborar un diagnóstico de las alternativas para controlar las emisiones de HFC-23 • Diseñar y ejecutar el proyecto para el control de las emisiones de HFC-23 • Monitorear y verificar la destrucción de HFC-23
Mediano plazo		• Monitorear y verificar la destrucción de HFC-23
Largo plazo		

REFERENCIAS

AMIA (2017). Estadísticas de producción total y ventas al público.

INECC (2018). Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 2015.

INEGI (2018). Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI).

MOP28 (2016). Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal.

OCE (2017). Observatorio de Complejidad Económica. Disponible en: www.atlas.media.mit.edu/en/.

PROYECTO de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 (DOF, 28-09-2018).

Secretaría de Economía (2015). La industria de electrodomésticos en México.

UNIDO (2017). Demonstration project for disposal of unwanted ODS in Mexico.

UNIDO (2018a). Enabling activities for HFC phase-down in Mexico. Refrigerators and air conditioners. Standards and technologies. Part 1.

UNIDO (2018b). Enabling activities for HFC phase-down in Mexico. Refrigerators and air conditioners. Standards and technologies. Part 2.

UNIDO (2018c). Requirements to control the emissions of HFC-23 as by product in Mexico.

UNIDO (2019a). Análisis regulatorio de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal.

UNIDO (2019b). Propuesta de modificación al marco regulatorio para implementar la EK en México.

UNIDO (2019c). Updated survey on the HFC consumption in Mexico and calculation of demand towards 2045.

UNIDO (2019d). Assessment report on the impact of HCFC phase out in the growing consumption market of HFCs and other ODS alternatives in México.

UNIDO (2019e). Analysis on current status and potential HFC alternatives in Mexico.

Xu et al. (2013). The role on HFCs in mitigating 21st century climate change. Atmospheric Chemistry and Physics, 13, 6083-6089.

AGRADECIMIENTOS

La **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** reconoce la participación las distintas dependencias del Gobierno Federal que participaron en el desarrollo de la Hoja de Ruta para Implementar la Enmienda de Kigali en México:

- Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental -SEMARNAT
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente - SEMARNAT
- Subsecretaria de Industria y Comercio - SE
- Administración General de Aduanas - SHCP
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios - SALUD
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático - SEMARNAT
- Unidad Coordinadora de Asuntos Jurídicos - SEMARNAT
- Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y RETC - SEMARNAT
- Dirección General Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas - SEMARNAT
- Comunicación Social - SEMARNAT
- Unidad de Protección a la Capa de Ozono

Se agradece también especialmente a las Agencias Internacionales y de Cooperación y Asociaciones Industriales las cuales contribuyeron con la realización de este documento:

- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - ONUDI
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente
- Agencia de Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ
- Asociación Nacional de Fabricantes de la Industria de la Refrigeración - ANFIR
- Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales, A.C. - ANTAD
- Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos A.C. - ANFAD
- Clúster de Electrodomésticos del Estado de Nuevo León - CLELAC

Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol

ONUDI
ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

ONU medio ambiente
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

La Hoja de Ruta fue elaborada con financiamiento del Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal en el marco de las actividades de apoyo para ejecutar la EK, a través de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y ONU Medio Ambiente.

ENMIENDA DE KIGALI MÉXICO
COMPROMETIDOS POR TU BIENESTAR Y EL DEL PLANETA

GOBIERNO DE
MÉXICO

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES