

Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016)



Como empresa federal, la GIZ asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por:

Cool Contributions fighting Climate Change (C4) Project
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
en nombre del Ministerio Federal Alemán del Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU)

Domicilios de la Sociedad
Bonn y Eschborn, Alemania

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Alemania
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Alemania
T +49 (0) 6196 79 - 4218
F +49 (0) 6196 79 - 804218

proklima@giz.de
www.giz.de/proklima

Denominación del programa/proyecto:

Cool Contributions fighting Climate Change (C4)/ Proklima

En cooperación con:

Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Costa Rica

Responsable:

Philipp Munzinger, C4 Project Manager (GIZ Proklima)

Autores:

Jascha Moie (HEAT GmbH)

Recopilación de datos:

Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR)

Revisión:

Philipp Denzinger, Philipp Munzinger, Leon Becker, Luisa Arroyave (GIZ), Dietram Oppelt (HEAT GmbH), Pilar Alfaro Monge, Jose Alberto Rodríguez Ledezma, Rodolfo Elizondo Hernández (DIGECA, MINAE), Kendal Blanco Salas (IMN, MINAE), Kathia Aguilar (DCC, MINAE), Say-Lheng Solera (SEPSE, MINAE), Carolina Flores Valle (DE, MINAE)

Fotografías/fuentes:

© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi

Editor/Diseño:

Jeanette Geppert pixelundpunkt kommunikation, Frankfurt

Referencias a URL:

La presente publicación contiene referencias a páginas web externas. Los contenidos de las páginas externas mencionadas son responsabilidad exclusiva del respectivo proveedor. Al incluir una referencia por primera vez, la GIZ ha comprobado que los contenidos ajenos no den lugar a eventuales responsabilidades civiles o penales. Sin embargo, no puede esperarse un control permanente de los contenidos de las referencias a páginas externas sin que existan indicios concretos de una infracción de índole legal. Cuando la GIZ constate o sea informada por terceros que una página externa a la que ha remitido da lugar a responsabilidades civiles o penales, eliminará de inmediato la referencia a dicha página. La GIZ se distancia expresamente de tales contenidos.

Por encargo de:

The German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety
Division KI II 7 International Climate Finance, International Climate Initiative
11055 Berlin, Germany
T +49 30 18 305-0
F +49 30 18 305-43 75

La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.

Impreso y distribuido por GIZ

2019 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Impreso en papel 100% reciclado, con certificación FSC.

Fecha y lugar de publicación

Mayo 2019, San José, Costa Rica

PRÓLOGO

Los retos ambientales vinculados a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, nos plantean como país y región grandes desafíos, para los cuales el contar con la información precisa para la toma de decisiones es fundamental.

Específicamente, la implementación del Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias que agotan el ozono (SAO) y que a su vez producen calentamiento global, ha evidenciado la necesidad de disponer de información que ayude a los países en desarrollo a identificar cuáles son los subsectores que más emisiones generan y donde se pueden encontrar los mayores potenciales de mitigación.

En este sentido, el aporte del presente Inventario de Gases de Efecto Invernadero asociado al sector de Refrigeración y Aire Acondicionado (RAC) para Costa Rica (2012-2016), constituye un instrumento muy valioso para perfilar e impulsar el uso de alternativas que permitan cumplir con los compromisos adquiridos por el país en esta materia,

Los hidrofluorocarbonos (HFC) han sido utilizados por varias décadas en sistemas de refrigeración, aires acondicionados y espumas como alternativas a las sustancias agotadoras de ozono, ignorando su potencial efecto sobre el clima. De acuerdo a las proyecciones mundiales, que dieron origen a la enmienda de Kigali, acordada en el marco de la 28ª Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal, si no logramos un cambio en los patrones de producción y consumo de estas sustancias, su utilización continuará incrementándose de manera exponencial en los años venideros.

La adopción de esta enmienda, la cual pretende eliminar gradualmente el uso de los HFC, contribuirá al cumplimiento de las metas establecidas en el Acuerdo de París, donde se propone mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de 2°C, esforzándonos por lograr que no sea superior a 1.5°C.

Es fundamental adoptar medidas urgentes para combatir los efectos del cambio climático, según lo establece la nueva Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Este inventario constituye un insumo muy importante para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones que se ha planteado el país, dónde el sector RAC representa aproximadamente un 12% de las emisiones nacionales para el año 2012, y es para nosotros como Ministerio de Ambiente y Energía una gran satisfacción poder compartirlo, en especial con el sector importador y comercializador de refrigerantes y equipos RAC, con quienes tenemos una larga trayectoria de trabajo conjunto. Nuestro agradecimiento a la Cooperación Alemana, y al proyecto "Contribuciones frescas para combatir el Cambio Climático", los cuales nos permitieron llevar a cabo este inventario.

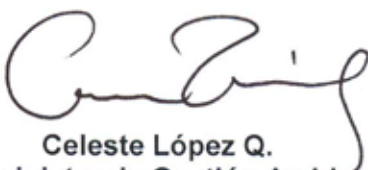

Celeste López Q.
Viceministra de Gestión Ambiental



TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE ABREVIATURAS	8
AGRADECIMIENTOS	10
RESUMEN	11
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Marco del proyecto	16
1.2 Importancia y beneficios de los inventarios del sector RAC	17
1.3 Factores que influyen en el crecimiento de los equipos de RAC	18
1.4 El sector de refrigeración y aire acondicionado en Costa Rica	20
1.5 Producción y consumo de energía	22
1.6 Partes interesadas del sector RAC	24
1.7 Red legislativa y política relacionada con RAC	25
1.7.1 Política energética	25
1.7.2 Políticas climáticas relacionadas con el sector RAC, Protocolo de Montreal/CMNUCC	26
2. ALCANCE DEL INVENTARIO	28
2.1 Metodología	29
2.2 Proceso de recopilación de datos	30
2.3 Parámetros de modelado	32
3. RESULTADOS	38
3.1 Análisis de datos de ventas y existencias por subsector	38
3.1.1 Datos de ventas y stock de aire acondicionado unitario	38
3.1.2 Datos de ventas y stock de los chillers	40
3.1.3 Datos de sistemas móviles de aire acondicionado	41
3.1.4 Datos de ventas y stock de la refrigeración doméstica	42
3.1.5 Datos de ventas y stock de la refrigeración comercial	43
3.1.6 Datos de ventas y stock de la refrigeración industrial	44
3.1.7 Datos de transporte refrigerado	45
3.2 Emisiones BAU y proyecciones en el sector RAC	46

3.3	Tecnologías alternativas	49
3.3.1	Perspectiva general de la eficiencia energética y los refrigerantes en un escenario BAU	49
3.3.2	Transición a tecnologías RAC de alta eficiencia energética	49
3.3.3	Transición a refrigerantes de bajo PCG	50
3.3.4	Sistemas de aire acondicionado unitario de bajo PCG	50
3.3.5	Chillers de bajo PCG – Chillers de A/A, de procesos y comerciales	52
3.3.6	Refrigeración – Sistemas domésticos y comerciales autónomos y unidades de condensación comerciales	53
3.3.7	Refrigeración – Sistemas de transporte refrigerado	53
3.3.8	Sistemas móviles de aire acondicionado (MAC)	54
3.4	Escenario de mitigación de emisiones para el sector RAC costarricense	55
3.4.1	Consumo de energía	56
3.4.2	Mitigación de emisiones de GEI	57
3.4.3	Uso de refrigerantes de bajo PCG	58
3.4.4	Potencial de mitigación de emisiones en el subsector de aire acondicionado unitario	60
3.4.5	Potencial de mitigación de emisiones para los chillers	60
3.4.6	Potencial de mitigación de emisiones de los sistemas móviles de aire acondicionado	60
3.4.7	Potencial de mitigación de emisiones de la refrigeración doméstica	61
3.4.8	Potencial de mitigación de emisiones de refrigeración comercial	62
3.4.9	Potencial de mitigación de emisiones de refrigeración industrial	63
3.4.10	Potencial de mitigación de las emisiones del transporte refrigerado	63
3.4.11	Potencial de mitigación de emisiones de los GEI y de energía	64
3.5	Conclusión	66
4	REFERENCIAS	67
5	ANEXO	68
5.1	Definiciones de subsectores	68
5.2	Datos de importación del inventario	70
5.3	Parámetros de modelado aplicados y resultados de cálculos del modelo	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Emisiones directas e indirectas del sector RAC, años 2012-2016	12
Figura 2: Escenarios BAU y MIT para las emisiones anuales de Sector RAC	12
Figura 3: Escenario BAU para emisiones de GEI en el sector RAC proyectado hasta 2050	13
Figura 4: Escenario MIT proyectado para emisiones de los GEI en el sector RAC hasta 2050	13
Figura 5: Escenarios BAU y MIT relacionados con el consumo de los HFC según el calendario de Kigali	14
Figura 6: Oferta de energía de Costa Rica por fuentes, año 2015. Fuente: SEPSE, Balances energéticos nacionales	22
Figura 7: Consumo final de energía de Costa Rica por sector, año 2015. Fuente: SEPSE, Balances energéticos nacionales	23
Figura 8: Métodos para estimaciones de emisiones de GEI relevantes para el sector RAC y espumas (Munzinger et al., 2016)	29
Figura 9: Perspectiva general de la demanda de refrigerante de RAC comparada con las emisiones totales de RAC (Munzinger et al., 2016)	30
Figura 10: Equipos de A/A unitario importados (2010-2016, arriba) y las unidades de Stock (2010-2050, abajo)	39
Figura 11: Chillers importados (2010-2016, arriba) y las unidades de Stock (2010-2050, abajo)	40
Figura 12: Importaciones (2010-2016, arriba) y las unidades de stock (2010-2050, abajo) en el subsector de sistemas móviles de aire acondicionado (MAC)	41
Figura 13: Equipos de refrigeración doméstica importados (2010-2016, arriba) y las unidades de Stock (2010-2050, abajo)	42
Figura 14: Equipos de refrigeración comercial importados (2010-2016, arriba) y las unidades de Stock (2010-2050, abajo)	43
Figura 15: Equipos de refrigeración industrial importados (2010-2016, arriba) y las unidades de Stock (2010-2050, abajo)	44
Figura 16: Equipos importados (2010-2016, arriba) y las unidades de Stock (2010-2050, abajo) del sector de transporte refrigerado	45
Figura 17: Emisiones directas e indirectas (distinguidas entre sistemas móviles y estacionarios de RAC), años 2012-2016	46
Figura 18: Total de emisiones de GEI del sector RAC costarricense por subsector en 2015	47
Figura 19: Emisiones directas del sector RAC costarricense por subsector en 2015	47
Figura 20: Emisiones indirectas del sector RAC costarricense por subsector en 2015	47
Figura 21: Línea base (BAU) proyectada para las emisiones de los GEI en el sector RAC hasta 2050	48
Figura 22: Línea base (BAU) proyectada para las emisiones de los GEI en el sector RAC hasta 2050 sin los subsectores MAC y transporte refrigerado	48
Figura 23: Total de emisiones anuales del sector RAC, escenarios línea base (BAU) y mitigación (MIT)	55
Figura 24: Línea base (BAU) del consumo energético proyectado en el sector RAC, años 2010-2050	56
Figura 25: Escenario de mitigación (MIT) del consumo energético proyectado en el sector RAC, años 2010-2050	57
Figura 26: Escenario de mitigación (MIT) proyectado para las emisiones de los GEI en el sector RAC hasta 2050	57
Figura 27: Escenario de mitigación (MIT) proyectado para las emisiones de los GEI en el sector RAC hasta 2050 sin los subsectores MAC y transporte refrigerado	58
Figura 28: Escenarios de BAU y mitigación (MIT) del consumo de los HFC según el calendario de Kigali	59
Figura 29: Emisiones de GEI proyectadas para el aire acondicionado unitario, años 2010-2050	60
Figura 30: Emisiones de GEI proyectadas para el subsector de los chillers, años 2010-2050	61
Figura 31: Emisiones de GEI proyectadas para los sistemas móviles de A/A, años 2010-2050	61
Figura 32: Emisiones de GEI proyectadas para la refrigeración doméstica, años 2010-2050	62
Figura 33: Emisiones de GEI proyectadas para la refrigeración comercial, años 2010-2050	62
Figura 34: Emisiones de GEI proyectadas para la refrigeración industrial, años 2010-2050	63
Figura 35: Emisiones de GEI proyectadas para el transporte refrigerado, años 2010-2050	63
Figura 36: Potencial acumulado de mitigación de emisiones directas por subsector hasta 2050	64
Figura 37: Potencial acumulado de mitigación de emisiones indirectas por subsector hasta 2050	65
Figura 38: Potencial acumulado de ahorro de energía por subsector hasta 2050	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Datos estadísticos de Costa RicaFuente: INEC, 2019	19
Tabla 2:	Emisiones de RAC per cápita de Costa Rica para 2015 y 2050; datos de emisiones provenientes del inventario RAC	19
Tabla 3:	Resumen de las instituciones relevantes para el sector RAC	24
Tabla 4:	Subsectores de RAC y sistemas relacionados	28
Tabla 5:	Parámetros de modelado para escenario BAU (valores predeterminados marcados con " * ")	33
Tabla 6:	Parámetros de la relación de eficiencia energética (REE) para el escenario BAU (importaciones)	34
Tabla 7:	Parámetros de eficiencia energética (REE) para el escenario de mitigación (MIT) (ventas/importaciones)	35
Tabla 8:	Tasas anuales de crecimiento futuro para las ventas de equipos RAC	37
Tabla 9:	Lista de los HFC y las eficiencias energéticas comunes para Costa Rica en los subsectores RAC	49
Tabla 10:	Equipos de aire acondicionado actuales y de buenas prácticas (Fuente: HEAT GmbH)	51
Tabla 11:	Tecnología de chillers actuales y de buenas prácticas (Fuente: HEAT GmbH)	52
Tabla 12:	Equipos de refrigeración estacionaria actuales y de buenas prácticas (Fuente: HEAT GmbH)	53
Tabla 13:	Unidades de transporte refrigerado actuales y de buenas prácticas (Fuente: HEAT GmbH)	54
Tabla 14:	Sistemas móviles de A/A actuales y de buenas prácticas (Fuente: HEAT GmbH)	54
Tabla 15:	Clasificación de los subsectores de aire acondicionado y sus tipos de equipos	68
Tabla 16:	Clasificación de los subsectores de refrigeración y sus tipos de equipos	69
Tabla 17:	Totales de equipos de RAC importados en los años 2012-2016 (datos de cuestionarios)	70
Tabla 18:	Totales de equipos de RAC importados en los años 2012-2016 (datos de aduana)	71
Tabla 19:	Datos de stock estimados para equipos RAC para los años 2010-2016	71
Tabla 20:	Promedios de los índices de eficiencia energética estimados en las importaciones de equipos para el escenario Business as Usual	72
Tabla 21:	Promedios de los índices de eficiencia energética estimados en las importaciones de equipos para el escenario de mitigación Ref + EE	73
Tabla 22:	Distribución de los refrigerantes en la importación para el escenario BAU	74
Tabla 23:	Distribución de los refrigerantes en la importación para el escenario MIT	77
Tabla 24:	Cifras de importación calculadas	80
Tabla 25:	Stock calculado	81

LISTA DE ABREVIATURAS

A/A	Aire Acondicionado
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, refrigeración y Aire Acondicionado (por sus siglas en inglés)
BAU	Escenario de "Aquí no pasa nada"/línea base (por sus siglas en inglés: <i>Business-as-Usual</i>)
BMU	Ministerio Federal Alemán del Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (por sus siglas en alemán)
BTU/H	Unidad Térmica Británica por hora, usada como alternativa al kW (1 kW = 3412.12 BTU/h)
C4	Contribuciones Frescas Contra el Cambio Climático (inglés: <i>Cool Contributions fighting Climate Change</i>)
CFC	Clorofluorocarbonos
CICR	Cámara de Industrias de Costa Rica
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂ EQ	Equivalente del Dióxido de Carbono (referente a las emisiones)
DCC	Dirección de Cambio Climático
DIGECA	Dirección de Gestión de Calidad Ambiental
EE	Eficiencia Energética
REE	Relación de Eficiencia Energética
REP	Responsabilidad Extendida del Productor
GAM	Gran Área Metropolitana (Valle Central de San José)
GCI	Iniciativa de Enfriamiento Verde (<i>Green Cooling Initiative</i>)
GEF	Factor de Emisión de la Red Eléctrica (por sus siglas en inglés)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
HEAT	HEAT GmbH (Habitat, Application and Technology)
HPMP	Plan de Gestión de Eliminación Gradual de los HCFC (por sus siglas en inglés)
HC	Hidrocarburos
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
HFO	HFC insaturados o Hidrofluoroolefinas
IEA	Agencia Internacional de la Energía
IIAR	Instituto Internacional de Refrigeración con Amoníaco (por sus siglas en inglés)
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IKI	Iniciativa Internacional sobre el Clima
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje

INS	Instituto Nacional del Seguro
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
KW	Kilovatio (1 kW = 3412.12 BTU/h)
MAC	Sistemas Móviles de Aire Acondicionado (por sus siglas en inglés: <i>Mobile Air Conditioning</i>)
MEPS	Estándar Mínimo de Rendimiento Energético (por sus siglas en inglés: <i>Minimum Energy Performance Standard</i>)
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MIT	Mitigación
MLF	Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal
MRV	Medición, Reporte y Verificación
MT	Megatoneladas
MW	Megavatios
NAMA	Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (por sus siglas en inglés: <i>Nationally Appropriate Mitigation Action</i>)
NDC	Contribuciones Determinadas Nacionalmente (por sus siglas en inglés)
PEN	Plan de Eliminación Nacional
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OTO	Oficina Técnica de Ozono
PAO	Potencial de Agotamiento de Ozono
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RAC	Refrigeración y Aire Acondicionado (por sus siglas en inglés)
REF	Refrigerante
REFR.	Refrigeración
REFRIGERACIÓN	Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono
SAO	Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono
SREE	Relación de Eficiencia Energética Estacional
SEPSE	Secretaría de Planificación del Subsector de Energía
TPES	Suministro Total de Energía Primaria (por sus siglas en inglés)
TWH	Teravatiohoras
UAC	Aire Acondicionado Unitario (por sus siglas en inglés: <i>Unitary Air Conditioning</i>)
UE	Unión Europea

Este informe es el resultado de un proceso exhaustivo de recopilación y evaluación de datos que se llevó a cabo desde septiembre de 2017 dentro del proyecto "Contribuciones Frescas Contra el Cambio Climático (C4)", implementado por Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y financiado por el Ministerio Federal de Alemania de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) en el marco de la Iniciativa Internacional sobre el Clima (IKI).

El inventario de gases de efecto invernadero (INGEI) proporciona un perfil detallado de las emisiones de GEI resultantes de la refrigeración y el aire acondicionado (RAC, por sus siglas en inglés) en Costa Rica y puede servir como base para un mayor desarrollo de las medidas de reducción de emisiones en el sector de RAC como contribución a los objetivos climáticos de Costa Rica. Los resultados de este inventario sirven como base para una mayor planificación de las Contribuciones Determinadas Nacionalmente (NDC, por sus siglas en inglés) de Costa Rica y los cronogramas de eliminación de los hidrofluorocarbonos (HFC) en contribución a la Enmienda de Kigali del Protocolo de Montreal.

Nos gustaría expresar nuestro agradecimiento por el apoyo de todas las instituciones, empresas y otras partes interesadas en Costa Rica. Agradecemos especialmente a la Unidad Nacional de Ozono (UNO) en la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA) como parte del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), cuya experiencia y colaboración fueron indispensables para la realización de este informe. Se brindó acceso a los diferentes ministerios y asociaciones, y se facilitaron talleres con los interesados. Asimismo, agradecemos también a la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR), que fue asignada para llevar a cabo la recopilación de datos. Sus esfuerzos fueron determinantes para el nivel y la calidad de los datos alcanzados como base para este inventario.

Aclaración:

Las fuentes sin referencia son de elaboración propia.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS

En los últimos años en Costa Rica, el sector de refrigeración y aire acondicionado (RAC, por sus siglas en inglés) se ha caracterizado por un crecimiento exponencial. Las importaciones en el sector de RAC crecieron aproximadamente un 55% en los últimos 5 años (2012-2016), mientras que las importaciones de Aire Acondicionado Unitario (UAC) crecieron aproximadamente un 125% durante el mismo período. Debido al constante crecimiento poblacional y económico, así como al aumento en el promedio de la temperatura, la demanda de aire acondicionado y refrigeración continúa aumentando.

- » En el 2015, el sector de RAC fue responsable de la emisión de 1,47 Mt CO₂eq, de emisiones directas e indirectas de los gases de efecto invernadero (GEI) combinados.
- » El sector RAC contribuye aproximadamente con un 12% a las emisiones (directas e indirectas) de los GEI en Costa Rica¹, con respecto a la emisión de 1,38 Mt CO₂eq del sector RAC en el 2012.
- » Siguiendo la tendencia actual de la temperatura según el IPCC (2014) y considerando el aumento previsto para Costa Rica (1 °C a 2 °C para 2050, 2 °C a 4 °C en 2080)², la necesidad de aire acondicionado y refrigeración en Costa Rica aumentará gradualmente. Debido a esta demanda creciente, se espera que las emisiones anuales resultantes en el sector de RAC de Costa Rica aumenten a alrededor de 3,3 Mt CO₂eq en el año 2050 (véase la Figura 2).

» Es importante tomar en cuenta que el inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI), (metodología de nivel 1 según el IPCC) de Costa Rica contabiliza las emisiones indirectas por consumo de combustibles fósiles (en el INGEI, todas las emisiones que se consideran son directas, por lo que en energía se contabilizan las emisiones en la generación de electricidad), incluyendo la pequeña cantidad que se emplea para generación de electricidad. En el presente estudio se contabilizan las emisiones indirectas (consumo de electricidad) del sector RAC, que en el INGEI no vienen detalladas por sector RAC dentro de las emisiones directas. Por otro lado, el Inventario nacional de GEIs incluye parcialmente algunas emisiones directas debidas a los refrigerantes HFC[1]. El inventario nacional de emisiones incluye todas las emisiones directas de gases HFC; lo que sucede es que se hace de una manera más agregada. El inventario del sector RAC (metodología de nivel 2, según el IPCC es metodología nivel 2, aunque para poder completar los datos de actividad se usaron datos de importaciones) sí tomó en consideración las emisiones indirectas y directas de los refrigerantes y agentes espumantes del sector a un nivel más detallado (desagregado).

La Figura 1 presenta la composición de las emisiones de los GEI relacionadas con el sector de RAC (divididas entre emisiones directas e indirectas³) durante el período de recolección de datos del inventario (2012-2016). El total está compuesto por un 31% de emisiones directas y un 69% de emisiones indirectas. Los sistemas móviles de RAC (referentes a sistemas móviles de aire acondicionado (A/A) en vehículos y transporte refrigerado) aportan la mayor parte a las emisiones indirectas, mientras que los sistemas estacionarios de RAC contribuyen con el 17% restante a las emisiones indirectas (promedio del período 2012-2016).

1 Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono 2012. 2015. IMN, MINAE

2 http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/countryprofile/doc/GFDRRCountryProfiles/wb_gfdr-climate_change_country_profile_for_CRI.pdf (accedido el 13 Dic 2017)

3 Las emisiones directas están relacionadas con el uso de refrigerante (fugas y ventilación), mientras las emisiones indirectas se refieren a las emisiones causadas por el consumo de energía de los equipos de RAC en operación.

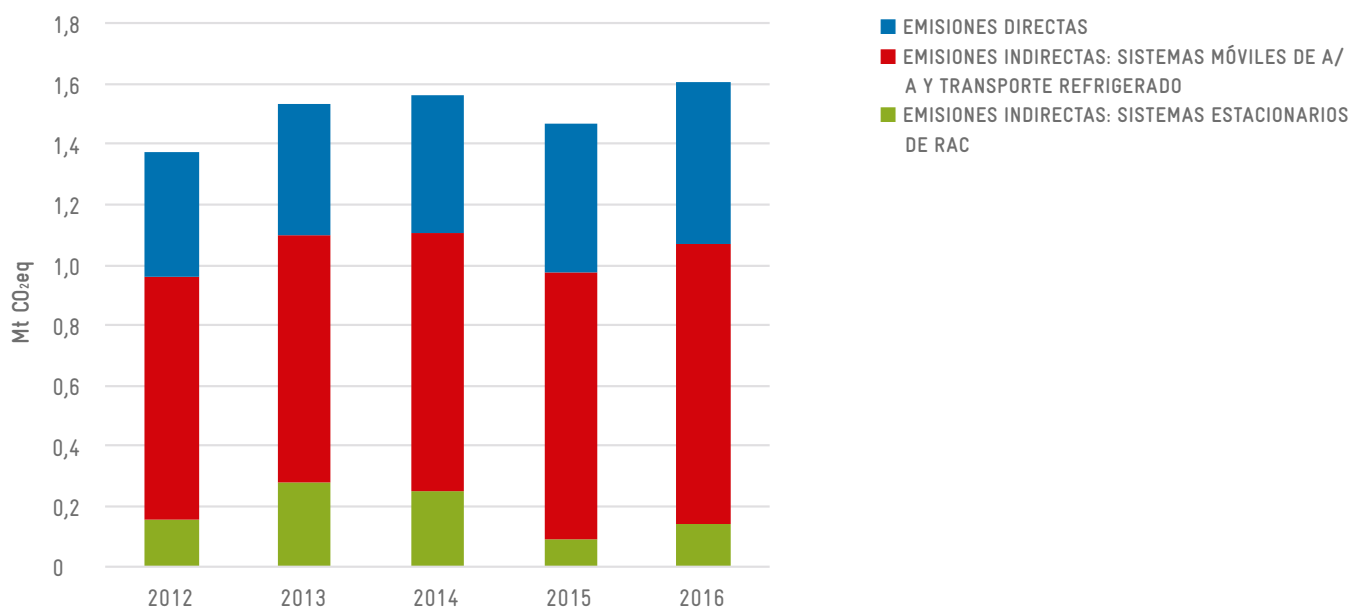


FIGURA 1: EMISIONES DIRECTAS E INDIRECTAS DEL SECTOR RAC, AÑOS 2012-2016

Se estima que las emisiones de los GEI en el sector de RAC costarricense aumentarán a 3,3 Mt CO₂eq para el año 2050 en un escenario de Business as Usual (BAU), que representan la línea base. En contraste, si se desarrolla una transición tecnológica sostenida al uso de equipos de RAC respetuosos con el clima y energéticamente eficientes, utilizando idealmente refrigerantes naturales, se estima que para el año 2050 se podrían

evitar más de 1,3 Mt CO₂eq anualmente, según se presenta en los escenarios de mitigación (MIT). El 81% de estas emisiones evitadas están relacionadas con la transición a refrigerantes de bajo PCG (escenario Ref representado por la línea roja, Figura 2) y el 19% con el aumento de la eficiencia energética (escenario "Ref + EE", línea verde).

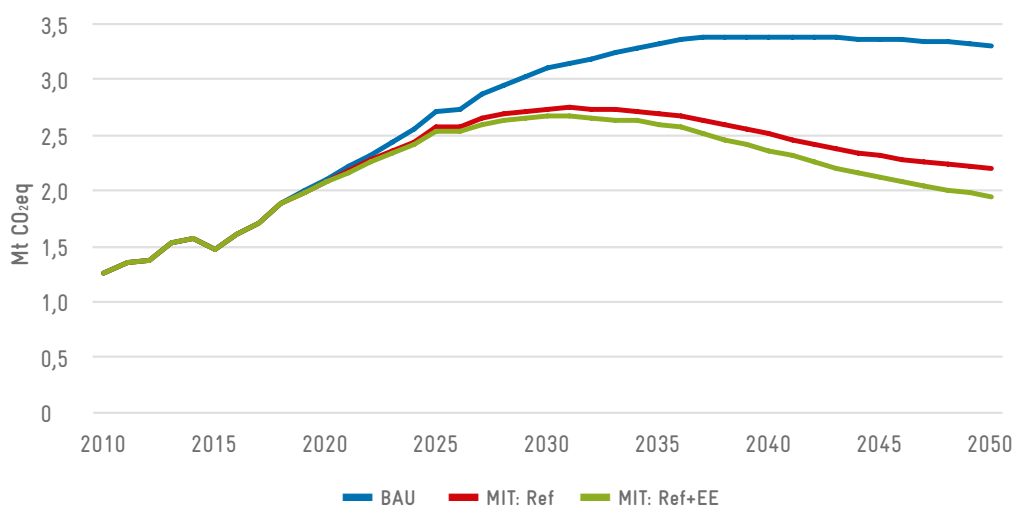


FIGURA 2: ESCENARIOS BAU Y MIT PARA LAS EMISIONES ANUALES DE SECTOR RAC

El análisis de las emisiones por cada subsector revela elevadas contribuciones de los sistemas móviles de A/A (MAC, por sus siglas en inglés) y la refrigeración comercial, seguidas de UAC. Sin los equipos de RAC

impulsados por combustibles fósiles (MAC y transporte refrigerado), las emisiones en 2015 suman solamente 0,4 Mt CO₂eq, con un aumento proyectado a 1,7 Mt CO₂eq en 2050 (Figura 3).

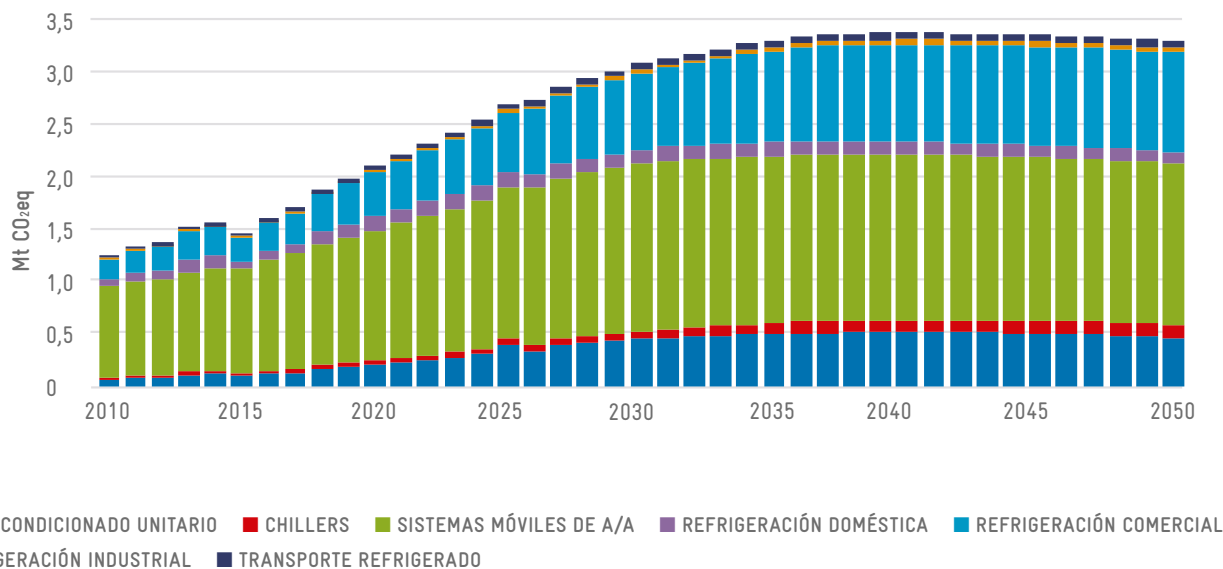


FIGURA 3: ESCENARIO BAU PARA EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR RAC PROYECTADO HASTA 2050

El escenario de mitigación proyecta emisiones máximas de 2,7 Mt CO₂eq alrededor del año 2030, con una

disminución de las emisiones de los GEI posteriormente a 2,0 Mt CO₂eq hasta el año 2050.

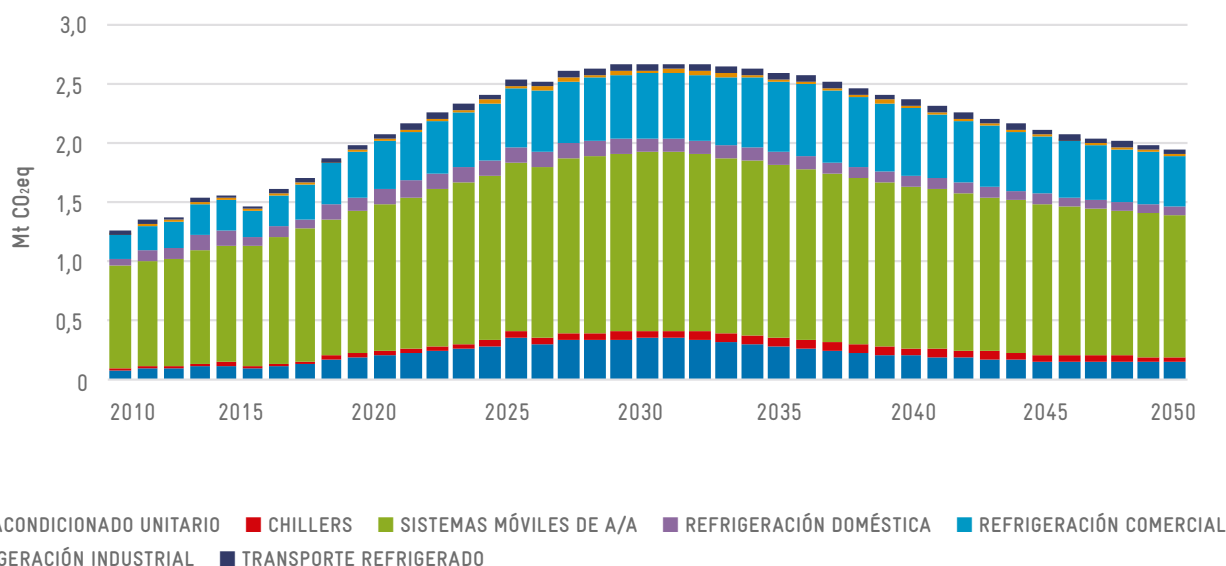


FIGURA 4: ESCENARIO MIT PROYECTADO PARA EMISIONES DE LOS GEI EN EL SECTOR RAC HASTA 2050

El sector de RAC posee un gran potencial de mitigación de los GEI con acciones de sustitución tecnológica económicamente viable, facilitado mayormente por la mejora de eficiencia energética que reduce lo

El sector de RAC posee un gran potencial de mitigación de los GEI con acciones de sustitución tecnológica económicamente viable, facilitado mayormente por la mejora de eficiencia energética que reduce los costos para operar los sistemas (Shah, Phadke and Waide, 2013).

- » Se pueden mitigar anualmente emisiones de aproximadamente 1,3 Mt CO₂eq en el año 2050 en comparación con un escenario BAU, como se muestra en la Figura 2.
- » Se estima que el potencial total de mitigación acumulado hasta 2050 suma 26 Mt CO₂eq.

Un gran potencial de mitigación de los GEI radica en la transición oportuna de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y los hidrofluorocarbonos (HFC), altamente dañinos para el clima, a alternativas con bajo potencial de calentamiento global (PCG) antes del calendario actual de eliminación de HFC estipulado en la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal (Clark and Wagner, 2016). La Figura 5 muestra el consumo de los HFC relacionado con el sector RAC en el escenario BAU, el congelamiento estimado en el consumo y los pasos de reducción asociados bajo la Enmienda de Kigali y el posible consumo mitigado en un escenario más ambicioso, como se supone en el escenario MIT en el presente inventario. El consumo de refrigerante y las emisiones en las figuras anteriores se calculan con base en el mismo modelo. El escenario MIT presupone la aplicación de las mejores tecnologías disponibles y el uso de refrigerantes de bajo PCG, principalmente naturales.

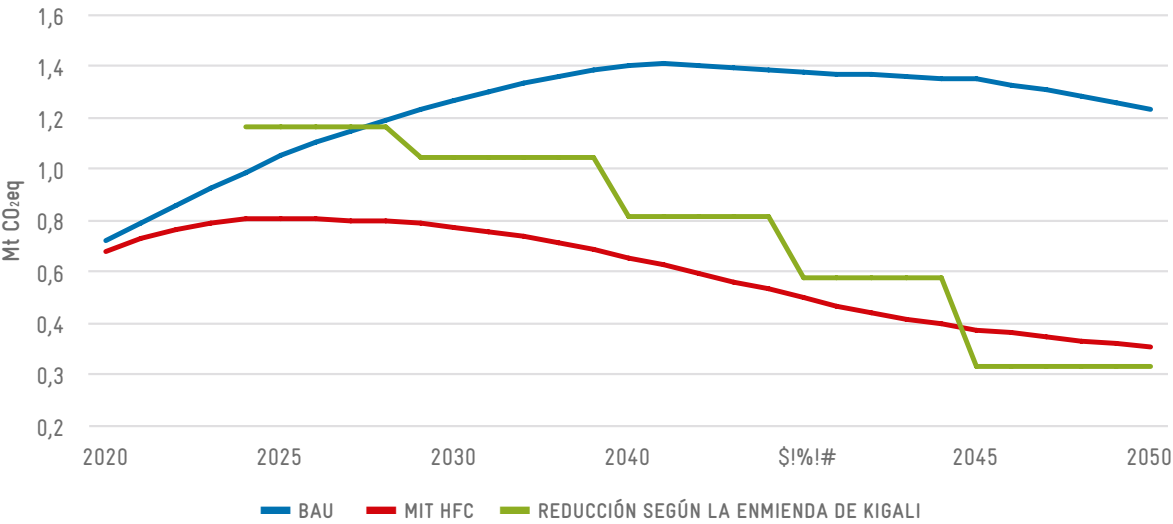


FIGURA 5: ESCENARIOS BAU Y MIT RELACIONADOS CON EL CONSUMO DE LOS HFC SEGÚN EL CALENDARIO DE KIGALI



Además, la transición a refrigerantes de bajo PCG puede traer beneficios adicionales a la reducción de las emisiones de los GEI. Tales beneficios colaterales son el ahorro de energía y costos a través de la mejora de la eficiencia energética, la oportunidad de crear empleo local mediante el uso de técnicos calificados capaces de instalar y mantener de manera segura los equipos de RAC con refrigerantes inocuos para el clima, o la producción local y regional de refrigerantes naturales y equipos con alta eficiencia energética utilizando refrigerantes naturales. La reducción del consumo de energía en el sector RAC también contribuye a mantener una alta proporción de fuentes renovables de Costa Rica en su combinación energética. Cabe destacar que la producción de electricidad en Costa Rica tiene una de las cuotas de energía renovable más altas del mundo, razón por la cual las medidas de mitigación en el sector de RAC ejercerán un efecto muy bajo sobre las emisiones indirectas. Sin embargo, las mejoras de eficiencia energética en el sector de RAC son indispensables para hacer frente a la creciente demanda de energía en este sector.

Este inventario de RAC, que abarca un estudio de los años 2012-2016, es el primero de su tipo en Costa Rica, dado que muestra, además de las emisiones de los GEI directas, las emisiones indirectas y totales asociadas al sector de RAC, según las existencias (stock) de equipos de RAC instalados y con las emisiones definidas para cada subsector y cada aplicación de RAC. Antes de la realización de este inventario no se habían incluido las emisiones de dicho sector de forma explícita en las Contribuciones Determinadas Nacionalmente (NDC, por sus siglas en inglés) de Costa Rica relacionadas con el Acuerdo de París. Con la información proporcionada a través de este inventario, Costa Rica tiene a mano una sólida estimación de emisiones del sector RAC como base para la planificación de la mitigación y las acciones relacionadas como parte de sus NDC.

1 INTRODUCTION

1.1 MARCO DEL PROYECTO

Este inventario de los gases de efecto invernadero (GEI) se compiló en el marco del proyecto “Contribuciones frescas contra el cambio climático (C4)”. Este proyecto fue encargado a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH para su implementación por parte del Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) bajo la Iniciativa Internacional sobre el Clima (IKI). El objetivo del proyecto consiste en desarrollar una estrategia de mitigación de GEI en el sector de refrigeración y aire acondicionado (RAC) como parte de las Contribuciones Determinadas Nacionalmente (NDC) de Costa Rica, incluido el establecimiento de parámetros para aumentar la eficiencia energética en la tecnología de RAC, encontrar soluciones para tecnologías de RAC más ecológicas y fomentar su comerciabilidad y fabricación local.

El proyecto trabaja en estrecha colaboración con las siguientes autoridades locales:

- » Oficina Técnica de Ozono (OTO) bajo la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA), que forma parte del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y que fue responsable de la eliminación de los cloro-fluorocarbonos (CFC); actualmente es responsable de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y, en el futuro, de la implementación de la eliminación paulatina de los hidrofluorocarbonos (HFC), políticas y coordinación de políticas climáticas.
- » Dirección de Cambio Climático (DCC), responsable de la preparación de las NDC.
- » Instituto Meteorológico Nacional (IMN), responsable de la compilación de las Comunicaciones Nacionales, incluidas las emisiones nacionales de GEI a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

- » Dirección de Energía bajo MINAE, ejecutor de las políticas energéticas.
- » Secretaría de Planificación del Subsector de Energía (SEPSE), órgano asesor, coordinador y planificador responsable de la elaboración del plan nacional de energía en el cual se plasman las políticas energéticas del país, entre ellas la temática de eficiencia energética, con base en los lineamientos que emanen del Plan Nacional de Desarrollo, del Ministro Rector del Sector de Ambiente, Energía y Mares y del Consejo Subsectorial de Energía.
- » El Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), que incluye temas relevantes de RAC y refrigerantes naturales en su programa de capacitación; otros institutos de capacitación (Fundación Samuel, Ministerio de Educación Pública (MEP), CEDES Don Bosco).
- » Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), relacionado con estándares de seguridad y energía.
- » Dirección General de Aduanas (DGA) / Departamento de Aduanas del Ministerio de Hacienda.
- » Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), que ofrece pruebas de equipos electrónicos que incluyen equipos de RAC.
- » Cámara Industrial de Costa Rica (CICR), encargada de la recolección y el análisis de datos.

La estrecha coordinación entre las entidades mencionadas anteriormente se considera esencial para promover un desarrollo coherente y sostenible del sector RAC costarricense. Se requerirá cooperación adicional con el Ministerio de Hacienda (Sistema Integrado de Compras Públicas), responsable de las compras públicas sustentables, incluidos los equipos de refrigeración y aire acondicionado.



Con la contratación de la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR), se seleccionó una institución local con alta experiencia y participación en el sector de RAC para llevar a cabo la encuesta y recopilar los datos para este inventario. Además del INA, la institución de formación técnica “Fundación Samuel” y los colegios técnicos participaron en el proyecto.

El propósito del inventario de GEI del sector RAC es obtener una perspectiva general del estado actual de las emisiones de GEI de dicho sector en Costa Rica. Más específicamente, el informe pretende proporcionar información sobre los siguientes temas:

- » Emisiones de GEI del escenario Business-as-Usual (BAU) resultantes del consumo de refrigerante y energía del sector RAC;
- » Potencial de penetración en el mercado de aparatos de bajo consumo de energía que usan refrigerantes con bajo PCG;
- » Potencial para mitigar las emisiones de GEI por el uso de refrigerante y el consumo de energía en el sector RAC y sus subsectores.

Este informe desarrolla un diagnóstico sobre la disponibilidad de los equipos de RAC en el mercado de costarricense, su consumo de energía, los refrigerantes utilizados y los niveles de emisiones de GEI. Las tecnologías de RAC actualmente implementadas se comparan con las mejores prácticas internacionales para determinar el potencial de mitigación de emisiones relacionado. Las tendencias futuras en cada uno de los subsectores de RAC se analizan con respecto a los escenarios BAU y MIT.

1.2 IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LOS INVENTARIOS DEL SECTOR RAC

Los inventarios que se basan en las existencias (stock) de equipos instalados, así como los parámetros técnicos promedio, por equipo, que indican el uso de energía y refrigerante como fuentes de emisiones de GEI, proporcionan una base sólida para el cálculo de las emisiones de GEI y, como tal, un punto de partida para todas las actividades de reducción de emisiones de GEI.

Este inventario de RAC basado en equipos proporciona la siguiente información:

- » Ventas y stock de los equipos por subsector, así como tasas de crecimiento por subsector;
- » Datos técnicos de los sistemas, que determinan sus emisiones de GEI, tales como la eficiencia energética promedio, la distribución de refrigerante y las tasas de fugas;
- » Emisiones de GEI en una unidad de RAC;
- » Emisiones de GEI para todo el sector de RAC, incluida la distribución entre las emisiones directas e indirectas;
- » Proyecciones futuras de las emisiones de GEI relacionadas con los equipos de RAC;
- » Escenarios de mitigación basados en la introducción de diferentes opciones tecnológicas.

La información recopilada se puede utilizar para los siguientes fines:

- » Identificar los subsectores clave con las mayores emisiones de GEI, así como el mayor potencial de reducción de emisiones en función de las tecnologías disponibles. Un inventario de RAC es un paso importante en la planificación, el desarrollo y la implementación de hojas de ruta de mitigación.

- » Proporcionar y consolidar la base para los datos de emisiones de GEI en todo el país. Se pueden utilizar para informar bajo la CMNUCC.
- » Proyectar el desarrollo de las emisiones de GEI en el futuro.
- » Desarrollar planes sectoriales de mitigación de RAC para el desarrollo de objetivos de NDC actualizados y más específicos⁴.
- » Proporcionar información para el desarrollo de políticas efectivas, tales como los estándares mínimos de rendimiento energético (MEPS, por sus siglas en inglés) y el etiquetado (energético), así como las prohibiciones de refrigerantes con alto PCG;
- » Suministrar una indicación del impacto de la legislación para las partes interesadas en diferentes subsectores;
- » Formar la base de un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) o una base de datos de productos;
- » Apoyar el desarrollo de propuestas de proyectos con el objetivo de reducir las emisiones de GEI en el sector RAC, como las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA).

Basado en las ventajas y los diferentes propósitos, las siguientes partes interesadas de Costa Rica pueden beneficiarse del inventario de RAC:

■ 1. Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE):

- » Dirección de Cambio Climático (DCC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) para el control de GEI y la planificación de la mitigación.
- » Instituto Meteorológico Nacional (IMN) del Ministerio de Medio Ambiente y Energía (MINAE): los resultados de emisiones directas de este inventario se podrían utilizar para respaldar y comparar las reportadas en los informes: Comunicación Nacional e Informe Bienal de Actualización. Se recomienda una verificación independiente de los supuestos utilizados en el inventario.

» OTO para el control y la planificación de la eliminación de los HCFC y los planes futuros de reducción de los HFC y los requisitos de presentación de informes según el Protocolo de Montreal.

» El sector RAC, mediante el cumplimiento con los objetivos de mitigación de los HCFC y los HFC según el protocolo de Montreal a basado en través de la transición puntual al potencial de agotamiento de ozono (PAO) cero y los refrigerantes de bajo PCG.

» Rectoría del Sector Ambiente, Energía y Mares, mediante la Secretaría de Planificación del Subsector de Energía (SEPSE) para la planificación del uso y la conservación de la energía.

■ 2. Ministerio de Hacienda y Dirección General de Aduanas para la función de apoyo y fortalecimiento en el control de las importaciones y la verificación del etiquetado energético, y para el cumplimiento de las políticas de compras públicas sustentables.

■ 3. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) considerando el cumplimiento de las normas.

■ 4. Departamentos responsables del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Ministerio de Salud para el control de la contaminación y la implementación de la responsabilidad del productor, como los sistemas de recolección de desechos electrónicos y la gestión de las cantidades acumuladas (bancos) de SAO y HFC.

1.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE RAC

La demanda de equipos de RAC en Costa Rica está creciendo continuamente. Los impulsores de demanda actuales y futuros incluyen el crecimiento de población, del número de hogares, de urbanización y económico (Oppelt, 2013). Estos factores se muestran en la Tabla 1 y apuntan hacia un crecimiento futuro del sector RAC costarricense.

⁴ Las NDC ya se formularon, pero los objetivos generales aún no se han dividido en sectores individuales

TABLA 1: DATOS ESTADÍSTICOS DE COSTA RICA. FUENTE: INEC, 2019⁵

CRECIMIENTO DEL PIB [%] (2016) ⁶	POBLACIÓN [MILLONES] (2018 EST.)	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL [%] (2017 EST.) ⁷	CANTIDAD DE HOGARES [MILLONES] (2018)	URBANIZACIÓN [%] (2018)	CO2 [MT] (2015) ⁸	GEI [MT CO2EQ] (2012) ⁹
4,3	5,00	1,16	1,54	72,6	6,9	11,25

Al comparar los datos de Costa Rica con los de algunos países vecinos, se observa un crecimiento del PIB en 2016; por ejemplo, en Panamá su crecimiento fue del 5% y en Nicaragua fue de 4,7%. No obstante, el crecimiento de la población en el país se sitúa en medio de Panamá, el cual creció un 1,27%, y Nicaragua, que creció 0,98%.

La Tabla 2 proporciona una comparación entre las emisiones per cápita actuales y proyectadas de todos los equipos de RAC en Costa Rica, con base en el escenario BAU para el 2050.

TABLA 2: EMISIONES DE RAC PER CÁPITA DE COSTA RICA PARA 2015 Y 2050; DATOS DE EMISIONES PROVENIENTES DEL INVENTARIO RAC

2018			2050		
EMISIONES	POBLACIÓN	PER CÁPITA	EMISIONES	POBLACIÓN	PER CÁPITA
	Millones	t CO ₂ eq	Mt CO ₂ eq	Millones (est.)	t CO ₂ eq
1,47	5,00	0,294	3,3	6,19 ¹⁰	0,533

Un factor adicional para la demanda futura radica en las temperaturas cada vez más altas (un incremento de 1-2 grados Celsius en promedio para 2050, de 2-4 grados Celsius en 2080)¹¹. Las proyecciones de cambio climático que estiman un aumento de la temperatura entre 1 y 4 grados Celsius para Costa Rica en las próximas décadas implican un aumento de la demanda de enfriamiento, que a su vez aumentará aún más la demanda de equipos de aire acondicionado (A/A). Con el aumento de la temperatura, no solo el sector de aire acondicionado enfrentará un desafío, sino que también se espera que aumente la demanda de refrigeración en la cadena de frío (alimentos refrigerados).

Costa Rica es uno de los países más pequeños de Centroamérica con un área total de 51.100 km². Su clima es tropical y subtropical, dominado por abundantes precipitaciones en la estación lluviosa (de mayo a noviembre, con estación seca de diciembre a abril). El clima de Costa Rica se puede distribuir en tres zonas climáticas prevalentes: la zona tórrida en las planicies costeras y septentrionales (hasta 450 m sobre el nivel del mar) con lluvias intensas, en la cuenca del Atlántico casi continuas, y un rango de temperatura de 29 a 32 grados Celsius; la zona templada en los valles centrales y mesetas, con lluvias regulares en la estación lluviosa y un rango de temperatura de 24 a 27 grados Celsius;

⁵ Instituto Nacional de Estadística y Censos (2019). Datos disponibles en: <http://www.inec.go.cr/>

⁶ <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> (accedido el 8 Oct 2018)

⁷ <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> (accedido el 8 Oct 2018)

⁸ <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustionHighlights2017.pdf> (accedido el 13 Dic 2017)

⁹ Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono 2012. 2015. MINAE y IMN

¹⁰ <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>

¹¹ http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/countryprofile/doc/GFDRRCountryProfiles/wb_gfdr-climate_change_country_profile_for_CRI.pdf (accedido el 13 Dic 2017)

la zona fría, menos lluviosa pero más ventosa, en zonas muy elevadas (más de 1.500 m), con un rango de temperatura de 10 a 27 grados Celsius.¹²

La prosperidad y el crecimiento económico de Costa Rica dependen de las exportaciones agrícolas y la inversión extranjera. Su sólido sector comercial incluye un fuerte ecoturismo que, junto con el subsector de sistemas móviles de aire acondicionado, es un importante impulsor de la demanda nacional de sistemas de enfriamiento.¹³

1.4 EL SECTOR DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN COSTA RICA

Según datos nacionales¹⁴, las emisiones totales de GEI de Costa Rica alcanzaron una magnitud de 11,25 Mt CO₂eq en el año 2012. El sector RAC es una fuente importante de las emisiones totales del país, ya que contribuye con aproximadamente el 12% de las emisiones totales. Esta participación podría incluso aumentar al 33% para 2030 y al 55% para 2050, suponiendo un escenario BAU en el sector RAC y una reducción de las emisiones totales, tal como se formuló en las NDC.

Es importante tomar en cuenta que el inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI), (metodología de nivel 1 según el IPCC) de Costa Rica contabiliza las emisiones indirectas por consumo de combustibles fósiles (en el INGEI todas las emisiones que se consideran son directas, por lo que en energía se contabilizan las emisiones en la generación de electricidad), incluida la pequeña cantidad que se emplea para generación de electricidad. En el presente estudio se contabilizan las emisiones indirectas (consumo electricidad) del sector RAC, que en el INGEI no vienen detalladas por sector

RAC dentro de las emisiones directas. Por otro lado, el Inventario nacional de GEIs incluye parcialmente algunas emisiones directas debidas a los refrigerantes HFC[1]. El inventario Nacional de emisiones incluye todas las emisiones directas de gases HFC; lo que sucede es que se hace de una manera más agregada. El inventario del sector RAC (metodología de nivel 2 según el IPCC; es metodología nivel 2, aunque para poder completar los datos de actividad se usaron datos de importaciones) sí consideró las emisiones indirectas y directas de los refrigerantes y agentes espumantes del sector a un nivel más detallado (desagregado).

El sector RAC de Costa Rica contribuyó con aproximadamente 1,47 Mt CO₂eq de emisiones de GEI en el 2015 (1,38 Mt CO₂eq en el 2012), incluidas las emisiones por uso de refrigerante y consumo de energía. Se proyecta un fuerte crecimiento para las próximas dos décadas, con las emisiones alcanzando un nivel estable de alrededor de 3,3 Mt CO₂eq para el año 2035.

Costa Rica preparó su última Comunicación Nacional basada en cálculos de las emisiones de GEI del país en el 2014¹⁵ con los datos de emisiones referentes al año 2010. Las NDC se presentaron en el 2015 e incluyen ambiciosos objetivos de reducción de emisiones. El país apunta a reducir las emisiones netas totales del año 2021 al nivel de las emisiones totales en el 2005¹⁶ a través de compensación en el sector forestal. Para el 2085, Costa Rica se impuso como meta alcanzar la carbono neutralidad de su economía¹⁷. El compromiso también incluye un objetivo de reducción de emisiones del 44% en comparación con el escenario BAU para 2030, lo que equivale a una reducción del 25% en comparación con el nivel de 2012. Estos objetivos son coherentes con la trayectoria global necesaria para cumplir con el objetivo de 2 grados Celsius. Según lo especificado en el Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública (PNDIP) 2019-2022, Costa Rica aspira a descarbonizar su economía hasta 2050¹⁸, incluso incluir elementos para combatir el uso de los combustibles fósiles en el sector del transporte, lo que representa la barrera principal en el camino hacia la descarbonización de la economía.¹⁹

12 <http://www.nationsencyclopedia.com/Americas/Costa-Rica-CLIMATE.html> (accedido el 13 Dic 2017)

13 <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> (accedido el 13 Dic 2017)

14 Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono 2012. 2015. MINAE y IMN

15 http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php

16 <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Costa%20Rica%20First/INDC%20Costa%20Rica%20Version%202%200%20final%20ENG.pdf>

17 <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Costa%20Rica%20First/INDC%20Costa%20Rica%20Version%202%200%20final%20ENG.pdf>

18 MIDEPLAN (2018) Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario 2019-2022. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Disponible en: https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/ka113rCgRbC_BylVRHGGrA

19 <https://www.ecowatch.com/costa-rica-renewable-energy-quesada-2556249115.html> (accedido el 18 mayo 2018)

Costa Rica es un país importador, sin producción nacional de petróleo o refrigerantes y, por lo tanto, depende de la disponibilidad de refrigerantes en el mercado internacional. A medida que los HCFC se han eliminado en muchos países, el consumo se ha ido desplazando hacia los refrigerantes HFC.

El sector de RAC en Costa Rica incluye todos los subsectores, desde electrodomésticos hasta grandes chillers²⁰ industriales. Predominantemente, se utilizan como refrigerantes el HCFC-22, que agota la capa de ozono (152 toneladas métricas), y de aquellos que no agotan la capa de ozono, el HFC-134a (181 toneladas métricas), HFC-404A (112 toneladas métricas) y HFC-410A (72 toneladas métricas, cada una referida al año 2017), todos ellos caracterizados por un alto PCG. Los datos de importación de refrigerante en cilindros revelaron además algunas cantidades de refrigerantes de hidrocarburo (HC): 1 tonelada métrica de HC-600a en 2017, 0,1 tonelada métrica de HC-290 en 2015, 97 toneladas métricas de ciclopentano en 2015, tal como 87 toneladas métricas de amoníaco (R-717) en 2015, aunque no se registraron importaciones de HC-290 ni de ciclopentano ni de R-717 en 2016 y 2017, probablemente debido a su acumulación previa.²¹

En el país, una empresa produjo refrigeradores domésticos que cubrieron una parte significativa de las necesidades domésticas nacionales. Sin embargo, la producción se cerró en 2016. Este fabricante nacional de equipos de RAC había completado la conversión a ciclopentano de agentes espumantes de HCFC-141b, que es una sustancia que agota la capa de ozono y que tiene alto PCG, antes de la implementación del tercer tramo en julio de 2013 bajo el Plan de gestión de eliminación gradual de los HCFC (HPMP, pos sus siglas en inglés). Al menos cuatro empresas siguen involucradas en la producción, distribución y el consumo de sustancias utilizadas para el aislamiento térmico de equipos de RAC.

Las demandas se generan por la construcción de paneles aislantes utilizados para almacenes frigoríficos y por la reparación de diferentes tipos de equipos RAC. Algunas de las empresas anteriormente importaron HCFC-141b para la producción de espuma para ser utilizada en equipos de refrigeración. Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones ya han sido convertidas al uso de ciclopentano. Una de esas empresas, sin

embargo, no tuvo éxito en su conversión de espuma rígida debido a resultados insatisfactorios. Otra compañía, que anteriormente usaba HCFC-141b en una mezcla de poliol, ahora usa una alternativa sin necesidad de espuma (kit unitario) para la reparación de contenedores para el transporte refrigerado. En 2017, Costa Rica importó 15 toneladas métricas de HCFC-141b, lo que significa una reducción del 69% en cinco años.²²

En el período de la encuesta 2012-2016, el refrigerante HFC-134a todavía domina en la importación de refrigeradores domésticos. No obstante, en los últimos años, la proporción de HC-600a está aumentando, especialmente en los rangos de volumen pequeño y mediano.

El subsector de refrigeración comercial aún utiliza principalmente HFC-134a con cierta participación de HFC-404A y el equipo se ensambla en muchos casos en función de varios componentes importados. Las compañías importan compresores, intercambiadores de calor, válvulas de expansión, filtros y todos los demás componentes para ensamblar los sistemas de refrigeración localmente. Sin embargo, en los últimos años, el HC-290 se está importando en pequeñas cantidades para congeladores y vitrinas.

Los componentes para sistemas de chillers se importan de la misma manera. Los chillers utilizados para aire acondicionado en el sector comercial y público funcionan principalmente con refrigerante HFC-134a y HFC-410, mientras que se supone que todavía hay un stock importante de chillers con HCFC-22. Para los chillers utilizados en el procesamiento (de alimentos) y otros fines industriales / de cadena de frío, como los almacenes frigoríficos, también se utilizan R-717 (amoníaco), HFC-404A y HFC-507C.

Todos los equipos de aire acondicionado de habitaciones se importan a Costa Rica y la mayoría de ellos utilizan el refrigerante HFC-410A debido a la eliminación avanzada de HCFC-22. Sin embargo, pocas empresas han importado unidades que funcionan con HCFC-22 en los últimos años, predominantemente en sistemas auto-contenidos. El stock actualmente instalado basado en HCFC-22 se estima en el rango del 50% del total de sistemas de aire acondicionado. Más comúnmente, las unidades de aire acondicionado se importan como unidades completas y precargadas.

20 Chillers se refiere a enfriadores que abastecen agua helada, usados en redes amplias de agua helada

21 Información proporcionada por DIGECA-MINAE (17 mayo 2018)

22 Información proporcionada por DIGECA-MINAE (17 mayo 2018)

Actualmente, las grandes empresas de Costa Rica están obligadas a recolectar los bancos de SAO y HFC bajo el Decreto Ejecutivo 35676-S-H-MAG-MINAET de acuerdo con la Ley 7223 y sus enmiendas. El sector RAC también ha iniciado la recuperación de refrigerantes durante el servicio. En la actualidad existen dos gestores autorizados en la Gran Área Metropolitana (GAM) que sirven como centros de acopio de refrigerantes usados y equipos desmantelados. Sin embargo, la estructura de recolección y gestión requiere algunas mejoras; también se necesitan estaciones de llenado y más cilindros de gas refrigerante. Está planeada la instalación de una planta de destrucción dentro de una planta de cemento local, pero su implementación requiere apoyo con respecto al cumplimiento de los estándares de combustión.

En general, se puede suponer que tasas de fuga de medias a altas están presentes en Costa Rica. Varios expertos de RAC han expresado esta opinión.

Las características modernas de eficiencia energética, como la tecnología "inverter" (inversor), están presentes en una gran cantidad de sistemas de aire acondicionado introducidos en el mercado de Costa Rica. En la mayoría de los otros sistemas RAC actualmente implementados, es probable que las características de eficiencia tales como los compresores de velocidad variable, el tamaño de los intercambiadores de calor o las tuberías no se consideren adecuadamente al diseñar sistemas. El cambio a las características que aumentan la eficiencia energética puede reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones indirectas, relacionadas con el consumo de energía. Además, se pueden mitigar cantidades significativas de emisiones directas relacionadas con refrigerantes, tanto a través de evitar el sobredimensionamiento de equipos, lo que resulta en mayores cargas de refrigerante, como mediante la transición directa a refrigerantes de bajo PCG.

En la sección 2.3 se analizan los parámetros históricos y futuros del sector de RAC costarricense en los que se basa este inventario.

1.5 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA

Costa Rica depende de los combustibles fósiles para más de la mitad de su oferta de energía (60%), y las fuentes de energía renovables, incluidos los biocombustibles (17%, biomasa y carbón y coque combinados), contribuyen con el 40% restante (Figura 6). La producción de electricidad de Costa Rica tiene una de las cuotas renovables más altas del mundo, facilitada por segmentos fuertes de energía hidroeléctrica (17%), geotérmica (3%) y eólica (2%), mientras que la energía solar representa una fuente de energía menor (menos del 0.1%). De hecho, la generación eléctrica ha sido completamente renovable en Costa Rica durante aproximadamente 300 días consecutivos en 2017, lo que hizo la producción de electricidad renovable en un 98% en ese año. Se han logrado contribuciones similares desde 2015²³. Debido a la alta contribución de fuentes de energía renovables en Costa Rica para la generación eléctrica, las acciones de mitigación en el sector RAC ejercerán un impacto muy bajo en las emisiones indirectas²⁴. Sin embargo, las mejoras de eficiencia energética son indispensables para hacer frente a la creciente demanda de energía en el sector RAC, y al mismo tiempo facilitan mantener altos niveles de participación de energía renovable.

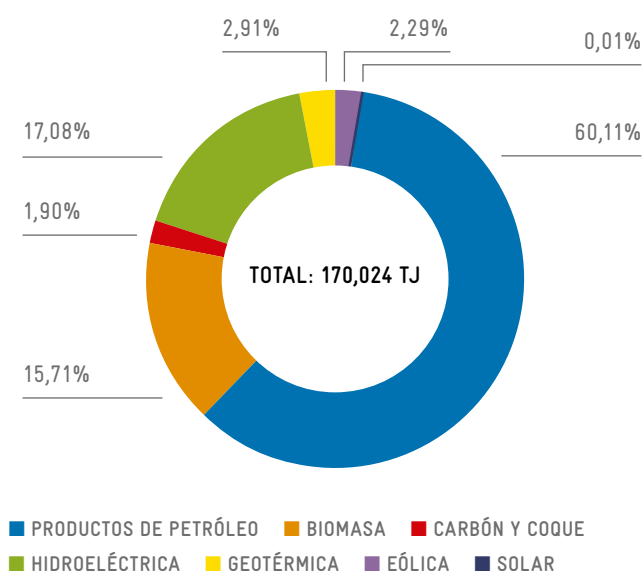


FIGURA 6: OFERTA DE ENERGÍA DE COSTA RICA POR FUENTES, AÑO 2015. FUENTE: SEPSE, BALANCES ENERGÉTICOS NACIONALES

²³ <https://www.ecowatch.com/costa-rica-renewable-energy-quesada-2556249115.html> (accedido el 18 mayo 2018)

²⁴ Las emisiones directas están relacionadas con el uso de refrigerante (fugas y ventilación), mientras que las emisiones indirectas se refieren a las emisiones causadas por el consumo de energía debido a la operación de las respectivas unidades de RAC.



El progreso de la descarbonización en Costa Rica se ve obstaculizado por el uso de combustibles fósiles en el sector de transporte. Actualmente, los únicos sustitutos son una ligera contribución de biocombustibles. Se espera un aporte en mitigación de emisiones por medio de la introducción de vehículos eléctricos, facilitada por los incentivos creados a partir de la Ley 9518²⁵. Además, actualmente se cuenta con un pequeño sistema de metro en la Gran Área Metropolitana (GAM), que actualmente funciona con diésel, el cual está programado para ser electrificado y tiene potencial de extensión.²⁶ El PNDIP 2019-2022 planifica intervenciones en el transporte mediante un tren rápido de pasajeros, un tren de carga y la infraestructura para recargar vehículos eléctricos, entre otros.

Solamente el sector de transporte representa la mitad del consumo final de energía en todo el país. La industria (24%) y el sector comercial y servicios (7%) son importantes consumidores de energía al sumar otro tercio, y el sector residencial es responsable de otro 13%. La pequeña parte restante es consumida por el sector público (3%) y la agricultura (2%), así como por sectores menores y otros (incluida la construcción, con menos de un 1%; véase la Figura 7).

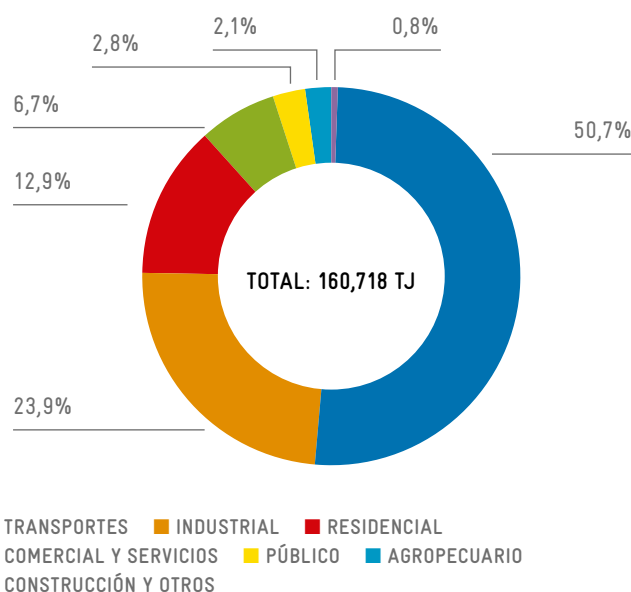


FIGURA 7: CONSUMO FINAL DE ENERGÍA DE COSTA RICA POR SECTOR, AÑO 2015. FUENTE: SEPSE, BALANCES ENERGÉTICOS NACIONALES

²⁵ Ley No. 9518, febrero de 2018: Ley de Incentivos y Promoción para el transporte eléctrico

²⁶ <https://www.ecowatch.com/costa-rica-renewable-energy-quesada-2556249115.html> (accedido el 18 mayo 2018)

1.6 PARTES INTERESADAS DEL SECTOR RAC

La Tabla 3 proporciona una perspectiva general de las instituciones clave de Costa Rica de los dominios privados y públicos relevantes para la política climática,

y de la conservación de energía en el sector RAC, así como las instituciones clave no estatales y las partes interesadas en el sector.

TABLA 3: RESUMEN DE LAS INSTITUCIONES RELEVANTES PARA EL SECTOR RAC

MINISTERIO/INSTITUCIÓN	DEBERES / FUNCIONES / RESPONSABILIDADES
MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA (MINAE)	A cargo de la regulación e implementación de políticas aplicables al servicio de energía, electricidad, agua y aguas residuales.
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN DEL SUBSECTOR DE ENERGÍA (SEPSE)	Bajo la rectoría del Ministro de Ambiente, Energía y Mares; responsable de la elaboración del plan nacional de energía en el cual se plasman las políticas energéticas del país, entre ellas la temática de eficiencia energética. De igual forma llevan a cabo investigaciones y desarrollan proyectos para la reducción del consumo de energía y la promoción de aparatos eléctricos de alta eficiencia energética, entre ellos los refrigeradores y aires acondicionados.
DIRECCIÓN DE ENERGÍA	Aplicación, ejecución y operación de las políticas de eficiencia energética, leyes y reglamentos para el uso racional de la energía
DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO (DCC) E INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (IMN)	IMN en cooperación con DCC es responsable de la compilación de la NC4 (Cuarta comunicación nacional) y el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI). Las Contribuciones Determinadas Nacionalmente (NDC) son remitidas por la Dirección de Cambio Climático ante la Convención Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático después de un proceso de consulta y construcción con representantes de los sectores estratégicos. La DCC genera política pública en Cambio Climático como lo es la Estrategia Nacional sobre el cambio climático y el plan de descarbonización de la economía, así como los programas específicos de consultoría y planificación sobre el cambio climático.
OFICINA TÉCNICA DE OZONO (OTO) BAJO LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL (DIGECA), QUE ES UNA DIRECCIÓN DENTRO DE MINAE	Responsable de implementar las obligaciones del Protocolo de Montreal, tales como los proyectos de protección de la capa de ozono y el plan de gestión de eliminación de los HCFC, así como las futuras políticas nacionales de eliminación de los HFC en conformidad con la eliminación de los HFC acordada a nivel mundial en la Enmienda de Kigali. Introducción de políticas relacionadas con la implementación del Protocolo de Montreal, tales como la aplicación a través de aduanas y el control de las licencias de importación de los HCFC.
INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS DE COSTA RICA (INTECO)	INTECO es la única organización en el país que legalmente puede desarrollar y designar estándares oficiales para productos. Para medir el consumo de energía, INTECO colabora con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).
INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE (INA)	INA es el instituto de capacitación líder de Costa Rica, que trata temas relevantes para RAC y refrigerantes naturales, y recientemente se le otorgó equipo adicional de RAC para fines de capacitación. INA no está supervisado por ningún organismo acreditador independiente.
CÁMARA DE INDUSTRIAS DE COSTA RICA (CICR)	CICR representa al sector industrial y estuvo a cargo de esta encuesta. Potencialmente, CICR puede actuar como un cuerpo de representación para las empresas de RAC ya que no existe una asociación específica del sector RAC en Costa Rica.
MINISTERIO DE SALUD	Ente responsable de la gestión de residuos y la conservación del agua. Relevante para la posible gestión electrónica de residuos en el sector RAC.
COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS Y DE ARQUITECTOS DE COSTA RICA (CFIA)	Responsables de la mejora del uso de la energía en edificios y de los estándares de construcción

1.7 RED LEGISLATIVA Y POLÍTICA RELACIONADA CON RAC

Los marcos regulatorios son necesarios para la implementación de la mayoría de los cambios hacia alternativas tecnológicas más amigables con el medio ambiente en el sector RAC. Costa Rica ya se ha comprometido con varios acuerdos internacionales y ha establecido metas internas relevantes para el clima. Sin embargo, los objetivos formulados aún no se han especificado para sectores o subsectores individuales. Este proceso está actualmente en curso y, por lo tanto, presenta una oportunidad para incluir objetivos de reducción para el sector RAC.

Las políticas dirigidas hacia el sector RAC son impulsadas principalmente por el plan de gestión de eliminación de HCFC (HPMP). Su enfoque es el desarrollo de capacidades y la conversión de tecnología en los sectores de RAC y espumas para la eliminación de HCFC. Las acciones y objetivos específicos se describen a continuación en la sección 1.7.2.

1.7.1 Política energética

Las NDC de Costa Rica²⁷ incluyen un objetivo general para reducir la demanda de energía mediante la mejora de la eficiencia energética. Según el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030²⁸, la eficiencia energética y la generación distribuida se definen como prioridades, con el resultado esperanzador de lograr y mantener una matriz energética 100% renovable para el año 2030. La anticipación del aumento del consumo eléctrico en el sector del transporte proporciona un mayor enfoque en el uso del transporte eléctrico, tanto público como privado.

Con respecto a los subsectores de RAC, ya se han establecido normas técnicas voluntarias que están divididas en tres partes: los requisitos mínimos de rendimiento energético (MEPS, por sus siglas en inglés), las características de las etiquetas y los métodos de ensayo para los equipos de RAC.

Las siguientes regulaciones ya están establecidas:

- » Para equipos de refrigeración y congeladores domésticos, se emitió el “Reglamento técnico de refrigeradores y congeladores electrodomésticos operados por moto compresor hermético RTCR 482”, publicado mediante Decreto Ejecutivo No. 40510-MINAE, en el Alcance 211 del 30 de agosto del 2017. Este reglamento es de carácter obligatorio y se basa en las tres normas técnicas voluntarias existentes. Las normas técnicas son: la de requisitos INTE E11-1:2015, la etiqueta INTE E11-2:2015 y el método de ensayo de la INTE E-11-3:2015. El método de ensayo para estos equipos lo realiza el Laboratorio de Eficiencia Energética del ICE (Instituto Costarricense de Electricidad). Dicho reglamento entrará en vigencia en marzo del 2019 para lo cual se aplicarán las notas técnicas 388 o 389²⁹.
- » Para los aires acondicionados, se cuenta con las siguientes normas técnicas voluntarias:
 - INTE E14-2, “Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Parte 2: Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire con capacidades nominales de hasta 19050 W (65000 Btu/h);
 - INTE E14-3, “Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Parte 3: Método de ensayo para determinar la eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga directa y sin ductos”;
 - INTE E14-4, “Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Parte 4: Método de ensayo para determinar la eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos”;
 - INTE E14-5, “Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Parte 5: Método de ensayo para determinar la eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido con flujo de refrigerante variable, con ductos”;

²⁷ La entrega de las NDC de Costa Rica se encuentra en: <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Costa%20Rica%20First/INDC%20Costa%20Rica%20Version%202%200%20final%20ENG.pdf> (accedido el 27 dic, 2017)

²⁸ <http://www.minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf> (accedido el 9 oct, 2018)

²⁹ El etiquetado se convirtió en obligatorio en marzo de 2018. Sin embargo, la implementación entrará en vigor hasta 2019.

- INTE/ISO 5151, "Equipos acondicionadores de aire y bombas de calor sin ductos. Ensayos y calificación del rendimiento";
 - INTE/ISO 13253, "Equipos acondicionadores de aire y bombas de calor con ductos. Ensayos y calificación del rendimiento".
- » La Directriz 011-MINAE exige el cumplimiento de las normas técnicas (MEPS) y recomienda el uso de refrigerantes naturales en equipos de aire acondicionado y aparatos de refrigeración en el sector público.
- » El Decreto 25584-MINAE-H-P a través de la Ley 7447 impone una multa sobre la importación de equipos ineficientes, pero está desactualizada. Para equipos de A/A exige una Relación de Eficiencia Energética (REE, por sus siglas en inglés) mínima de 1,95 (desde diciembre de 1995). Además, dicho decreto recomienda la ejecución de auditorías energéticas para los grandes consumidores de energía y fomenta la aplicación de medidas para reducir el consumo.
- » En la actualidad, una norma sobre construcción verde (basada en la norma voluntaria INTE C170:2014/Enm 1:2017) está en proceso de adquirir carácter obligatorio para el sector público, aplicable a remodelaciones y nuevas construcciones. No obstante, entre los aspectos de sistemas verdes se recomienda favorecer la ventilación natural y no usar aire acondicionado, de ser posible.

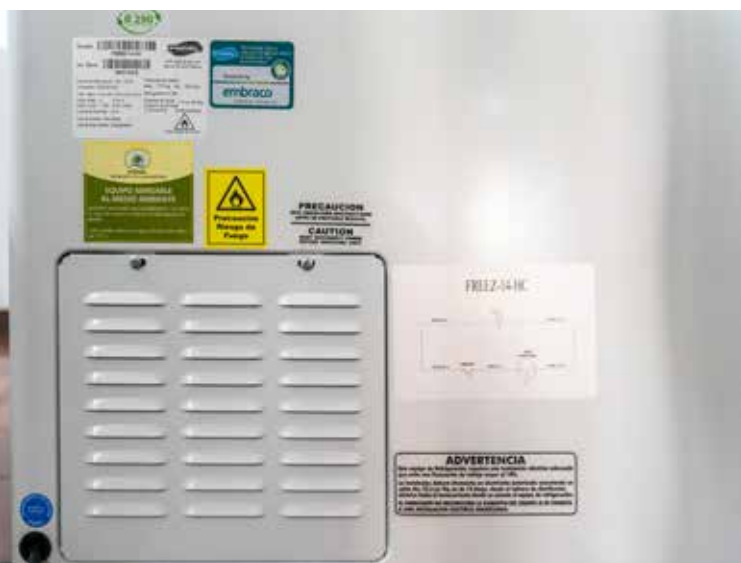
1.7.2 Políticas climáticas relacionadas con el sector RAC, Protocolo de Montreal/CMNUCC

Las NDC actuales incluyen un objetivo de reducción de emisiones de GEI del 44% en comparación con el escenario BAU para 2030. Si bien las NDC establecen esto como un objetivo para toda la economía, el sector RAC o sus subsectores no se mencionan explícitamente³⁰. Se han tomado acciones específicas en virtud de los planes de eliminación establecidos en el Protocolo de Montreal para los CFC y los HCFC. Durante el Plan Nacional de Eliminación (PEN) financiado por el Fondo Multilateral³¹, hasta el año 2013, el antiguo fabricante local en el sector de refrigeración doméstica se había transformado para utilizar los HFC como refrigerantes y el ciclopentano como agente espumante. En la etapa I y II, según se define en el plan de gestión de eliminación de HCFC (HPMP), el soplado de espuma se convierte de usar HCFC a usar ciclopentano o tecnologías de soplado de agua para el sector de la refrigeración doméstica y comercial. La etapa II del HPMP aún no se ha implementado en Costa Rica.

» Al igual que muchos países en desarrollo, Costa Rica todavía utiliza HCFC-22, que contribuye tanto al agotamiento de la capa de ozono (PAO = 0,055) como al calentamiento global (PCG = 1810). Los HCFC se están eliminando gradualmente en el marco del HPMP. Adicionalmente, Costa Rica estableció la prohibición de las importaciones de equipos que contienen HCFC a partir de principios del año 2020 (Decreto Ejecutivo N° 37614-MINAE).

» Antes de la Enmienda de Kigali (2016) se estableció el monitoreo de los HFC, pero no había habido planes específicos para restringir el uso de los HFC (por ejemplo, a través de etiquetas o prohibiciones de ventilación).

» Se introdujo apoyo financiero adicional al inicio del HPMP para las conversiones a soluciones de bajo PCG. Más adelante, el plan comercial de HPMP 2018-2020 presupuestó las pruebas de un sistema de refrigeración NH3/CO₂ en reemplazo del HCFC-22 para un fabricante mediano y una tienda minorista en Costa Rica.³²



30 <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Costa%20Rica%20First/INDC%20Costa%20Rica%20Version%20200%20final%20ENG.pdf>

31 <http://www.multilateralfund.org/74/English/1/7426.pdf> (accedido el 22 mayo, 2018)

32 <http://www.multilateralfund.org/80/Document%20Library/1/8018.pdf> (accedido el 22 mayo de 2018)

» La certificación de técnicos para trabajar con refrigerantes en el sector RAC es regulada a través de Decreto 35676-S-H-MAG-MINAET-2010. Aunque muchas instituciones y empresas privadas lo están exigiendo, la certificación es voluntaria. El INA desarrolló un plan de estudios de mejores prácticas (curso de 50 horas) para técnicos de servicio en el sector RAC. No obstante, existe un sector informal muy grande (estimación: ca. 70% de todos los técnicos de RAC) que no necesariamente cumple con las buenas prácticas. Actualmente, más de 1.300 técnicos han sido certificados. El INA ofrece un curso rápido que contiene un elemento práctico y uno teórico para formalizar a los técnicos en el sector RAC que participan en el mercado sin una capacitación formal. Hasta 2015, se distribuyeron cinco unidades de recuperación y 11 cilindros a los institutos locales de capacitación técnica en el marco del HPMP para fortalecer las capacidades de recuperación y reutilización de los HCFC.³³ La capacitación dedicada de técnicos, a pesar de la oferta abierta del curso de buenas prácticas, aún no se implementa en un nivel integral. El INA estima que más de 4.000 técnicos informales están activos en el sector RAC en Costa Rica³⁴. Más allá de lo mencionado, no existe una capacitación especialmente para el manejo de refrigerantes naturales. La mayoría de las instituciones de capacitación aún tienen un conocimiento limitado sobre las alternativas al HCFC-22 y los HFC comunes.

Otras acciones relevantes que no han sido abordadas incluyen:

- » No existe un impuesto sobre la importación de refrigerantes, o tan solo el 1% del valor de compra cuando el refrigerante proviene de afuera de tratados de libre comercio.
- » No se proporcionan incentivos financieros para los usuarios finales con el fin de promover la utilización de equipos que usen refrigerantes naturales.

» El retorno de los refrigerantes recuperados es posible en principio. Se brindó capacitación sobre el uso de unidades de recuperación y se suministraron unidades durante las actividades de eliminación de los CFC y HCFC. Sin embargo, la falta de centros de acopio y de la infraestructura de recuperación o destrucción conduce a la acumulación de refrigerantes no deseados en talleres individuales, con altos riesgos de fugas al medio ambiente.

» Un reglamento de la responsabilidad extendida del productor (REP, por sus siglas en inglés) exige a los importadores de los equipos de RAC (incluidos los refrigeradores domésticos, equipos de A/A, equipos industriales de refrigeración, refrigerantes) registrarse en el Ministerio de Salud para productos de manejo especial (Decreto 35933-S)³⁵. Sin embargo, la implementación es limitada. Los requisitos de reciclaje obligan a todos los proveedores de tecnología a recoger sus propios productos, pero no más allá. En consecuencia, los usuarios finales que compran un producto de otro distribuidor no tienen la posibilidad de cambiar el producto anterior por el nuevo en la misma tienda. Adicionalmente, muchos usuarios finales no conocen las prácticas de reciclaje.

» No existe una asociación nacional en el GAM para el sector RAC para abordar problemas específicos en el sector.

» Costa Rica no es miembro del comité internacional de estándares de refrigeración. No obstante, Costa Rica integra las secciones de ASHRAE³⁶ y pertenece a la representación de Centroamérica y el Caribe del IIAR (Instituto Internacional de Refrigeración con Amoníaco, por sus siglas en inglés).

Existe otro posible vínculo con el programa Bandera Azul Ecológica: una certificación ecológica que abarca una amplia gama de criterios (incluido el cambio climático). Se otorga anualmente con amplia participación en el país en diferentes sectores (p.ej. hoteles, bancos, empresas de servicio). No están incluidos aspectos de refrigerantes y eficiencia energética de equipos RAC en la actualidad.

33 <http://www.multilateralfund.org/74/English/1/7426.pdf> (accedido el 22 mayo de 2018)

34 Información brindada por INA en reunión del 22 de Octubre de 2018

35 http://www.digeca.go.cr/legislacion-vigente?keys=electronicos&field_categoria_legislacion_tid=55 (accedido el 27 de diciembre de 2017)

36 Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, refrigeración y Aire Acondicionado (por sus siglas en inglés)

2 ALCANCE DEL INVENTARIO

El inventario cubre las emisiones de GEI del sector RAC con base en un modelo de las existencias (stock) que cubre los principales subsectores de RAC y sus equipos. El stock actual y futuro se deriva de las cifras de ventas históricas, mientras que las tendencias y dinámicas históricas de crecimiento ayudan a determinar el stock futuro. Las emisiones se calculan para cada subsector y tipo de equipo en función de parámetros técnicos críticos que determinan las emisiones directas e indirectas.

El inventario abarca los siguientes elementos:

- » El potencial de mitigación calculado para el sector RAC costarricense, aplicando la metodología del Alcance 2 de 2006 del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC);
- » Para cada uno de los subsectores y sus respectivos tipos de equipos (Tabla 4), se establece un inventario de las ventas históricas y futuras de unidades y datos de stock;
- » Para cada tipo de aparato, se estiman el uso histórico, actual y futuro de energía y refrigerante y sus respectivas emisiones;
- » Las tecnologías de RAC actualmente implementadas se comparan con las mejores prácticas internacionales con vistas a su potencial de mitigación de GEI con base en una unidad;
- » Se analizan las tendencias futuras de los subsectores de RAC con respecto a los escenarios BAU (línea base) y MIT (mitigación).

TABLA 4: SUBSECTORES DE RAC Y SISTEMAS RELACIONADOS

SUBSECTOR	SISTEMAS
AIRE A CONDICIONADO UNITARIO	Equipos de A/A autocontenidos Equipos de A/A tipo Split residencial Equipos de A/A tipo Split comercial Equipos de A/A tipo Split residencial con ducto Equipos de A/A tipo Split comercial con ducto Equipos de A/A tipo paquete (Rooftop) Equipos de A/A tipo Multi-Split
CHILLERS	Chillers de aire acondicionado Chillers para procesos
SISTEMAS MÓVILES DE AIRE A CONDICIONADO	Aire acondicionado para automóviles Aire acondicionado para vehículos grandes
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	Refrigeradores domésticos Samsung, Toshiba, LG, Electrolux
REFRIGERACIÓN COMERCIAL	Equipos autónomos (Stand-alone) Unidades de condensación Sistemas centralizados (para supermercados)
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL	Equipos autónomos (Stand-alone) Unidades de condensación Sistemas centralizados
TRANSPORTE REFRIGERADO	Camiones/tráileres refrigerados

Los subsectores de RAC y todos los equipos cubiertos por el inventario se clasifican de acuerdo con los subsectores clave, tal como se describe en el Manual de RAC NAMA, Módulo 1: Inventario (Heubes and Papst, 2014).

Como se describe en la metodología siguiente, el inventario se basa en las emisiones reales recolectadas a nivel del equipo en lugar de los inventarios basados en el consumo de refrigerante en diferentes sectores. Este último enfoque generalmente se aplica para estimar las emisiones como parte de las encuestas de las alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO).



Se han incluido proyecciones futuras, utilizando en su mayoría tasas de crecimiento por el criterio de expertos y de proyecciones de crecimiento económico.

2.1 METODOLOGÍA

La metodología adoptada para el informe se basa en los conceptos descritos por Heubes et al. (2014), Penman et al. (2006) y en la metodología del Alcance 2 del IPCC de 2006. Como se debe observar, la palabra "sistema" se usa indistintamente en este informe con las palabras "aparato", "equipo" o "unidad".

Si bien tanto los inventarios de refrigerantes alternativos como los estudios de las alternativas a las SAO generalmente se basan en la metodología del Alcance 1, este inventario se basa en la metodología del Alcance 2 del IPCC para cubrir no solo las emisiones relacionadas con el refrigerante y sus opciones de mitigación, sino también las emisiones de GEI por el uso de energía y sus opciones de mitigación. Además, la metodología del Alcance 2 permite la preparación de acciones de mitigación de GEI (como las NAMA) en los subsectores de RAC relevantes y además el desarrollo y la revisión de las NDC. Como los inventarios de Alcance 2 se basan en equipos por cada unidad, se puede establecer un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) de los esfuerzos de mitigación a nivel de unidad.

Las metodologías de Alcance 1 y Alcance 2 tienen las siguientes diferencias básicas:

- » Alcance 1: las emisiones se calculan en función de un nivel de sector agregado (Heubes and Papst, 2014; Penman, 2006).
- » Alcance 2: las emisiones se calculan en función de un nivel de unidad desagregado (Heubes and Papst, 2014; Penman, 2006).

Las diferencias entre las metodologías de Alcance 1 y Alcance 2 también se ilustran en la Figura 8.

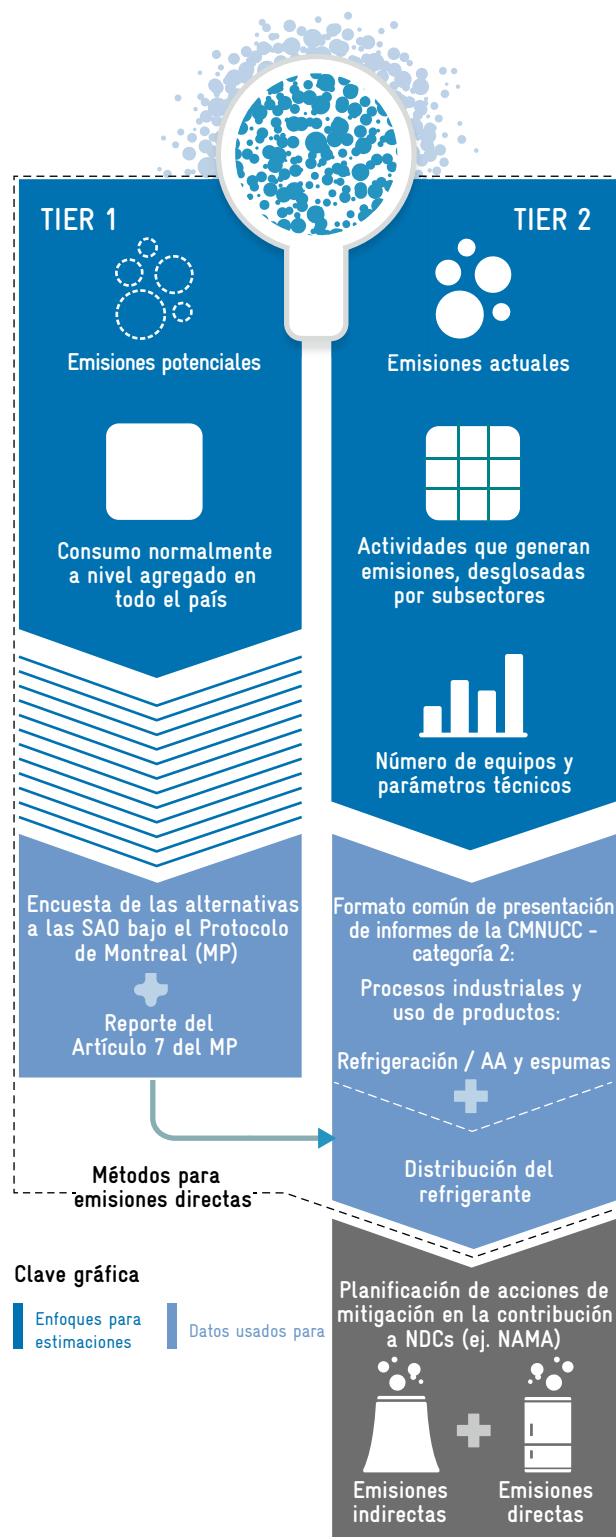


FIGURA 8: MÉTODOS PARA ESTIMACIONES DE EMISIONES DE GEI RELEVANTES PARA EL SECTOR RAC Y ESPUMAS (MUNZINGER ET AL., 2016)

La metodología de Alcance 2 utilizada en este informe toma en cuenta las emisiones directas e indirectas a nivel de unidad, como se ilustra en la Figura 9 para el stock de aparatos en uso, sus emisiones de fabricación y eliminación. Las emisiones indirectas son el resultado de la generación de electricidad para enfriamiento, considerando el consumo anual de electricidad y el factor de emisión de la red (GEF, por sus siglas en inglés) de Costa Rica. Las emisiones directas incluyen las

emisiones de refrigerante por fugas de gases refrigerantes durante la fabricación, el servicio, la operación y al final de la vida útil de los equipos de refrigeración y aire acondicionado. La metodología de Alcance 2 va más allá del enfoque de Alcance 1, que solo se enfoca en la demanda y el uso de refrigerantes. El enfoque de Alcance 1 no incluye las emisiones indirectas del uso de energía de los aparatos.

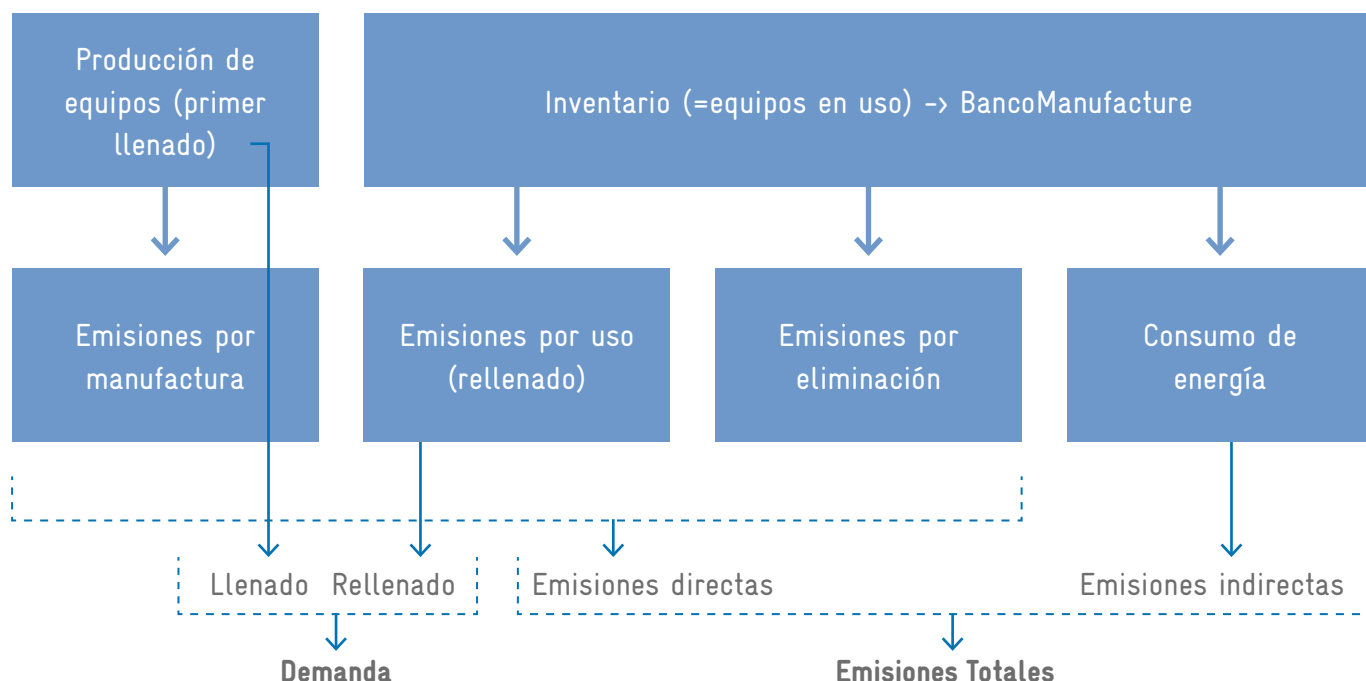


FIGURA 9: PERSPECTIVA GENERAL DE LA DEMANDA DE REFRIGERANTE DE RAC COMPARADA CON LAS EMISIONES TOTALES DE RAC (MUNZINGER ET AL., 2016)

El consumo de refrigerante se contabiliza en todas las etapas durante la vida útil del equipo:

- » Refrigerantes que se llenan en equipos recién fabricados.
- » Refrigerantes en sistemas operativos (existencias anuales promedio).
- » Refrigerantes remanentes en equipos durante su desmantelamiento.

2.2 PROCESO DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Se tomaron los siguientes pasos para completar el inventario:

- Paso 1.** Taller nacional de lanzamiento con las partes interesadas relevantes el 10 de octubre de 2017.

- Paso 2.** Preparación de cuestionarios y lista de partes interesadas para los subsectores seleccionados. Se enviaron cuestionarios en idioma español a importadores, distribuidores y diversos usuarios finales en todo el sector RAC. Debido a las dificultades encontradas para obtener participantes en la encuesta en los subsectores respectivos, se han desarrollado formatos muy reducidos para obtener algunos datos básicos para la cadena de frío, hoteles y el sector de servicios de RAC.
- Paso 3.** Envío de cuestionarios a las partes interesadas.
- Paso 4.** Entrevistas con las partes interesadas para explicar los datos requeridos.
- Paso 5.** Verificaciones de validación de datos primarios y recopilación de información complementaria de datos secundarios y terciarios, devoluciones de llamadas y recopilación de datos recibidos a través de cuestionarios en las hojas maestras de formularios de ingreso de datos.
- Paso 6.** Verificación de datos durante un taller de inventario nacional el 10 de julio de 2018.

Los datos para este inventario se obtuvieron de fuentes primarias, secundarias y terciarias. Se realizaron las siguientes actividades para obtener información:

» Se realizó una encuesta con el fin de recopilar datos **primarios**. Se identificaron todos los importadores de equipos RAC y se contactaron individualmente los más grandes, que representan más del 80% de la cuota del mercado en el intervalo de la encuesta 2012-2016. 15 de ellos proporcionaron dato con respecto a haber alcanzado una cuota del mercado aproximadamente del 75%. Sin embargo, los propios encuestadores llenaron varios de los cuestionarios resultantes mientras utilizaban la información relevante proporcionada por las empresas. El consultor contratado completó tres cuestionarios adicionales bajo el uso exclusivo de datos secundarios. También cabe mencionar que algunos importadores agrupan sus actividades en grupos empresariales. Efectivamente, se obtuvieron 17 cuestionarios de importadores, tres de los cuales se basan exclusivamente en datos secundarios. Las cifras de ventas han sido compartidas por pocas empresas,

pero si los datos se compartieron, siempre se proporcionaron cifras de importación. Por esta razón, nuestro modelo se basa en números de importación en lugar de ventas. Además, 16 usuarios finales y una empresa de servicios participaron y entregaron cuestionarios llenos. Varios actores adicionales, principalmente del sector de servicios RAC y del sector hotelero, y algunos actores de la cadena de frío, proporcionaron información básica de apoyo mediante formatos altamente simplificados. Las principales partes interesadas involucradas en el sector RAC fueron entrevistadas: representantes de aduanas, expertos en el sector de transporte y representantes de empresas de la cadena de frío. Todos los datos recopilados mencionados sirvieron para estimar las existencias (stock) y las cifras de importación y para definir los parámetros del modelo con respecto a los datos técnicos de los equipos y el crecimiento del mercado. Los equipos de aire acondicionado unitario (UAC) y los subsectores de refrigeración doméstica, comercial e industrial se basaron principalmente en datos primarios.

» Los datos **secundarios** de la agencia de aduanas fueron proporcionados por la OTO y se utilizaron para validar las cifras de importación en comparación con los datos primarios recopilados. La refrigeración doméstica, debido a la alta congruencia con los datos de stock disponibles, se basó en datos primarios, mientras que los chillers se extrapolaron entre datos primarios y secundarios. Además, los datos sobre vehículos en el registro del Instituto Nacional de Seguros se utilizaron para estimar el número de sistemas móviles de aire acondicionado (MAC, por sus siglas en inglés) usados en automóviles y vehículos grandes (vehículos de carga y autobuses), teniendo en cuenta las indicaciones clave de los expertos del sector. Además, los datos nacionales de importación de refrigerantes por masa (cilindros) proporcionados por la OTO se utilizaron para realizar una verificación de plausibilidad del consumo resultante de refrigerantes calculado por los datos del modelo.

» Los datos **terciarios** se utilizaron para llenar los vacíos cuando no hubo otros datos disponibles. El número de unidades de transporte refrigerado se estimó en función de la producción de alimentos para la exportación y el consumo nacional, junto con las indicaciones clave de los expertos del sector. Además, se utilizaron datos estadísticos para validar los datos de stock de refrigeración doméstica y UAC.

Se encontraron los siguientes desafíos durante la recopilación de datos primarios para este inventario:

- » Renuencia a proporcionar cualquier información (en varias empresas); dificultades para comunicarse con las personas adecuadas de contacto; a menudo elevaron el canal de comunicación hacia los representantes de alto nivel de las empresas, en su mayoría gerentes generales.
- » Dificultades para rellenar cuestionarios por parte de las empresas; en muchos casos (afectando a la mayoría de los grandes importadores) los encuestadores llenaron los cuestionarios después de que la empresa respectiva hubiera compartido la información relevante, con un gran gasto de tiempo.
- » En la mayoría de los casos, no se pudieron realizar visitas personales para facilitar el proceso y explicar los cuestionarios en persona, debido a la persistente renuencia de las empresas a ser visitadas.
- » No se pudieron obtener datos primarios completos para chillers, refrigeración industrial, transporte refrigerado y sistemas móviles de aire acondicionado (MAC). Además, los datos de aduanas de estos subsectores aportaron información adicional muy escasa, que mayormente trataba sobre piezas de repuesto. Las fuentes mencionadas anteriormente se utilizaron para llenar las brechas.
- » A pesar de ciclos de retroalimentación, los cuestionarios regresaron incompletos. Especialmente los datos técnicos y los indicadores del sector se mantuvieron llenos de brechas; además, no pudieron resolverse unos pocos casos de inverosimilitud.
- » La línea de tiempo constituyó un factor adicional, ya que la mayor parte de los cuestionarios se recibió en las últimas semanas antes de la fecha límite. Por lo tanto, la realización de ciclos completos de retroalimentación fue desafiante y condujo a centrarse solamente en los actores más relevantes (principales importadores y algunos grandes usuarios finales) y, en consecuencia, en la mejora de solo algunos de los datos proporcionados.

Debido a esas dificultades, los datos primarios recolectados se encontraron incompletos. Por esta razón, los datos de aduanas, vehículos registrados

y estadísticas se utilizaron a menudo en sustitución o como complemento de los datos recopilados. Los supuestos se presentan en detalle en los siguientes capítulos. Las principales dificultades encontradas al usar datos secundarios fueron las siguientes:

- » La clasificación de los datos aduaneros, aunque presente, no refleja la precisión requerida por el inventario en términos de subsectores y tipos de equipos. Como consecuencia, la atribución de los datos de equipos recopilados a los grupos de dispositivos definidos en el inventario fue difícil y propensa a errores. Especialmente las unidades de A/A tipo Split con ducto, tipo paquete (Rooftop) y Multi-Split/VRF, así como los tipos de equipos en refrigeración comercial e industrial, no se pudieron asociar de forma inequívoca y están sujetas a una posible sobreestimación en otros grupos.
- » Los datos de aduanas resultaron muy incompletos y vagos con respecto a los datos técnicos clave de los equipos.
- » Se han encontrado numerosos errores de clasificación. Los chillers son una debilidad específica, ya que se distribuyen entre un gran número de partidas arancelarias de la aduana, debido a la falta de un artículo propio.

2.3 PARÁMETROS DE MODELADO

Para el modelado de datos de este inventario, los parámetros se derivaron como valores promedio de la recopilación de datos primarios y secundarios, como se muestra en la Tabla 5.

Los parámetros de modelado se derivaron de cuestionarios e información de entrevistas en la medida de lo posible. Las brechas se llenaron con los valores predeterminados obtenidos de la base de datos de Green Cooling Initiative³⁷. Principalmente, la suposición de tasas de fuga requería un amplio uso de los valores predeterminados. Una pequeña cantidad de actores proporcionaron información básica en esta área, pero las indicaciones proporcionadas no alcanzaron un nivel confiable que justifique su uso en este modelo.

37 Página web de la Green Cooling Initiative (GCI): www.green-cooling-initiative.org/country-data

TABLA 5: PARÁMETROS DE MODELADO PARA ESCENARIO BAU (VALORES PREDETERMINADOS MARCADOS CON “ * ”)

TIPO DE EQUIPO	TIEMPO DE VIDA ÚTIL [AÑOS]	REFRIGERANTES PRINCIPALES ³⁸	CARGA INICIAL (CI) [KG] ³⁹	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO (KW)	FACTOR DE EMISIÓN DURANTE SERVICIO ⁴⁰ [% DE CI]	FACTOR DE EMISIÓN DE ELIMINACIÓN [% DE CI]
EQUIPOS DE A/A AUTOCONTENIDOS	10	R22, R410A (R407C)	0,68	3,0	0,1*	0,95*
EQUIPOS DE A/A TIPO SPLIT	10	R22, R410A (R407C)	1,29	4,9	0,1*	0,95*
EQUIPOS DE A/A TIPO SPLIT CON DUCTO	10*	R22, R407C, R410A	2,01	11	0,08*	0,9*
EQUIPOS DE A/A TIPO MULTI-SPLIT	10	R22, R407C, R410A, R134a	10	35	0,1*	0,75*
EQUIPOS DE A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	15*	R22, R407C, R410	7,07	32	0,1*	0,8*
CHILLERS DE AIRE ACONDICIONADO	20	R22, R134a R410A	44	125	0,22*	0,95*
CHILLERS PARA PROCESOS	20	R22, R134a R407C, R410A; R290	119	543	0,22*	1,0*
AIRE ACONDICIONADO PARA COCHES	15	R134a (R1234yf)	0,6	5,0*	0,15*	1,0*
AIRE ACONDICIONADO PARA VEHÍCULOS GRANDES	15	R134a (R1234yf)	6,0	25*	0,2*	0,8*
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	10	R134a, R600a	0,102	0,20	0,02*	0,8*
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	10	R134a, R404A, (R290)	0,59	2,2	0,03*	0,8*
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	10	R22, R404A, R134a	4,0*	5,0*	0,3*	0,85*
SISTEMAS-CENTRALIZADOS (PARA SUPERMERCADOS)	20*	R22, R134a, R404A	600	375	0,38*	0,9*
UNIDADES INDUSTRIALES DE CONDENSACIÓN	20*	R22, R134a, R404A; R717	10	10*	0,25*	1,0*
SISTEMAS CENTRALIZADOS	20	R717	500*	270*	0,4*	1,0*
CAMIONES/TRÁILERS REFRIGERADOS	10	R404A, R407C, R410A, R134a	6,5*	8,0*	0,25*	0,5*

38 Los números entre paréntesis son relevantes solo para la proyección futura; los valores después del punto y coma son acciones menores.

39 Valores tomados de <http://www.green-cooling-initiative.org> y modificados de acuerdo con la consulta de las partes interesadas / de la industria.

Los valores de la relación de la eficiencia energética (REE) de todos los tipos de equipos suponen un aumento gradual basado en incrementos de 5 a 10 años, como se muestra en la Tabla 6 y la Tabla 7 para el escenario BAU y MIT, respectivamente. Los promedios de REE actuales

se toman del inventario, donde se han proporcionado datos adecuados. De lo contrario, se utiliza el valor predeterminado de la base de datos de Green Cooling Initiative⁴⁰.

TABLA 6: PARÁMETROS DE LA RELACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (REE⁴¹) PARA EL ESCENARIO BAU (IMPORTACIONES)

TIPO DE EQUIPO	2017	2020	2025	2030	2040	2050
EQUIPOS DE A/A AUTOCONTENIDOS	3,20	3,60	3,70	3,70	3,90	3,90
EQUIPOS DE A/A TIPO SPLIT	3,36	3,60	3,75	3,90	4,10	4,30
EQUIPOS DE A/A TIPO SPLIT CON DUCTO	3,42	3,60	3,60	3,70	3,70	3,70
EQUIPOS DE A/A TIPO MULTI-SPLIT	3,24	3,60	3,60	3,70	3,70	3,70
EQUIPOS DE A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	3,31	3,60	3,70	3,90	3,90	4,10
CHILLERS DE AIRE ACONDICIONADO	3,04	3,30	3,50	3,50	3,50	3,50
CHILLERS PARA PROCESOS	3,33	3,60	3,80	3,80	3,80	3,80
AIRE ACONDICIONADO PARA AUTOMÓVILES	2,50	2,60	2,70	2,80	2,80	2,80
AIRE ACONDICIONADO PARA VEHÍCULOS GRANDES	2,50	2,60	2,70	2,70	2,70	2,70
REFRIGERACIÓN DÓMESTICA	1,31	1,45	1,60	1,68	1,90	2,20
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	2,71	2,73	2,78	2,80	2,85	2,90
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
SISTEMAS CENTRALIZADOS (PARA SUPERMERCADOS)	1,73	1,80	1,80	1,90	1,90	1,96
UNIDADES INDUSTRIALES DE CONDENSACIÓN	1,82	1,82	1,84	1,86	1,90	1,90
SISTEMAS CENTRALIZADOS	3,33	3,60	3,80	3,80	3,80	3,80
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21

40 Página web de la Green Cooling Initiative (GCI): www.green-cooling-initiative.org/country-data

41 Nota: Los valores de REE se han utilizado para este inventario, que no debe confundirse con la SREE (relación de eficiencia energética estacional). La SREE tiene en cuenta las condiciones locales, incluido el clima, por lo que no se puede convertir en REE por medio de un número de conversión fijo.

TABLA 7: PARÁMETROS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (REE) PARA EL ESCENARIO DE MITIGACIÓN (MIT) (VENTAS/IMPORTACIONES)

TIPO DE EQUIPO	2017	2020	2025	2030	2040	2050
EQUIPOS DE A/A AUTOCONTENIDOS	3,20	3,70	3,90	4,10	4,30	4,50
EQUIPOS DE A/A TIPO SPLIT	3,36	4,26	4,30	5,00	5,25	5,50
EQUIPOS DE A/A TIPO SPLIT CON DUCTO	3,42	3,70	3,90	3,90	3,90	3,90
EQUIPOS DE A/A TIPO MULTI-SPLIT	3,24	3,70	3,90	4,10	4,30	4,50
EQUIPOS DE A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	3,31	3,70	3,90	4,10	4,30	4,50
CHILLERS DE AIRE ACONDICIONADO	3,04	3,70	3,90	4,10	3,90	4,10
CHILLERS PARA PROCESOS	3,33	4,00	4,20	4,32	4,48	4,80
AIRE ACONDICIONADO PARA AUTOMÓVILES	2,50	2,65	2,80	2,90	3,20	3,50
AIRE ACONDICIONADO PARA VEHÍCULOS GRANDES	2,50	2,65	2,80	2,90	3,20	3,50
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	1,31	1,60	1,90	2,20	2,50	2,80
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	2,71	2,75	2,80	2,85	2,90	2,90
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40	3,50
SISTEMAS CENTRALIZADOS (PARA SUPERMERCADOS)	1,73	1,90	2,05	2,20	2,30	2,40
UNIDADES INDUSTRIALES DE CONDENSACIÓN	1,82	1,90	1,90	1,95	1,95	2,00
SISTEMAS CENTRALIZADOS	3,33	4,00	4,20	4,32	4,48	4,80
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	2,16	2,19	2,20	2,20	2,20	2,25



El factor de emisión de red eléctrica (GEF, por sus siglas en inglés) es una medida de la intensidad de emisión de CO₂ por unidad de generación eléctrica en el sistema total de la red. En este estudio, los años de 2010 a 2016 se basan en el valor individual de cada año determinado por el INM. Las emisiones indirectas resultantes oscilan significativamente dentro de este período, debido a la gran variación del valor del GEF de un año al otro. Para las proyecciones futuras se utiliza un GEF de 0,0836⁴² que corresponde a una participación de energía renovable mayor del 95% en la producción total de energía. Se supone que el GEF permanece constante para el escenario BAU y el escenario MIT regular. La reducción del GEF resulta en una disminución del potencial total de mitigación, que en general ya es muy bajo en Costa Rica debido a su valor marginal del GEF.

Las tasas de crecimiento se basan principalmente en datos primarios, aunque en algunos sectores los representantes de la industria se mostraron reacios a estimar las tasas de crecimiento futuras. También se consideraron las tasas de crecimiento históricas, así como las tendencias de la población y el crecimiento económico para modelar las ventas de unidades futuras en los subsectores respectivos que se enumeran en la Tabla 8. El supuesto clave detrás de la disminución gradual de las tasas de crecimiento en las próximas décadas es la saturación creciente del mercado. La retroalimentación de las partes interesadas relevantes a lo largo del proceso de la encuesta y durante el taller de validación fue clave para los estimados de tasa de crecimiento más moderados para los equipos autocontenidos y Multi-Split de A/A.

⁴² En kgCO₂/kWh; valor promedio de 2012-2016, fuente proporcionada por INM: https://www.researchgate.net/publication/288978036-Hydrocarbon-refrigerants_for_room-air-conditioners_and-commercial-refrigeration (04.06.2018)

TABLA 8: TASAS ANUALES DE CRECIMIENTO FUTURO PARA LAS VENTAS DE EQUIPOS RAC

SUBSECTORES	TIPOS DE EQUIPO	2016-2020	2021-2030	2031-2050
A/A UNITARIO	Equipos de A/A autocontenidos	4,5%	1,5%	0,3%
A/A UNITARIO	Equipos de A/A tipo Split residenciales	7,5%	2,5%	0,6%
A/A UNITARIO	Equipos de A/A tipo Split comerciales	7,5%	2,5%	0,6%
A/A UNITARIO	Equipos de A/A tipo Split con ducto residenciales	7,5%	2,5%	0,6%
A/A UNITARIO	Equipos de A/A tipo Split con ducto comerciales	7,5%	2,5%	0,6%
A/A UNITARIO	Equipos de A/A tipo Multi-Split	7,5%	2,5%	0,6%
A/A UNITARIO	Equipos de A/A tipo paquete (Rooftop)	4,5%	1,5%	0,3%
CHILLERS	Chillers de aire acondicionado	1,7%	0,6%	0,1%
CHILLERS	Chillers para procesos	1,7%	0,6%	0,1%
SISTEMAS MÓVILES DE A/A	Aire acondicionado para automóviles	2,5%	0,8%	0,2%
SISTEMAS MÓVILES DE A/A	Aire acondicionado para vehículos grandes	1,7%	0,4%	0,1%
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	Refrigeración doméstica	2,5%	0,8%	0,2%
REFRIGERACIÓN COMERCIAL	Equipos autónomos (Stand-alone)	1,7%	0,6%	0,1%
REFRIGERACIÓN COMERCIAL	Unidades de condensación	1,7%	0,6%	0,1%
REFRIGERACIÓN COMERCIAL	Sistemas centralizados (para supermercados)	1,0%	0,3%	0,1%
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL	Unidades industriales de condensación	1,7%	0,6%	0,1%
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL	Sistemas centralizados	1,7%	0,6%	0,1%
TRANSPORTE REFRIGERADO	Camiones/tráileres refrigerados	2,5%	0,8%	0,2%

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS DE DATOS DE VENTAS Y EXISTENCIAS POR SUBSECTOR

La recopilación de datos y la revisión de datos secundarios se centraron en equipos importados. Con respecto a los datos primarios, la encuesta se enfocó en las unidades importadas. No obstante, se consideraron datos de las unidades en operación mediante la recopilación de datos de los usuarios finales y del sector de servicios para algunas indicaciones adicionales.

Se analizó el desarrollo de las ventas y existencias (stock) de los subsectores clave. El análisis del stock considera la incorporación de nuevos equipos impulsados por el desarrollo de ventas y la eliminación de equipos antiguos teniendo en cuenta los parámetros que se recopilaban en la encuesta, o de lo contrario, utilizando estimados estandarizados para la vida útil de los equipos.

Se realizó la recopilación de datos primarios con cuestionarios y entrevistas con las partes interesadas para los subsectores del A/A unitario, de la refrigeración doméstica, comercial e industrial. Cabe destacar que los años 2010 y 2011 son el resultado del desarrollo de la población de existencias y ventas, tal como lo calculó el modelo. El alcance de la recopilación de datos primarios abarca los años de 2012 a 2016. La información sobre el transporte refrigerado se estimó con base en un análisis de la demanda de la producción nacional de alimentos y podría estar subrepresentado debido a estimaciones conservadoras en la flota de vehículos derivados. Debido a la falta de disponibilidad de datos nacionales, las cantidades de sistemas móviles de A/A usados en automóviles y vehículos grandes se estimaron a partir del stock total de vehículos.

Nota: para todos los gráficos que muestran las unidades importadas de 2010 a 2016, los primeros dos años dentro de este plazo no se basaron en datos recopilados, sino que se calcularon en el modelo. Esto se aplica también para los otros subsectores que se presentan a continuación.

Para todos los subsectores, los datos recopilados de importación se muestran en el anexo (véase la sección 5.3).

3.1.1 Datos de ventas y stock de aire acondicionado unitario

Las cifras de equipos importados de A/A unitario (UAC) se obtuvieron a través de un cuestionario a las empresas importadoras. Adicionalmente, se obtuvo una estimación de las importaciones totales a partir del análisis de los datos aduaneros proporcionados. Los números utilizados en el modelo se extrapolaron entre ambas fuentes de datos. La Figura 10 muestra las unidades reportadas para los años de 2010 a 2016. Los números de importación arriba en la Figura combinan el uso residencial y comercial.

Una encuesta del consumo energético nacional realizada por el MINAE en el año 2012 reveló que el 1,8% de los hogares contaba con aire acondicionado. Este estimado sugiere que alrededor del 20% de los aires acondicionados estaban instalados en el sector residencial. Sin embargo, esta cuota estimada es una aproximación vaga que intenta derivar la comparación con las contribuciones del sector público y comercial que se derivan de un método diferente. Además, la distribución estimada podría cambiar significativamente en el futuro. Factores como la riqueza económica, la urbanización y el aumento esperado de la temperatura hacen que la distribución futura entre usos residenciales y comerciales sea difícil de predecir.

Las unidades tipo Split sin ducto representan la mayor parte de los equipos de UAC en Costa Rica, y contribuyen con un 92% a las importaciones totales de UAC en 2016. Todos los demás tipos de equipos de UAC oscilan entre el 1% (Multi-Split) y el 3% (equipos autocontenidos). Sin embargo, es importante mencionar que los datos generales de la aduana e incluso algunos de los cuestionarios recibidos están sujetos a clasificaciones imprecisas. En consecuencia, una proporción significativa de otros tipos de equipos de UAC pueden haberse sumado erróneamente al tipo de Split sin ducto.

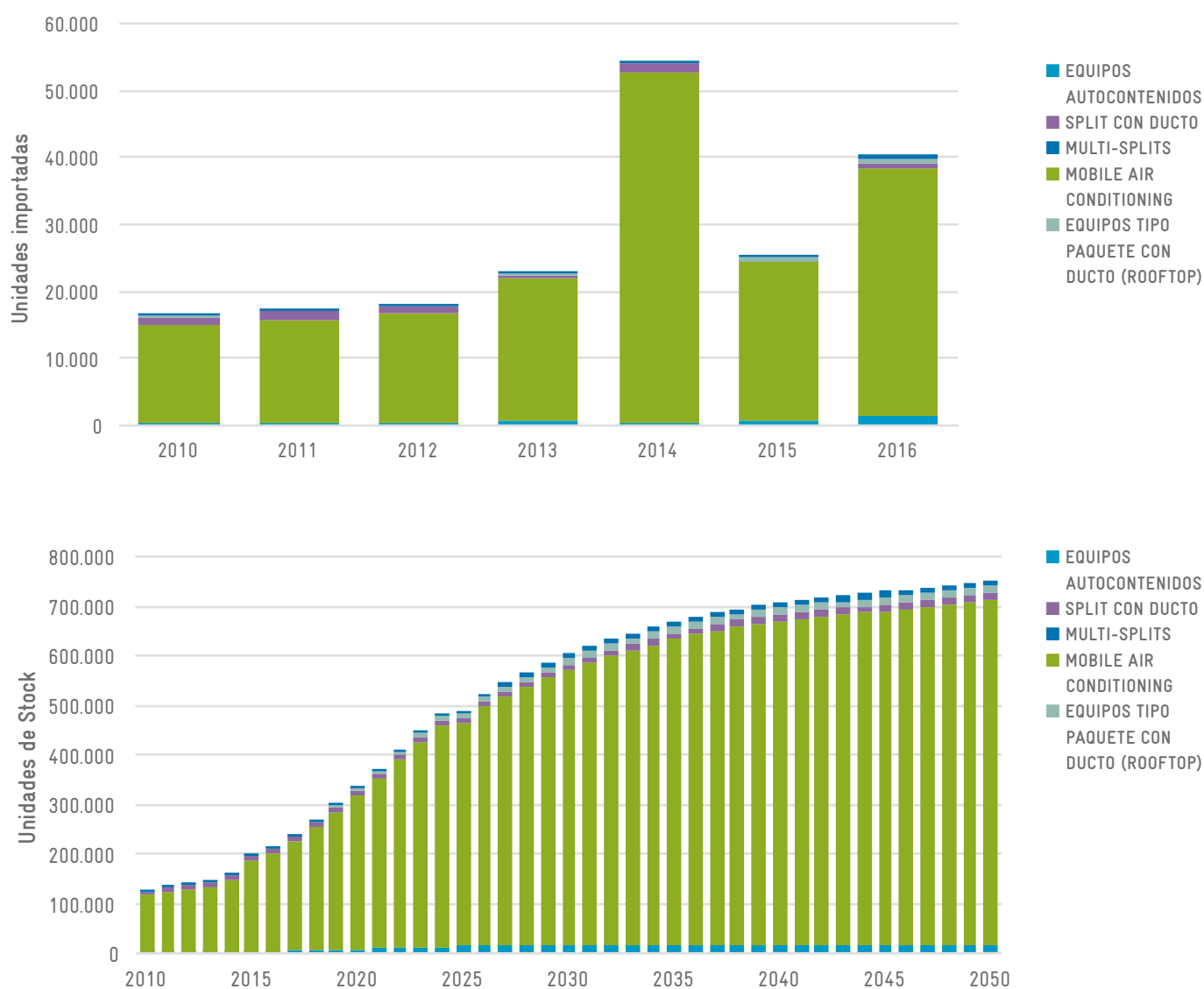


FIGURA 10: EQUIPOS DE A/A UNITARIO IMPORTADOS (2010-2016, ARRIBA) Y LAS UNIDADES DE STOCK (2010-2050, ABAJO)

El promedio de la capacidad frigorífica de los equipos tipo Split en Costa Rica gira alrededor de los 17.000 BTU/h (4,9 kW) con una REE estimada de 3,0 para el stock. Para las importaciones recopiladas dentro de la encuesta se obtuvo una REE promedio de 3,4 lo cual

todavía queda por debajo del actual estándar mínimo de rendimiento energético (MEPS) voluntario que exige 3,57 para los equipos tipo Split de este tamaño. El sector de aire acondicionado unitario generalmente se caracteriza por una tendencia de alto crecimiento.

3.1.2 Datos de ventas y stock de los chillers

En el subsector de los chillers se obtuvieron pocos datos en los cuestionarios. Por otro lado, los datos secundarios obtenidos por medio de aduanas carecen de una clasificación propia mediante partida arancelaria para los chillers, con la consecuencia que estos equipos se dispersan entre diferentes partidas y pueden desviarse significativamente de los valores reales. Por esta razón se aplicó una extrapolación entre las importaciones según los datos primarios y los datos secundarios (Figura 11). Ambos datos se presentan en las Tablas 9 y 10.

La distinción entre los chillers de A/A y aquellos usados en procesos se orientó en el insumo recibido durante el taller de validación del inventario, consolidado tanto por la distribución entre los chillers recopilados en los cuestionarios de los usuarios finales como por los datos secundarios por la aduana, y además tomando en cuenta las diferencias de capacidad frigorífica y carga inicial de refrigerante entre ambas subcategorías.

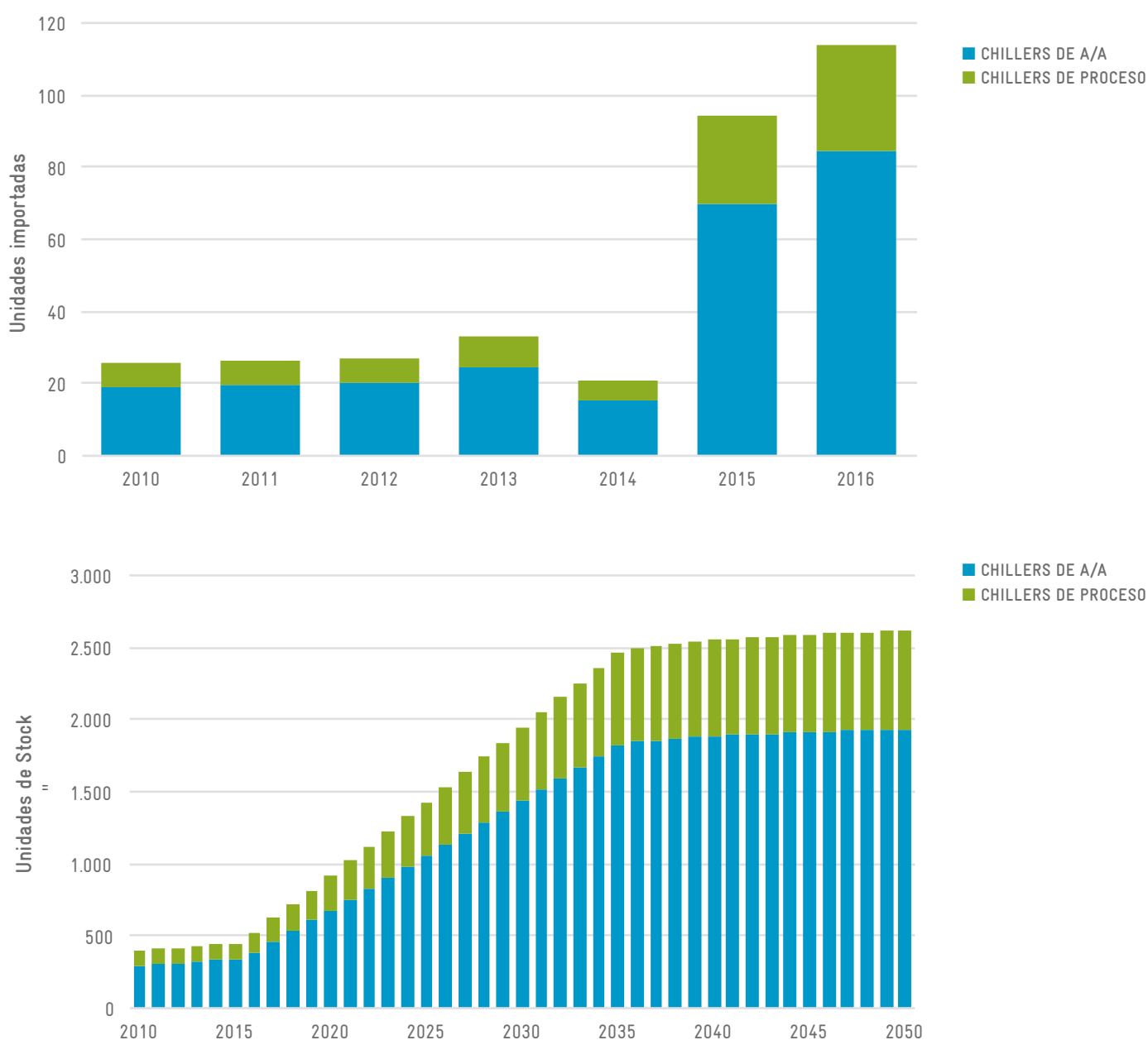


FIGURA 11: CHILLERS IMPORTADOS (2010-2016, ARRIBA) Y LAS UNIDADES DE STOCK (2010-2050, ABAJO)

R717 (amoníaco) representa un caso especial, ya que no se han obtenido datos primarios ni secundarios (de aduanas) para ningún equipo que utilice R717. Sin embargo, la información de las partes interesadas clave y los datos nacionales del consumo de refrigerantes evidencian un uso significativo de esta sustancia. Por lo tanto, aparte de una participación menor de R717 asociada a unidades de condensación industriales, se incluyó una cantidad de stock moderada en el modelo que aún podría ser subestimada en comparación con la importación total de esta sustancia a nivel nacional.

Estas unidades se asignaron como sistemas centralizados dentro del subsector de refrigeración industrial y tienden a proporcionar enfriamiento a un nivel de capacidad frigorífica significativamente mayor que los chillers que utilizan cualquier otro refrigerante.

3.1.3 Datos de sistemas móviles de aire acondicionado

Las cifras resultantes de los vehículos con unidad de aire acondicionado que corresponden al subsector de los sistemas móviles de aire acondicionado (MAC) se ilustran en la Figura 12.

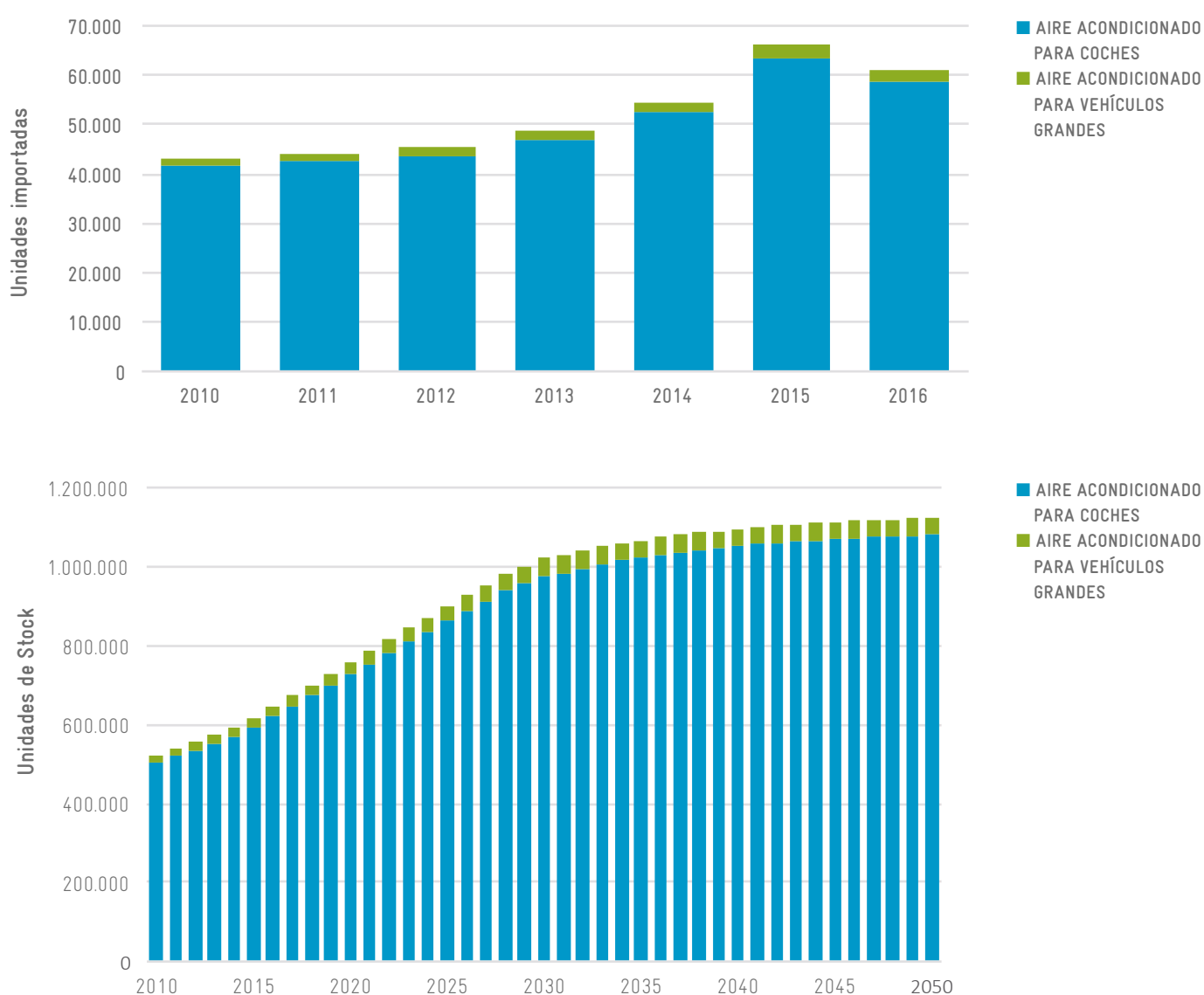


FIGURA 12: IMPORTACIONES (2010-2016, ARRIBA) Y LAS UNIDADES DE STOCK (2010-2050, ABAJO) EN EL SUBSECTOR DE SISTEMAS MÓVILES DE AIRE ACONDICIONADO (MAC)

Para la elaboración de los datos se cuenta con la flota vehicular del país según los vehículos registrados por el Instituto Nacional de Seguros (INS). A esta base se le aplicó un porcentaje que refleja la cantidad estimada con equipos de climatización para vehículos particulares y vehículos grandes y que se orientó en indicaciones obtenidas en consultas con agencias de vehículos.

3.1.4 Datos de ventas y stock de la refrigeración doméstica

Los datos de refrigeración doméstica se basan en los datos estadísticos de stock. En la Encuesta Nacional de Hogares del año 2014⁴³ se contabilizaron 1,34 millones de refrigeradores. Además, se consideraron las importaciones según datos secundarios (Figura 13) para el crecimiento durante el período de recopilación de datos (2012-2016).

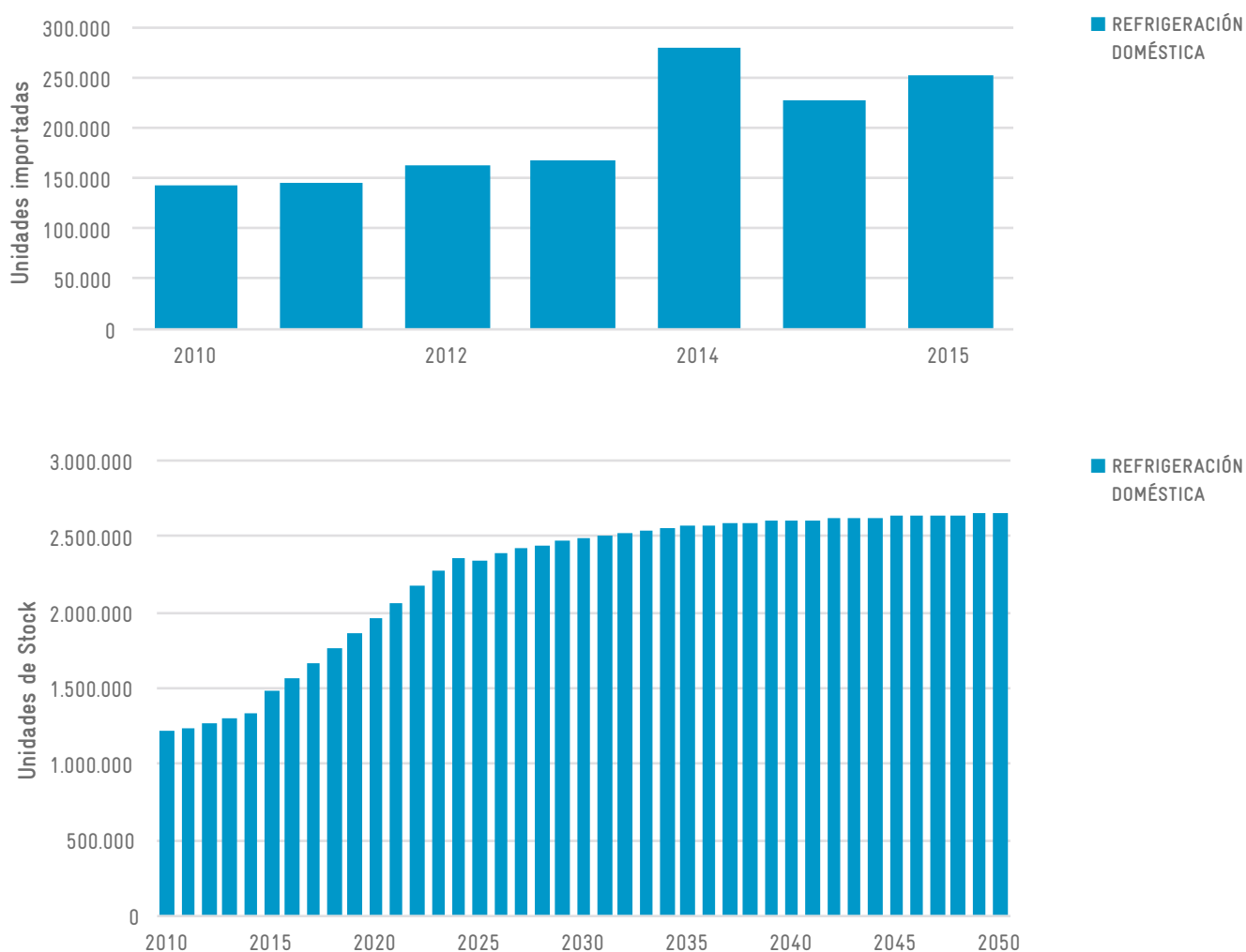


FIGURA 13: EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA IMPORTADOS (2010-2016, ARRIBA) Y LAS UNIDADES DE STOCK (2010-2050, ABAJO)

Cabe mencionar que también se consiguió una amplia serie de datos primarios. No obstante, en estos, el pasado fabricante local falló en especificar su contribución al mercado doméstico. Además, la orientación en los

datos de stock toma mejor en cuenta el uso de algunos refrigeradores de tamaño doméstico en el sector comercial (por ejemplo en hoteles, oficinas).

43 INEC, Encuesta Nacional de Hogares, 2014

3.1.5 Datos de ventas y stock de la refrigeración comercial

Para el subsector de la refrigeración comercial se usaron los datos primarios de importación para los equipos autónomos (Stand-alone) y las unidades de condensación. En el caso de los sistemas centralizados para supermercados se usó otro método debido a que no se consiguió información de equipos importados, ni datos primarios ni secundarios. En los procesos aduaneros no existe una partida arancelaria propia para este tipo de

equipo. Con el respaldo de los datos de usuarios finales donde se especificaron varias unidades instaladas, se estimó el total de equipos instalados (stock) mediante la cantidad de supermercados grandes y medianos en Costa Rica. De tal manera se derivaron 244 sistemas centralizados para el año 2016, distribuidos entre más de 670 supermercados grandes y medianos. Entre los numerosos equipos, tanto los autónomos (Stand-alone) como las unidades de condensación, los sistemas centralizados prácticamente no son visibles en la Figura 14.

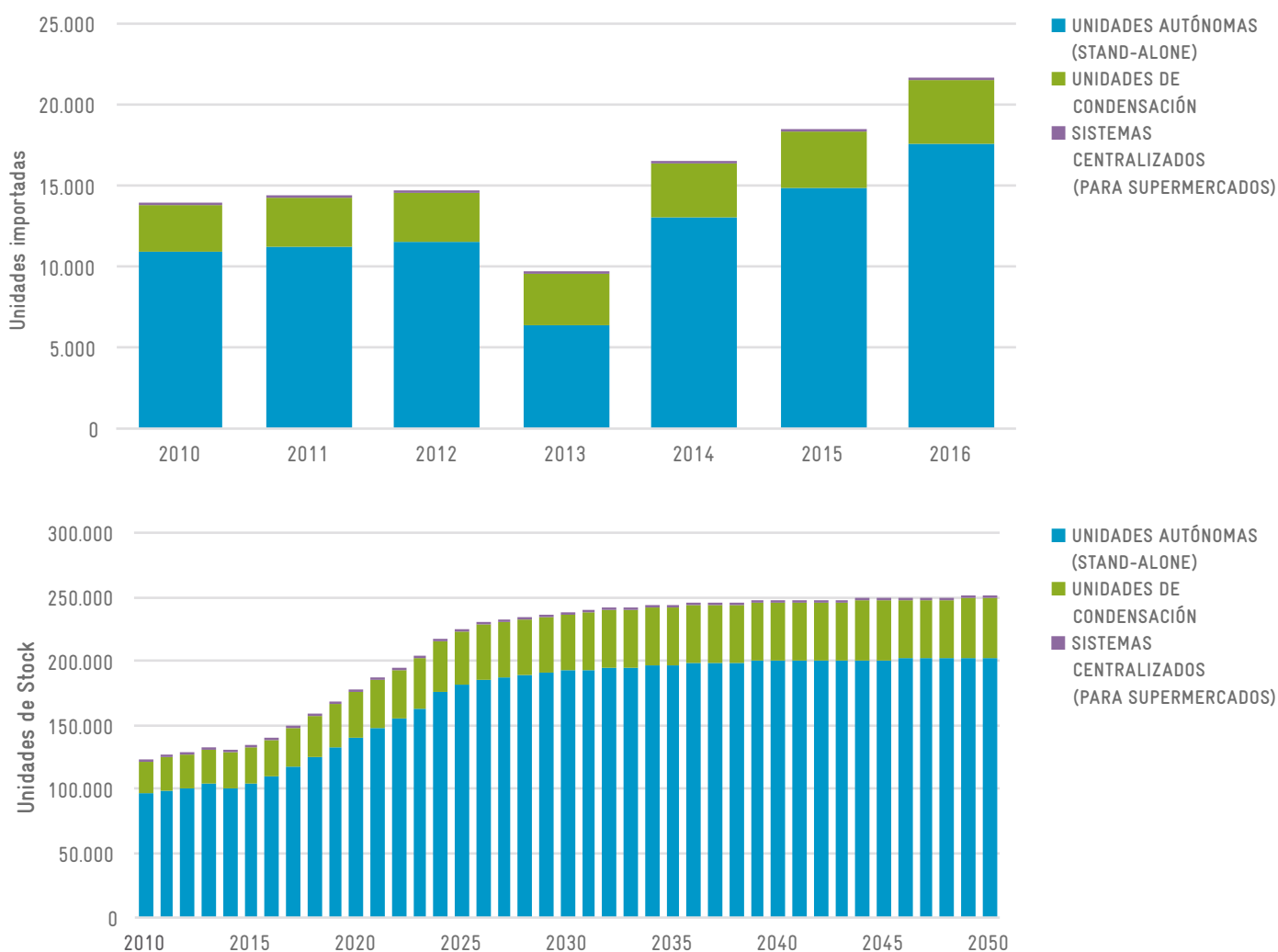


FIGURA 14: EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL IMPORTADOS (2010-2016, ARRIBA) Y LAS UNIDADES DE STOCK (2010-2050, ABAJO)

3.1.6 Datos de ventas y stock de la refrigeración industrial

En el caso del subsector de la refrigeración industrial, los datos secundarios obtenidos por la aduana no permitieron la identificación de equipos correspondientes. No obstante, los datos primarios de importación revelaron algunas unidades de condensación en este subsector. Estos equipos se muestran a continuación (Figura 15). Los cuestionarios de los usuarios finales no contaron con la participación de actores relevantes. En su lugar

se realizó una encuesta reducida para los actores de la cadena de frío, la cual reveló el uso de varios cuartos fríos. Estos equipos están asociados con los equipos de condensación. El mismo método se aplica para el subsector de la refrigeración comercial.

Además, se incluyeron los sistemas grandes de refrigeración a base del refrigerante R717 (amoníaco) en la subcategoría de sistemas centralizados. De acuerdo con el insumo durante el taller de validación se consideró una existencia mínima de 17 sistemas para la actualidad.

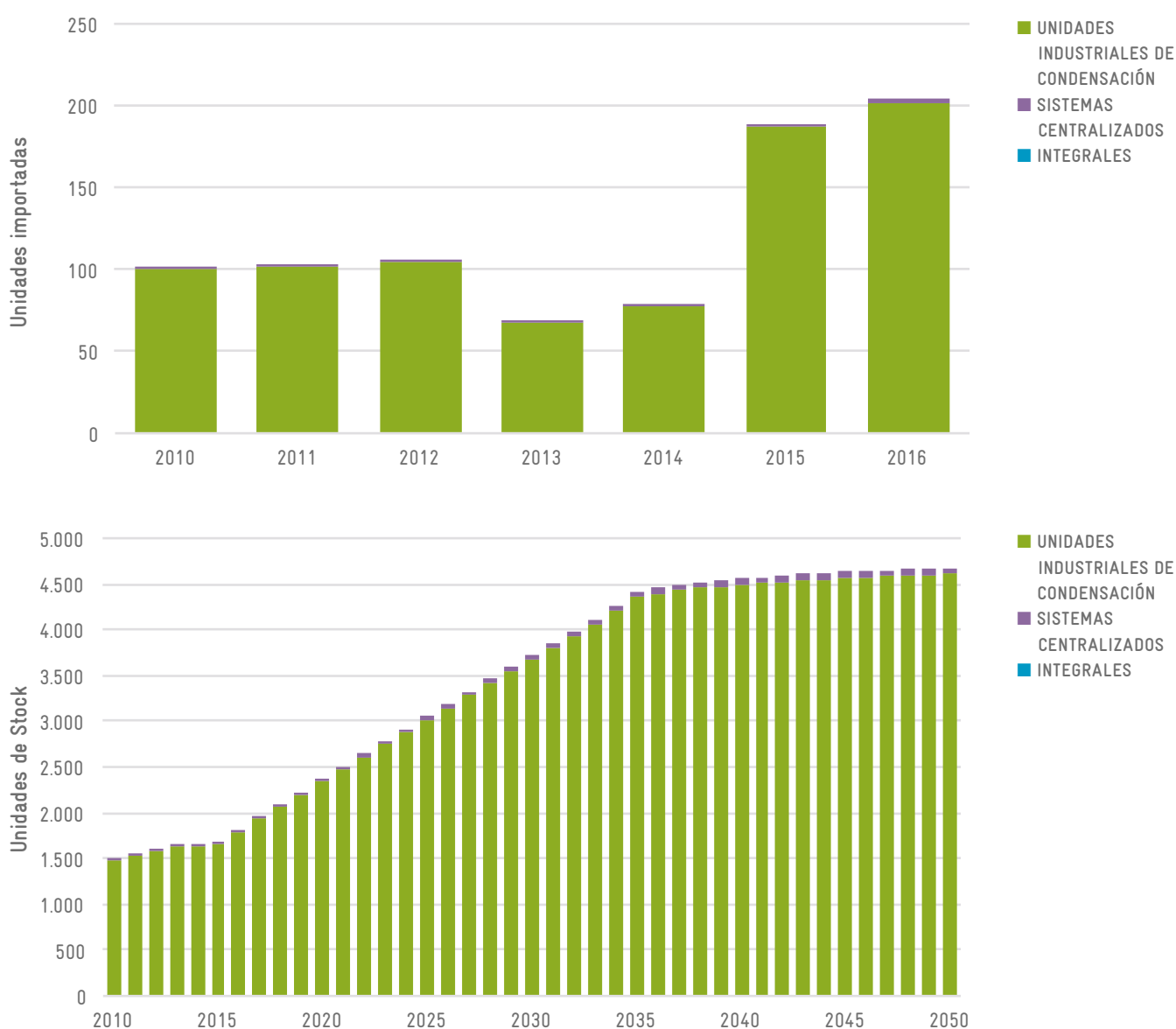


FIGURA 15: EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL IMPORTADOS (2010-2016, ARRIBA) Y LAS UNIDADES DE STOCK (2010-2050, ABAJO)

3.1.7 Datos de transporte refrigerado

Las cifras del sector del transporte refrigerado se derivaron mediante estimaciones de las existencias (stock) de unidades. Para los contenedores usados en tráileres se analizó la necesidad de refrigeración en el transporte a partir de la producción de alimentos para la exportación y el consumo nacional. En este cálculo se incorporaron algunas indicaciones de los expertos del sector para poder estimar los movimientos realiza-

dos de los contenedores refrigerados. De igual manera se procedió con la industria de productos lácteos, de la cual se conoce la flota vehicular del actor clave, de manera que se consolidan las suposiciones. Con base en esta aproximación, se agregó un adicional para incluir la logística de distribución de productos para los supermercados y pequeñas ventas (pulperías etc.), que suman una flota total de más de 3 mil unidades de transporte refrigerado que se movilizan actualmente en el país (Figura 16).

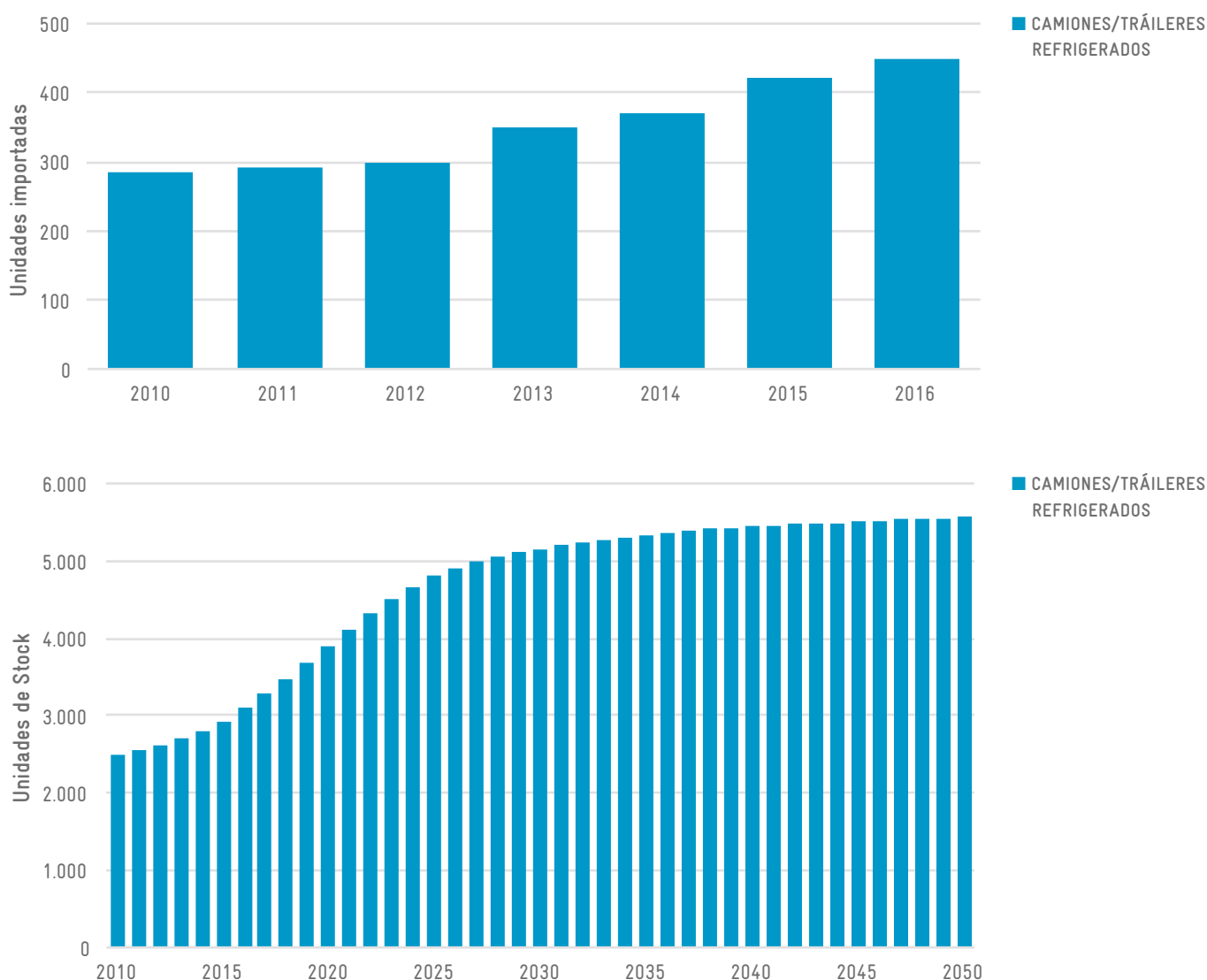


FIGURA 16: EQUIPOS IMPORTADOS (2010-2016, ARRIBA) Y LAS UNIDADES DE STOCK (2010-2050, ABAJO) DEL SECTOR DE TRANSPORTE REFRIGERADO



3.2 EMISIONES BAU Y PROYECCIONES EN EL SECTOR RAC

Las emisiones actuales de los GEI en el sector costarricense de RAC se estimaron según la metodología indicada en el capítulo 2.1 y están basadas en el stock de equipos de RAC instalados de acuerdo con lo descrito en el capítulo 3.1. Las emisiones totales resultantes de los GEI sumaron aproximadamente 1,47 Mt CO₂eq en el año 2015 (1,38 Mt CO₂eq en el 2012, Figura 17), lo que representa alrededor del 12% de las emisiones totales a nivel nacional (11,25 Mt CO₂eq en el año 2012, MINAE-IMN, 2015).

La Figura 17 presenta la distribución entre emisiones directas e indirectas para el período de recopilación de datos para el inventario. El total se divide aproximadamente en 31% de emisiones directas, y 69% de emisiones indirectas (promedio del período 2012-2016), de las cuales los sistemas móviles de RAC (MAC y transporte refrigerado) son responsables de la mayor parte.

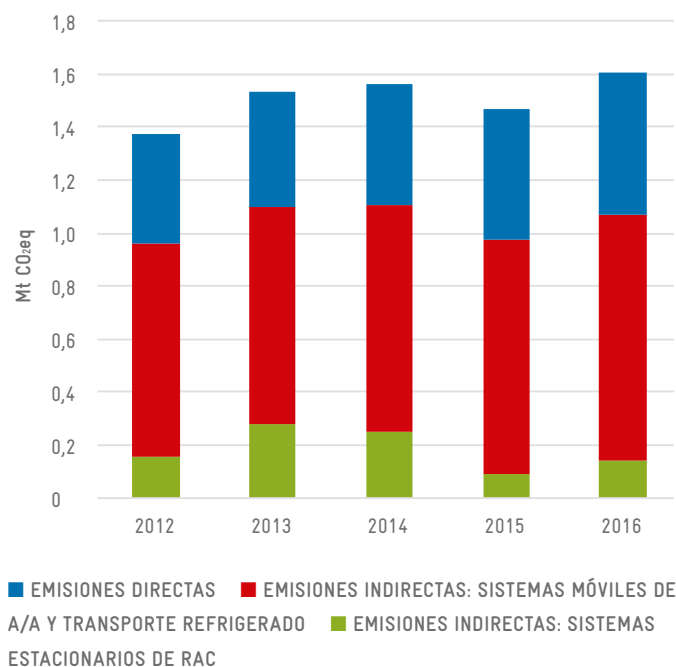
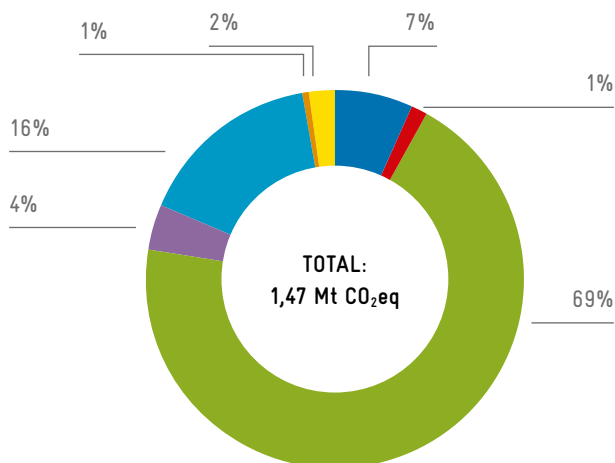


FIGURA 17: EMISIONES DIRECTAS E INDIRECTAS (DISTINGUIDAS ENTRE SISTEMAS MÓVILES Y ESTACIONARIOS DE RAC), AÑOS 2012-2016

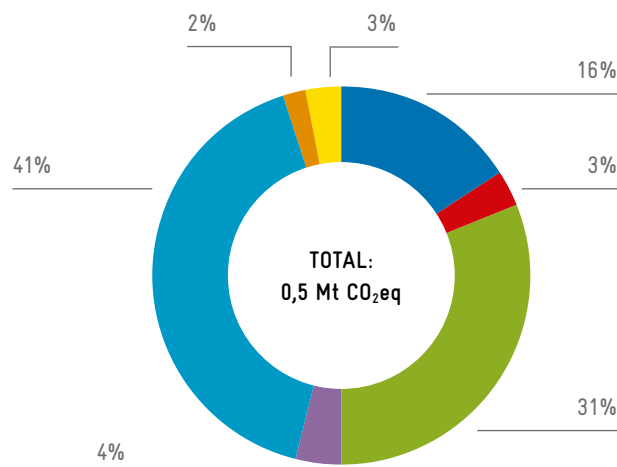
Según la Figura 18, el 69% de las emisiones totales se asignan a los sistemas móviles de A/A (MAC) que se utilizan para climatizar vehículos. Esta cuota es mayor que en la mayoría de los países, debido a que la generación eléctrica costarricense es baja en emisiones, mientras que el transporte aún depende completamente de los combustibles fósiles. El subsector de la refrigeración comercial ocupa el segundo lugar con el 16%, seguido por el A/A unitario con el 7%.



■ SISTEMAS MÓVILES DE A/A ■ REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA
 ■ REFRIGERACIÓN COMERCIAL ■ REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL
 ■ TRANSPORTE REFRIGERADO ■ AIRE ACONDICIONADO UNITARIO
 ■ CHILLERS

FIGURA 18: TOTAL DE EMISIONES DE GEI DEL SECTOR RAC COSTARRICENSE POR SUBSECTOR EN 2015

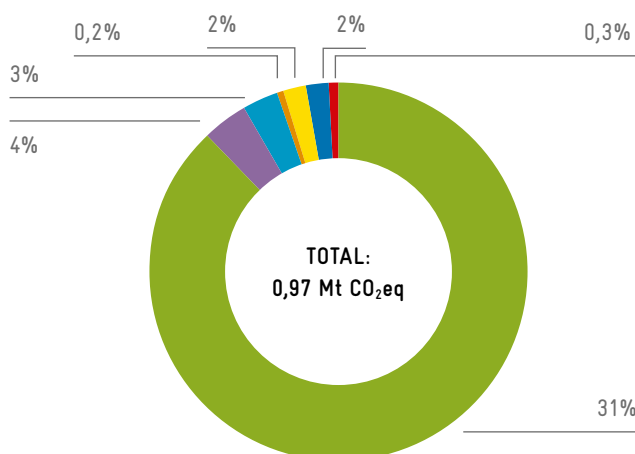
Como se ilustra en la Figura 19 y la Figura 20, 0,5 Mt CO₂eq, que corresponden al 34% de las emisiones totales del sector RAC costarricense en 2015, resultan de emisiones directas causadas por fugas y ventilación de refrigerante. Las emisiones de GEI indirectas suman 0,97 Mt CO₂eq que se relacionan con el consumo de energía de los equipos, correspondientes al 66% de las emisiones totales del sector RAC en 2015. El 41% de las emisiones directas son causadas por la refrigeración comercial, y un 31% por el subsector de MAC. Los sistemas de A/A unitarios contribuyen en un 16% a las emisiones directas totales.



■ SISTEMAS MÓVILES DE A/A ■ REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA
 ■ REFRIGERACIÓN COMERCIAL ■ REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL
 ■ TRANSPORTE REFRIGERADO ■ AIRE ACONDICIONADO UNITARIO
 ■ CHILLERS

FIGURA 19: EMISIONES DIRECTAS DEL SECTOR RAC COSTARRICENSE POR SUBSECTOR EN 2015

Con un 89%, MAC domina claramente las contribuciones a las emisiones indirectas, seguido por la refrigeración doméstica y el A/A unitario, ambos por debajo del 5%.



■ SISTEMAS MÓVILES DE A/A ■ REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA
 ■ REFRIGERACIÓN COMERCIAL ■ REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL
 ■ TRANSPORTE REFRIGERADO ■ AIRE ACONDICIONADO UNITARIO
 ■ CHILLERS

FIGURA 20: EMISIONES INDIRECTAS DEL SECTOR RAC COSTARRICENSE POR SUBSECTOR EN 2015

El mercado nacional de refrigeradores de Costa Rica está relativamente saturado, con un refrigerador por hogar. En contraste, se espera que principalmente el subsector de A/A unitario (UAC) y particularmente el stock de las unidades de tipo Split aumenten por encima del nivel de crecimiento del PIB. Se estima que con la creciente riqueza per cápita y otros factores como el aumento de la urbanización y el aumento de la temperatura ambiente promedio, las emisiones de los GEI en el sector de RAC

de Costa Rica aumentarán de 1,47 Mt CO₂eq en 2015 y a 3,3 Mt CO₂eq en 2050 en el caso del escenario BAU (línea base), tal como se muestra en la Figura 21.

Excluyendo los equipos de RAC operados con combustibles fósiles (MAC y transporte refrigerado), las emisiones en 2015 suman solamente 0,4 Mt CO₂eq, con un aumento proyectado a 1,7 Mt CO₂eq en 2050 (Figura 22).

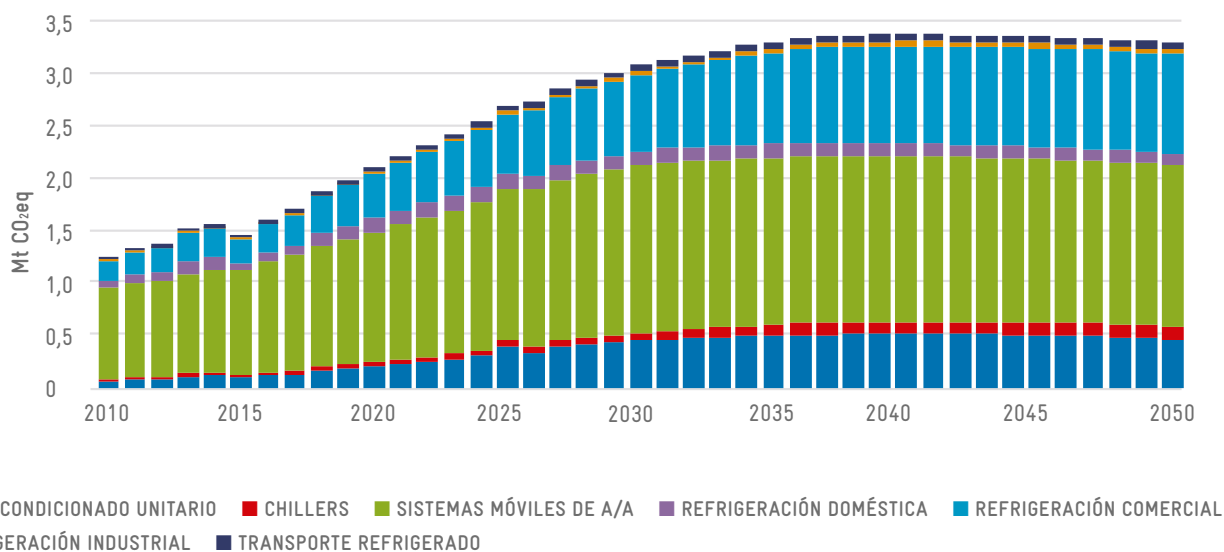


FIGURA 21: LÍNEA BASE (BAU) PROYECTADA PARA LAS EMISIONES DE LOS GEI EN EL SECTOR RAC HASTA 2050

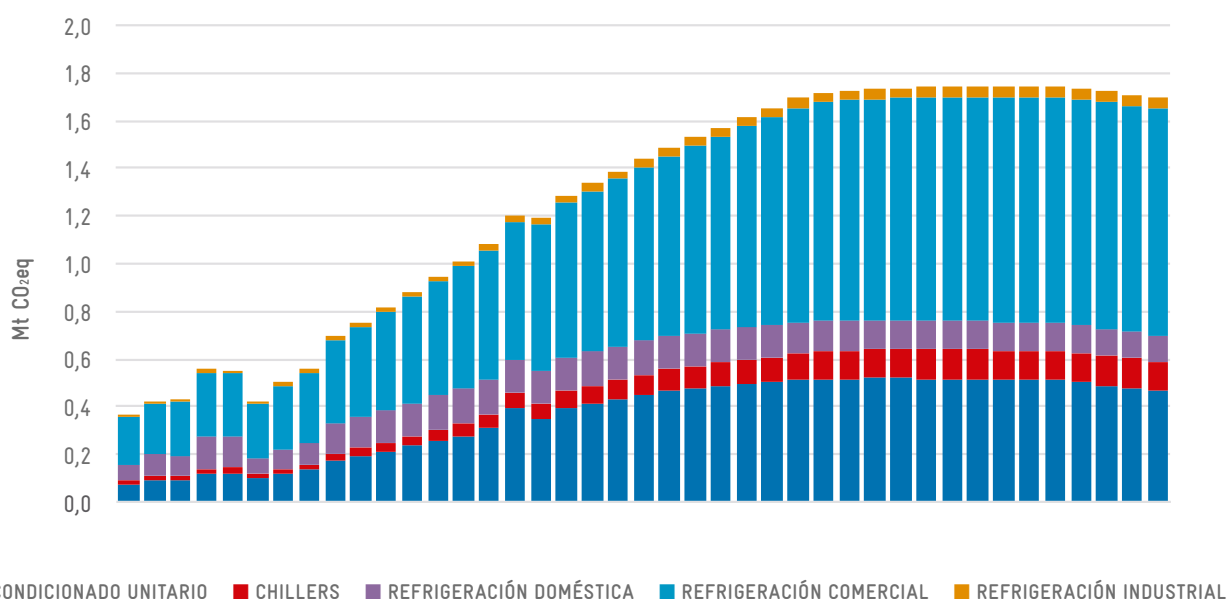


FIGURA 22: LÍNEA BASE (BAU) PROYECTADA PARA LAS EMISIONES DE LOS GEI EN EL SECTOR RAC HASTA 2050 SIN LOS SUBSECTORES MAC Y TRANSPORTE REFRIGERADO

El punto pico interino alrededor del año 2025 está relacionado con el pico de importaciones de equipos en 2014. El pico se replica debido a los reemplazos después del final de la vida útil, que varía de 10 a 15 años para la mayoría de los tipos de equipos.

3.3 TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS

Aprovechando los datos obtenidos a nivel local dentro de lo posible, en este capítulo se analiza el potencial para reducir las emisiones de los GEI en el sector de RAC costarricense mediante el despliegue de tecnologías de RAC respetuosas con el clima y de alta eficiencia energética.

3.3.1 Perspectiva general de la eficiencia energética y los refrigerantes en un escenario BAU

La Tabla 9 muestra las eficiencias energéticas y los refrigerantes utilizados en los equipos típicos que se venden actualmente en el mercado. Para permitir continuar con la producción de energía en Costa Rica baja en emisiones y alcanzar la carbono neutralidad, el mercado debe promover el despliegue de equipos de alta eficiencia energética. Sin embargo, la mayoría de los aparatos RAC utilizan refrigerantes de alto PCG, incluidos los HFC.

TABLA 9: LISTA DE LOS HFC Y LAS EFICIENCIAS ENERGÉTICAS COMUNES PARA COSTA RICA EN LOS SUBSECTORES RAC

SUBSECTORS	RELACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (REE) [W/W] (PROMEDIO) ⁴⁴	REFRIGERANTES DE TIPO HFC PRINCIPALES
AIRE ACONDICIONADO UNITARIO (RESIDENCIAL, COMERCIAL)	3,4 (Entre las clases de etiquetado A y B)	R410A, R407C, R22
CHILLERS DE AIRE ACONDICIONADO	3,0	R134a, R410A
SISTEMAS MÓVILES DE AIRE ACONDICIONADO	2,5*	R134a
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	> 400 kWh/año	R134a
REFRIGERACIÓN COMERCIAL	> 2,5	R134a, R404A
Sistemas centralizados para supermercados	< 1,8*	
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL	< 1,8*	R134a, R404A
TRANSPORTE REFRIGERADO	<2,0*	R134A

* estimación predeterminada

3.3.2 Transición a tecnologías RAC de alta eficiencia energética

El cumplimiento de los requisitos de MEPS y etiquetado progresivos, que se actualizan periódicamente de acuerdo con las mejores prácticas internacionales, puede conducir a una mejora sustancial en la eficiencia energética, así como a una reducción de las emisiones de los GEI en el sector de RAC.

⁴⁴ REE (relación de enfriamiento útil contra el trabajo (electricidad) requerido en W / W)

Las mejores tecnologías de RAC disponibles en términos de eficiencia energética, aplicables a casi todos los equipos de RAC y sus componentes, incluyen:

- » Compresores impulsados por inversores de velocidad variable, que se ajustan a la carga requerida de enfriamiento;
- » Intercambiadores de calor de diseño optimizado usado en evaporadores o compresores;
- » Componentes auxiliares tales como bombas y ventiladores variables, que se ajustan a la carga actual;
- » Controladores vinculados por sensores con funciones de ajuste inteligentes y mejores sistemas de aislamiento para reducir las cargas frigoríficas requeridas.

3.3.3 Transición a refrigerantes de bajo PCG

Con la firma de la Enmienda de Kigali, la mayoría de los países A5 en virtud del Protocolo de Montreal manifestaron su disposición a una eliminación gradual de los HFC. El Reglamento de gases fluorados en la Unión Europea (UE), con su programa de eliminación gradual, está impulsando el desarrollo de alternativas de bajo PCG. Existen muchos instrumentos de política avanzados o de mejores prácticas desarrollados por la UE que pueden ser adoptados por países A5 para la implementación de la Enmienda de Kigali, o medidas adicionales para una eliminación progresiva de los HFC (tales como la prohibición de refrigerantes para equipos seleccionados o cuotas negociables basadas en el PCG).

En casi todos los subsectores de RAC ahora hay tecnologías alternativas disponibles que funcionan sin HFC y se basan en refrigerantes con un PCG de muy bajo a cero. En las siguientes secciones, el informe destacará los sistemas de refrigeración de bajo PCG más adecuados, así como los mejores refrigerantes de bajo PCG para cada subsector.

La aceleración de la transición a los sistemas RAC con refrigerantes de bajo PCG, en particular a los sistemas que usan refrigerantes con un PCG insignificante $< 10^{45}$, representa varios beneficios para Costa Rica.

» **Evitar las emisiones directas** mediante el uso de refrigerantes de bajo PCG con un PCG < 10 , lo que contribuye a los objetivos de reducción de emisiones de Costa Rica (NDC).

» **Ahorro de energía.** Muchos refrigerantes naturales, particularmente R717 e hidrocarburos, tienen propiedades termodinámicas muy favorables que conducen a una mayor eficiencia energética y, en consecuencia, al ahorro de energía. Con sistemas de R717 e hidrocarburos de diseños apropiados, es posible lograr un ahorro de energía del 10 al 15% (Schwarz, 2011).

» **Creación de empleo.** El manejo seguro de los sistemas que utilizan refrigerantes naturales requiere técnicos capacitados, educados y calificados para instalar, operar y mantener los sistemas. La calificación de los técnicos crea un empleo adicional y permite un manejo seguro y eficiente de los equipos de RAC.

3.3.4 Sistemas de aire acondicionado unitario de bajo PCG

Las transiciones a sistemas de UAC de bajo PCG incluyen equipos de UAC con eficiencia energética mejorada y el uso de refrigerantes de bajo PCG⁴⁶ (Tabla 10).

Con respecto a la eficiencia energética, la mejora más importante de los equipos de aire acondicionado se puede lograr a través de la transición a sistemas UAC que usan tecnología “inverter” (inversores). Para los sistemas de A/A, los equipos con inversores en la actualidad han alcanzado una participación superior al 70% en el mercado, eliminando gradualmente así los equipos ineficientes cuyos compresores operan de velocidad fija sin posibilidad de ajustarse a la demanda actual de enfriamiento. Además, muchos clientes carecen de información sobre los beneficios de las tecnologías de inversores, su potencial de ahorro de energía y, como resultado, su menor costo total de propiedad. Los equipos de UAC que usan inversores pueden ajustar su funcionamiento, es decir, el efecto de enfriamiento, dinámicamente a la demanda de enfriamiento. Las ganancias de eficiencia energética resultantes se sitúan en el rango de 20-25% (Shah, Phadke and Waide, 2013).

⁴⁵ Los refrigerantes con PCG por debajo de 10 son principalmente refrigerantes naturales, incluso hidrocarburos no fluorados, CO₂ (R744) y NH₃ (R717), e hidrofluorocarbonos insaturados, o hidrofluorolefinas, denominados HFO. La clasificación de refrigerantes se refiere a la clasificación sugerida a través del Panel de Evaluación Técnica del Protocolo de Montreal (UNEP, 2016c)

⁴⁶ GIZ Webinar, “Cost, energy and climate performance assessment of Split Air Conditioners” (27/06/2018)

El uso de hidrocarburos como refrigerantes de bajo PCG en los equipos de UAC también puede resultar en una eficiencia energética mejorada de los aparatos. Debido a temperaturas ambientales relativamente altas en Costa Rica, los hidrocarburos⁴⁷ se pueden usar con una eficiencia energética mejorada para muchos sistemas de aire acondicionado unitario, incluidos los sistemas de A/A de habitación, los sistemas portátiles y aquellos del tipo Split sin ducto⁴⁸. Los sistemas de tipo Split que usan R290 están en producción en India y China. El fabricante indio Godrej ha vendido más de 600.000 equipos tipo Split de habitación con R290 como refrigerante. Una unidad de Godrej alcanza una relación de eficiencia energética estacional (SREE, por sus siglas en inglés) de 5,8 y está calificada como el dispositivo con mayor eficiencia energética de la India⁴⁹.

El beneficio de usar refrigerantes R290 en sistemas tipo Split y portátiles es una mejora típica de eficiencia energética del 10 al 20% en comparación con los sistemas de refrigerante R410A (Patel, Kapadia and Matawala, 2016).

Para los sistemas con ducto y de Multi-Split, el uso de refrigerantes de bajo PCG dentro de las clasificaciones A2L y A3⁵⁰ generalmente requiere la utilización de sistemas indirectos, ya sea con aire o agua como portadores de intercambio de calor dentro de los edificios. Con opciones de diseño apropiadas, se pueden lograr mejoras de eficiencia energética hasta del 10% incluso para estos sistemas indirectos, en comparación con los sistemas de expansión directa que usan HFCs de R410A, R404A o R407C como refrigerantes.

TABLA 10: EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO ACTUALES Y DE BUENAS PRÁCTICAS (FUENTE: HEAT GMBH)

		TECNOLOGÍA ACTUAL	TECNOLOGÍA DE BUENAS PRÁCTICAS	POTENCIAL DE PENETRACIÓN DEL MERCADO DE ALTERNATIVA		
				ACTUAL	2020	2030
EQUIPOS AUTOCONTENIDOS	Refrigerante	R410A	Bajo PCG <10	<5%	50%	60%
	Eficiencia energética	3,2	>3,7			
SPLIT SIN DUCTO	Refrigerante	R410A, R32	Bajo PCG <10	< 5%	50%	70%
	Eficiencia energética	3,4	>5			
SPLIT CON DUCTO	Refrigerante	R410A, R407C	Bajo PCG <10, bajo PCG con fluido secundario	< 5%	40%	80%
	Eficiencia energética	3,4	>3,65			
MULTI-SPLIT	Refrigerante	R410A, R407C	Bajo PCG <10 o bajo PCG con Split con ducto	< 5%	30%	70%
	Eficiencia energética	3,3	>4,4			

47 Los refrigerantes del tipo hidrocarburos tienen parámetros de rendimiento favorables, mayormente parámetros termodinámicos relativamente mejores en comparación con la mayoría de los HFC.

48 Comparados con varios otros refrigerantes, p.ej. R32 o HFC-410A, los hidrocarburos tienen una temperatura crítica más alta que resulta en propiedades termodinámicas favorables a mayores niveles de temperatura ambiente, es decir, que con temperaturas ambientes más altas la eficiencia energética es relativamente mayor.

49 GIZ Webinar, "Cost, energy and climate performance assessment of Split Air Conditioners" (27/06/2018)

50 Según la clasificación internacional ISO 817 de seguridad de refrigerantes

3.3.5 Chillers de bajo PCG – Chillers de A/A, de procesos y comerciales

Los sistemas estacionarios de chillers tanto para aire acondicionado como para refrigeración se utilizan para enfriamiento comercial e industrial. En general, los chillers están instalados en un cuarto de máquinas o al aire libre, lo que facilita el manejo de los

problemas de seguridad relacionados con la toxicidad y la inflamabilidad de los refrigerantes de bajo PCG. Para condiciones de ambiente caluroso, tanto los refrigerantes R717 como los hidrocarburos (R290 y R1270) operan energéticamente de forma muy eficiente, con propiedades de eficiencia energética a menudo superiores a aquellas de los sistemas de chillers que usan los HFC (Tabla 11).

TABLA 11: TECNOLOGÍA DE CHILLERS ACTUALES Y DE BUENAS PRÁCTICAS (FUENTE: HEAT GMBH)

		TECNOLOGÍA ACTUAL	TECNOLOGÍA DE BUENAS PRÁCTICAS	POTENCIAL DE PENETRACIÓN DEL MERCADO DE ALTERNATIVA		
				ACTUAL	2020	2030
CHILLERS DE AIRE ACONDICIONADO	Refrigerante	R410A, R134a, R407C	cascada <10 (R290, R717, HFO)	<5%	30%	70%
	Eficiencia energética	3,0	>3,6			
CHILLERS DE PROCESO	Refrigerante	R134a, R407C, R404A, R717	Bajo PCG <10	< 5%	40%	60%
	Eficiencia energética	3,3	>3,7			
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPER-MERCADOS	Refrigerante	R134a, R404A, R507	Bajo PCG <10 (R290, R717, HFO, cascada de R744)	< 5%	20%	80%
		1,7	>2,2			

Impulsado por los requisitos del Reglamento de la UE sobre gases fluorados, el número de fabricantes que producen chillers a base de R290 en Europa y otras regiones ha aumentado. En Europa, los chillers de los HC se han fabricado y operado de forma segura durante muchos años, incluidos los grandes sistemas con una capacidad de hasta 1 MW. Los chillers de amoníaco (R717) se han fabricado, instalado y operado en todo el mundo durante décadas, con concentración en los sistemas de refrigeración industrial a gran escala. Debido a la regulación de los gases fluorados, los chillers a base de R717 se utilizan cada vez más con fines de aire acondicionado en Europa. En combinación con compresores de tornillo, se pueden lograr eficiencias energéticas muy altas con los sistemas de chillers que usan R290 y R717, particularmente en ambientes de alta temperatura. En el caso de los sistemas grandes, R717 es muy competitivo en cuanto a costos si se analiza la combinación

del costo inicial de compra y los costos operativos. En muchos países, se utilizan chillers de procesos industriales de los últimos avances tecnológicos. Los sistemas de chillers con hidrocarburos son adecuados para sistemas en el rango de 10 a 500 kW.

Una comparación de la tecnología actual y las mejores prácticas se muestra en la Tabla 11. Los chillers de RAC actuales en Costa Rica operan principalmente a base de R22, R134a o R410A, que son refrigerantes con alto PCG. Con la adaptación de una tecnología alternativa que utiliza refrigerantes de hidrocarburos como R290, se esperan mejoras de eficiencia energética en el rango del 10-20% (Patel, Kapadia and Matawala, 2016). El primer chiller de R290 con una capacidad de 700 kW de enfriamiento y una carga inicial de 55 kg se instaló recientemente en una compañía farmacéutica dentro del alcance del plan de gestión de eliminación de HCFC en Costa

Rica. En la industria alimentaria están operando chillers que utilizan un sistema en cascada de R717 y R744. La eficiencia energética para los chillers será cada vez más importante en el futuro. Hasta el momento, Costa Rica no posee estándares de eficiencia energética ni instalaciones de prueba para chillers.

3.3.6 Refrigeración – Sistemas domésticos y comerciales autónomos y unidades de condensación comerciales

Con el objetivo de reducir el consumo de gases fluorados (gases F), por ejemplo, con el Reglamento de gases fluorados de la UE (EU, 2014), los refrigerantes alternativos se utilizan cada vez más en los equipos RAC para la refrigeración doméstica y comercial. En la categoría de equipos autónomos (enfriadores de botellas, enfriadores de hielo y vitrinas de hasta 3,75 m), los aparatos con refrigerantes a base de hidrocarburos han alcanza-

do una participación de mercado significativa en varios mercados como Europa y China y se introdujeron con éxito en el mercado de Costa Rica, aunque en cantidades menores hasta el momento.

Los sistemas de refrigeración comercial en supermercados también pueden adoptar nuevos avances tecnológicos al vincular múltiples unidades independientes que liberan su calor de condensación en un circuito de agua. También hay unidades de condensación que utilizan refrigerantes hidrocarburos que están disponibles. Actualmente, el borrador actualizado de la norma IEC 60335-2-89 sugiere que el tamaño de la carga se puede aumentar de 150 a 500 g de hidrocarburo, lo que permitirá su aplicación aún más generalizada (Tabla 12).

Se estima que el uso de R600a y R290 en lugar de los R134a y R410A actualmente disponibles causa mejoras de eficiencia energética por encima del 10% (Gerwen van and Colbourne, 2012).

TABLA 12: EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN ESTACIONARIA ACTUALES Y DE BUENAS PRÁCTICAS (FUENTE: HEAT GMBH)

		TECNOLOGÍA ACTUAL	TECNOLOGÍA DE BUENAS PRÁCTICAS	POTENCIAL DE PENETRACIÓN DEL MERCADO DE ALTERNATIVA		
				ACTUAL	2020	2030
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	Refrigerante	R134a, R600a	R600a	N/D	95%	95%
	Eficiencia energética	1,3	>2,5			
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	Refrigerante	R134a	R290	<5%	85%	85%
	Eficiencia energética	2,6	>2,6			
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	Refrigerante	R134a, R404A	Bajo PCG <10 a bajo PCG con fluido secundario	ninguno	40%	60%
	Eficiencia energética	3,0	>3,1			

3.3.7 Refrigeración – Sistemas de transporte refrigerado

Para el transporte refrigerado existen alternativas tecnológicas emergentes para los sistemas de refrigeración con refrigerantes de bajo PCG. Transfrig, el fabricante líder de sistemas de transporte refrigerado en Sudáfrica, ha desarrollado con éxito un prototipo que utiliza R290

con mejoras de eficiencia energética del 20-30% en comparación con los sistemas que usan HFC con la misma capacidad de enfriamiento. Esta tecnología puede ser relevante para Costa Rica, considerando el buen desempeño de los hidrocarburos en sus condiciones climáticas. Esto le permitiría al país evitar las emisiones directas en el sector de refrigeración de transporte y ahorrar combustible para alimentar los sistemas (Tabla 13).

TABLA 13: UNIDADES DE TRANSPORTE REFRIGERADO ACTUALES Y DE BUENAS PRÁCTICAS (FUENTE: HEAT GMBH)

		TECNOLOGÍA ACTUAL	TECNOLOGÍA DE BUENAS PRÁCTICAS	POTENCIAL DE PENETRACIÓN DEL MERCADO DE ALTERNATIVA		
				ACTUAL	2020	2030
CAMIONES/ TRÁILERES REFRIGERADOS	Refrigerante	R404A, R134a, R407C	R290, R744, HFO 1234yf	N/D	20%	70%
	Eficiencia energética	2,16	>2,2			

3.3.8 Sistemas móviles de aire acondicionado (MAC)

Para los sistemas móviles de aire acondicionado (MAC) se pueden distinguir dos categorías:

- » Sistemas MAC usados en vehículos particulares
- » Sistemas de A/A en otros vehículos de transporte (p.ej. camiones, buses, trenes, aviones).

La mayoría de los sistemas actualmente instalados en Costa Rica usan R134a como refrigerante (Tabla 14). Se han desarrollado sistemas alternativos con HFO-1234yf y R744 en Europa, donde los refrigerantes deben tener un PCG menor de 150, de conformidad con las regulaciones de la UE (EU, 2006).

TABLA 14: SISTEMAS MÓVILES DE A/A ACTUALES Y DE BUENAS PRÁCTICAS (FUENTE: HEAT GMBH)

		TECNOLOGÍA ACTUAL	TECNOLOGÍA DE BUENAS PRÁCTICAS	POTENCIAL DE PENETRACIÓN DEL MERCADO DE ALTERNATIVA		
				ACTUAL	2020	2030
AIRE ACONDICIONADO PARA AUTOMÓVILES	Refrigerante	R134a	R744 HC para sistemas de refrigerante herméticamente sellados. HFO	<5%	20%	50%
	Eficiencia energética	2,5	>3,5			
AIRE ACONDICIONADO PARA VEHÍCULOS GRANDES	Refrigerante	R134a	R744 R290	N/D	20%	50%
	Eficiencia energética	2,5	>3			

Algunos sistemas que operan con R744 (CO₂) están disponibles para vehículos grandes, (mayormente para autobuses y trenes), usados, por ejemplo, en diferentes partes de Europa.

En este momento, los hidrocarburos no son considerados como una opción viable por la industria automotriz debido en gran parte a preocupaciones por la inflamabilidad de las sustancias. Una de las soluciones energéticamente más eficientes y ambientalmente más adecuadas en la categoría de automóviles sería el uso de sistemas de refrigeración herméticamente sellados en vehículos eléctricos usando refrigerantes de bajo PCG, menor de 10. En el diseño adecuado, el R290 funciona eficiente y seguramente en estos sistemas. No obstante, tales desarrollos necesitan ser adoptados, después de haber pasado por su debido proceso de pruebas, etc., por la industria automotriz global con una participación creciente de vehículos eléctricos optimizados.

3.4 ESCENARIO DE MITIGACIÓN DE EMISIONES PARA EL SECTOR RAC COSTARRICENSE

Los resultados de modelación de datos para este inventario muestran que mediante acciones de mitigación tecnológica y económicamente viables en el sector RAC es posible reducir las emisiones de los GEI por 0,4 Mt CO₂eq anualmente hasta el año 2030, con ahorros correspondientes de energía alrededor de 0,4 TWh anualmente. Mediante el despliegue continuo de tecnologías para el sector RAC amigables con el clima y energéticamente eficientes, idealmente con el uso de refrigerantes naturales, se estima que hasta el año 2050 se pueden evitar anualmente emisiones de los GEI de 1,3 Mt CO₂eq y consumo energético de 0,9 TWh (Figura 23). El 19% de estas emisiones mitigadas se relacionan con mejoras de la eficiencia energética y el 81% a la transición a refrigerantes de bajo PCG. La última contribución se refleja en las emisiones restantes en el escenario de refrigerante (línea roja), y la adicionalidad por las mejoras de la eficiencia energética en la línea verde (Ref+EE).

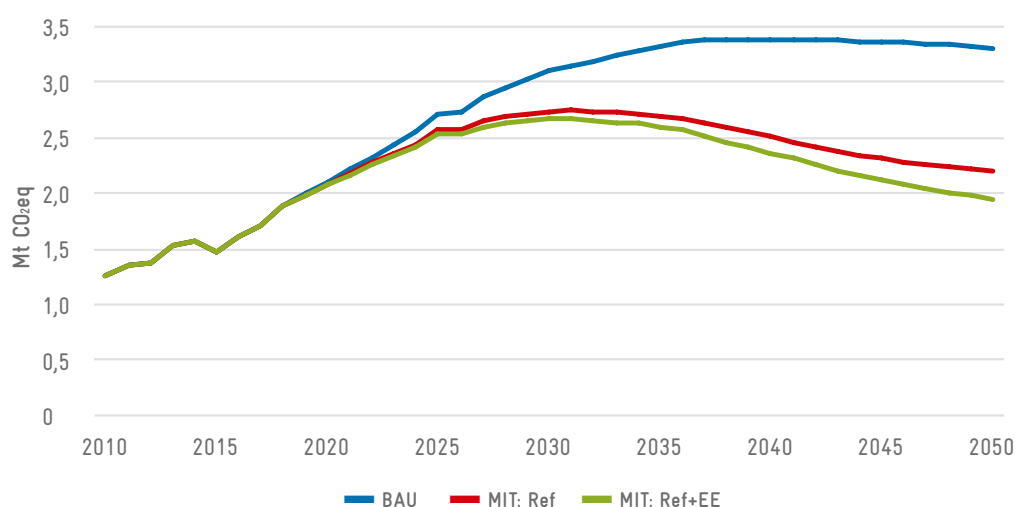


FIGURA 23: TOTAL DE EMISIONES ANUALES DEL SECTOR RAC, ESCENARIOS LÍNEA BASE (BAU) Y MITIGACIÓN (MIT)

En la siguiente sección se describen con mayor detalle los escenarios de mitigación para las emisiones directas e indirectas, incluso el potencial de ahorro energético.

3.4.1 Consumo de energía

El desarrollo del consumo de energía por subsector siguiendo el escenario de la línea base (BAU) se presenta en la Figura 24. En el año 2015, los sistemas móviles de A/A (MAC) fueron responsables del 31% del consumo total de energía del sector RAC, seguido por la refrigeración doméstica (30%), la refrigeración comercial (21%) y UAC (15%). Pero UAC, debido a sus mayores tasas de crecimiento, se transformará en el segundo mayor consumidor alrededor del año 2028 e incrementará su participación al 23% del consumo total del sector RAC en 2030 y al 26% en 2050.

Del actual consumo anual de energía del sector RAC, alrededor de 2,4 TWh se basan en el uso de la red eléctrica (eliminación de los subsectores MAC y transporte refrigerado que dependen completamente de los combustibles fósiles), y que se proyecta que llegarán a las 4,8 TWh alrededor del año 2035, e imponen una alta demanda de la generación eléctrica nacional. Los cálculos indican que el sector RAC contribuyó aproximadamente con un 25% al consumo eléctrico nacional en el año 2015⁵¹.

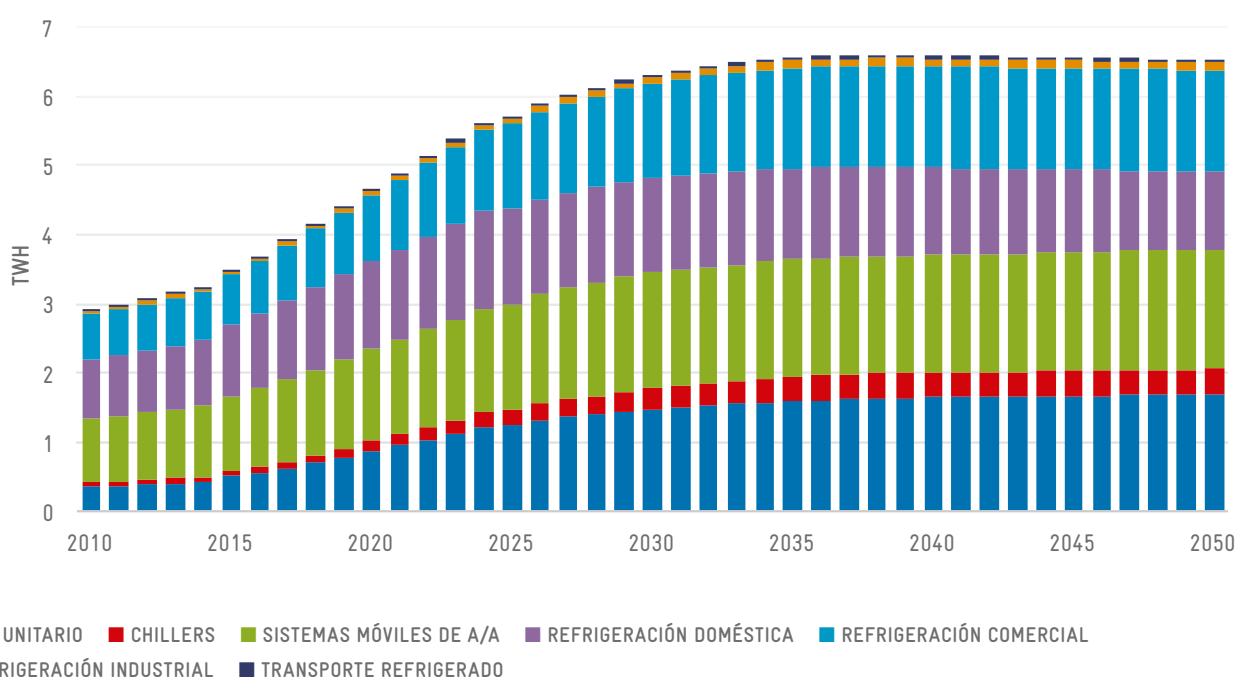


FIGURA 24: LÍNEA BASE (BAU) DEL CONSUMO ENERGÉTICO PROYECTADO EN EL SECTOR RAC, AÑOS 2010-2050

Suponiendo mejoras escaladas de la eficiencia energética para los equipos en el sector RAC, el consumo de energía podrá ser reducido según la curva mostrada en la Figura 25. Los subsectores de refrigeración doméstica,

los sistemas móviles de A/A y UAC demuestran mayor potencial de ahorro, cada uno con una posible mitigación mayor de 0,2 TWh en el 2050.

51 Consumo eléctrico nacional en 2015: 9,43 TWh o 33.942 TJ (datos de la IEA para Costa Rica).

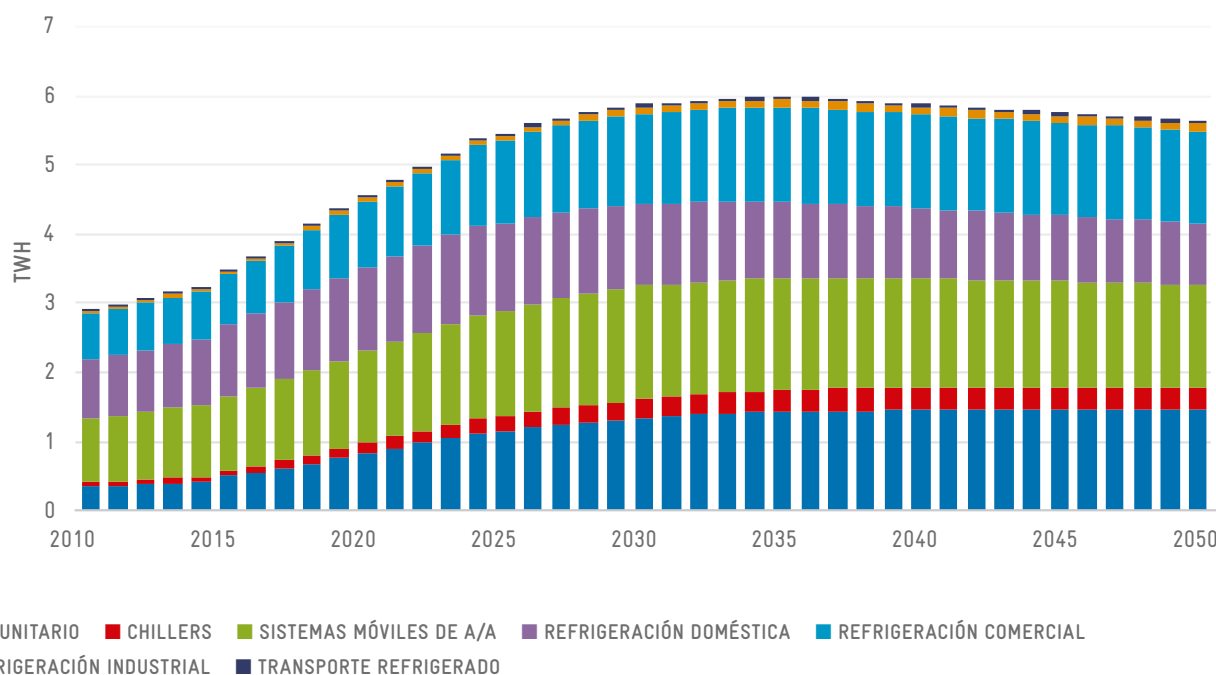


FIGURA 25: ESCENARIO DE MITIGACIÓN (MIT) DEL CONSUMO ENERGÉTICO PROYECTADO EN EL SECTOR RAC, AÑOS 2010-2050

3.4.2 Mitigación de emisiones de GEI

El escenario de mitigación proyecta el crecimiento de las emisiones de los GEI a 2,7 Mt CO₂eq alrededor del año 2030, con una disminución posterior al nivel de 2,0 Mt CO₂eq hasta el año 2050 (Figura 26).

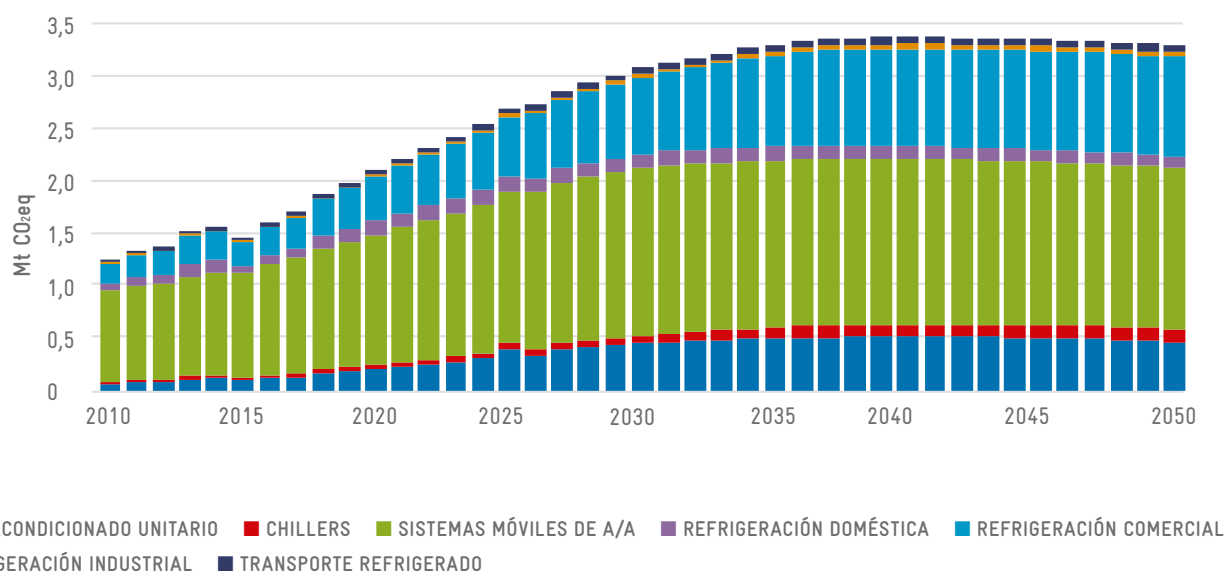


FIGURA 26: ESCENARIO DE MITIGACIÓN (MIT) PROYECTADO PARA LAS EMISIONES DE LOS GEI EN EL SECTOR RAC HASTA 2050

Los sistemas móviles de aire acondicionado (MAC) son responsables de más de la mitad de las emisiones totales en el sector RAC. Sin embargo, las acciones en este subsector son difíciles de abordar a nivel nacional, especialmente en aspectos asociados a la tecnología. También es de gran importancia tener en cuenta que la red eléctrica de Costa Rica posee una cuota muy alta

de energía renovable. En consecuencia, los subsectores estacionarios de RAC ejercen un impacto bajo en las emisiones indirectas, mientras que MAC y el transporte refrigerado destacan por su alta intensidad de carbono. La Figura 27 permite una perspectiva diferente del escenario de mitigación al excluir los subsectores basados en combustibles fósiles, MAC y transporte refrigerado.

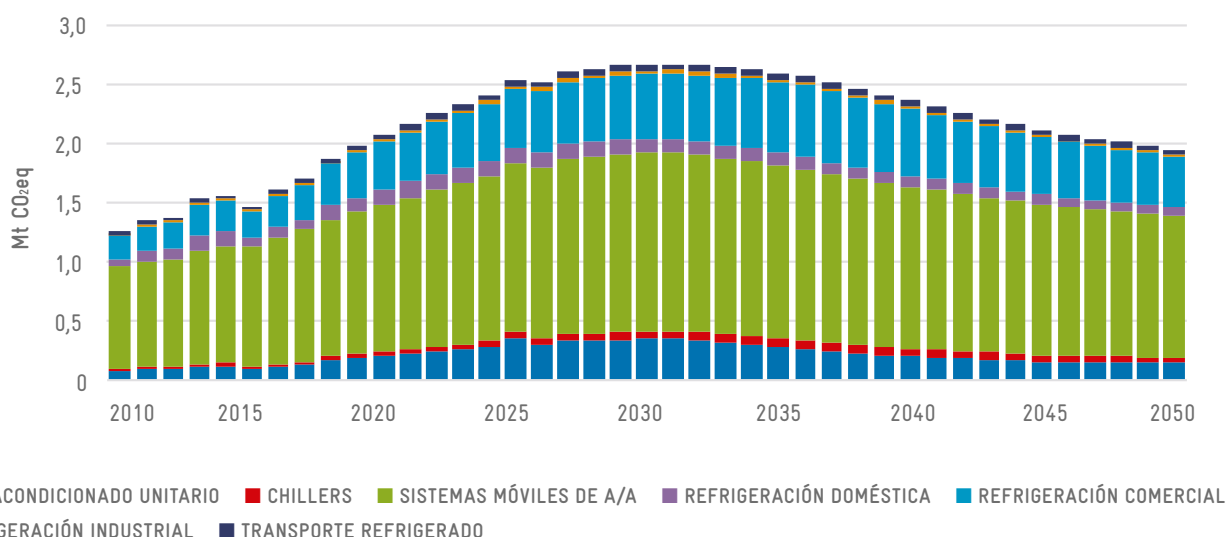


FIGURA 27: ESCENARIO DE MITIGACIÓN (MIT) PROYECTADO PARA LAS EMISIONES DE LOS GEI EN EL SECTOR RAC HASTA 2050 SIN LOS SUBSECTORES MAC Y TRANSPORTE REFRIGERADO

3.4.3 Uso de refrigerantes de bajo PCG

Según se describió en el capítulo 1.7.2, con la ratificación de la Enmienda de Kigali, el consumo de los HFC se limitará y reducirá en el futuro. La Figura 28 muestra el consumo de los HFC relacionados con el sector RAC en el escenario BAU (línea azul), los pasos estimados de congelación y reducción del consumo en virtud de la Enmienda de Kigali (línea verde) y el posible consumo reducido en un escenario más ambicioso como se supone en el escenario de mitigación (MIT) en este inventario (línea roja). Para una mejor comparación con el programa de Kigali, los escenarios BAU y MIT se muestran como consumo de refrigerante (aún en Mt CO₂eq) en lugar de emisiones. El consumo total de BAU alcanzará su punto máximo alrededor del año 2035 cuando el crecimiento del stock de equipos de RAC lentamente alcance el nivel saturado y, también en el escenario BAU se utilizarán más refrigerantes de bajo PCG (véase también la Tabla 23 del Anexo).

Según la Enmienda de Kigali, la línea base de consumo basada en el PCG para el Grupo 1 de los países A5, a la

que pertenece Costa Rica, se calcula a partir del consumo promedio de los HFC del período 2020-2022 más el 65% del consumo de línea base de los HCFC, ambos ponderados por el PCG. Después de la congelación durante el período 2024-2028, el primer paso de reducción se lleva a cabo en el año 2029 con la reducción del 10% de la línea base, y las reducciones sucesivas del 30% en 2035, el 50% en 2040 y el 80% en 2045, como se ilustra en la Figura 28.

La eliminación acelerada de equipos que usan el refrigerante HCFC-22 en Costa Rica (prohibición de importación de equipos que contienen HCFC-22, efectiva a partir de enero de 2020) le brinda una relevancia adicional a la transición a corto plazo dirigida a equipos que usan refrigerantes de bajo PCG, en lugar de aumentar el consumo de los HFC. Bajo el supuesto escenario de BAU, la Enmienda de Kigali obligaría a emprender acciones de mitigación, es decir, la transición a refrigerantes de bajo PCG, justo después del año 2025, cuando el consumo del escenario BAU supere el consumo permitido en el punto de congelación del consumo de base calculado.

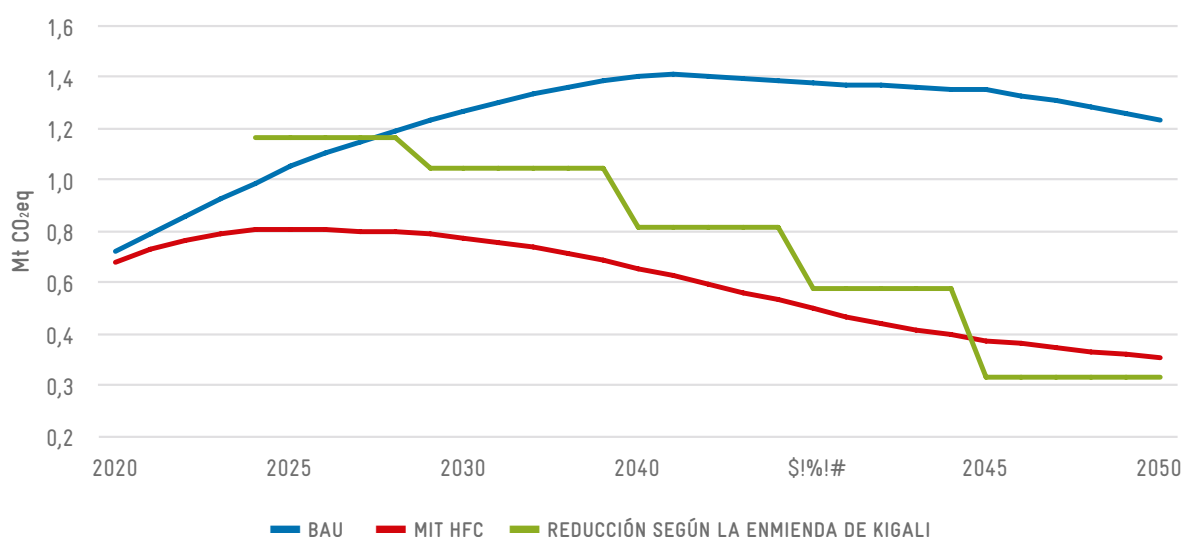


FIGURA 28: ESCENARIOS DE BAU Y MITIGACIÓN (MIT) DEL CONSUMO DE LOS HFC SEGÚN EL CALENDARIO DE KIGALI

El escenario de mitigación supone una adopción más rápida de los refrigerantes con un PCG menor de 10 a través de la aplicación de refrigerantes de bajo PCG, como los hidrocarburos R290, R600a, y los HFO. La transición rápida a refrigerantes de bajo PCG no supondría el riesgo de incumplimiento del programa de Kigali debido a una línea base más baja para el escenario de mitigación, que se debe a un menor promedio del consumo de los HFC de 2020 a 2022. Debido a la detención sostenible del consumo de los HFC ponderado por el PCG en el escenario de mitigación, solo el último paso

hacia abajo en 2045 plantearía un desafío adicional. La gran divergencia entre el escenario BAU y el MIT evidencia claramente el gran potencial de mitigación de los GEI mediante la transición de hidroclorofluorocarbonos (HCFC) e hidrofluorocarbonos (HFC) altamente dañinos para el clima, a alternativas con bajo potencial de calentamiento global (PCG) de manera oportuna, antes del actual calendario de eliminación de los HFC estipulado en la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal (Clark and Wagner, 2016).

3.4.4 Potencial de mitigación de emisiones en el subsector de aire acondicionado unitario

El subsector de A/A unitario ejerce una influencia significativa en la mitigación de los GEI con un potencial de ahorro de más de 0,3 Mt CO₂eq anualmente para el año 2050. La Figura 29 muestra una reducción significativa de emisiones que se puede lograr a través

de la transición a refrigerantes de bajo PCG, es decir, R290, principalmente para A/A tipo Split de habitaciones (véase MIT: Ref / línea roja). Se pueden lograr ahorros adicionales en las emisiones al aumentar más drásticamente el despliegue de los equipos de tipo inversor de gran eficiencia energética (véase MIT: Ref + EE / línea verde abajo).

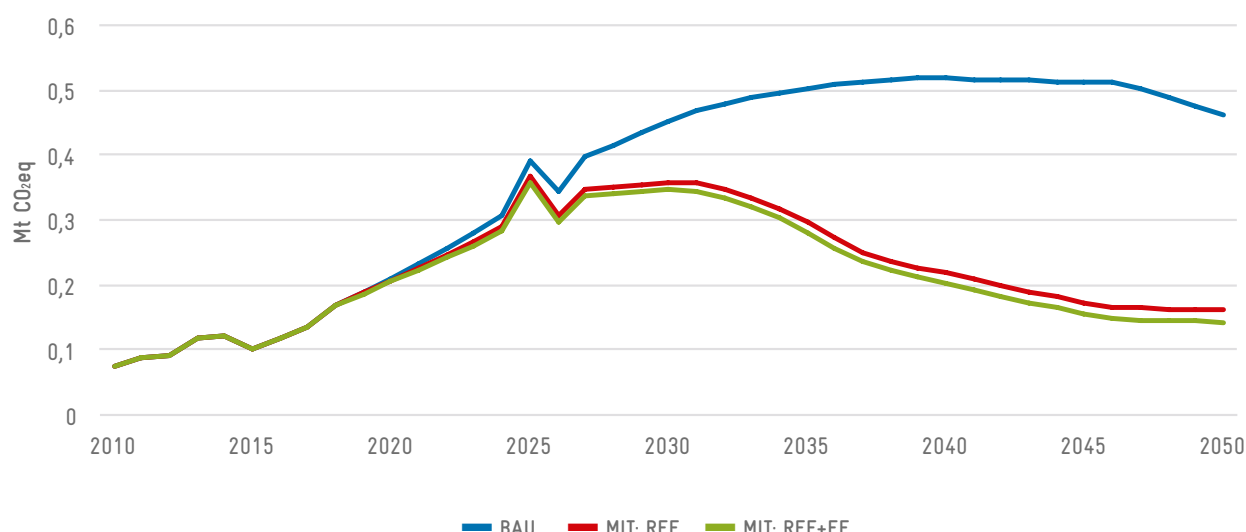


FIGURA 29: EMISIONES DE GEI PROYECTADAS PARA EL AIRE ACONDICIONADO UNITARIO, AÑOS 2010-2050

3.4.5 Potencial de mitigación de emisiones para los chillers

El potencial efecto de mitigación anual para el subsector de los chillers se sitúa por debajo de 0,1 Mt CO₂eq para el año 2050, pero puede estar subestimado debido a la escasez de datos primarios. La mayoría de las emisiones se pueden mitigar utilizando refrigerantes de bajo PCG. La reducción restante será el resultado de chillers con alta eficiencia energética que utilizan componentes de velocidad variable e intercambiadores de calor altamente eficientes. También cabe mencionar que los sistemas de refrigeración a gran escala que operan con el refrigerante R717 (amoníaco) se atribuyen a los sistemas centralizados en el subsector de la refrigeración industrial.

3.4.6 Potencial de mitigación de emisiones de los sistemas móviles de aire acondicionado

La estimación de los potenciales de mitigación de este subsector se basa en gran medida en estimaciones mediante valores estándares, derivadas de bases de datos globales, debido a la falta de datos nacionales disponibles. Existe un importante potencial de ahorro de emisiones para el subsector MAC, equipos que se usan para climatizar vehículos, tanto a través de mejoras de la eficiencia energética como mediante la transición a refrigerantes de bajo PCG (PCG menor de 10). Es posible que se logre una reducción de las emisiones en un futuro próximo con la introducción de los HFO como refrigerante. Esto se muestra en la Figura 31 (automóviles y vehículos grandes combinados) con un potencial de mitigación aproximado de 0,4 Mt CO₂eq en el año 2050, que se distribuye por igual entre el ahorro de emisiones directas e indirectas.

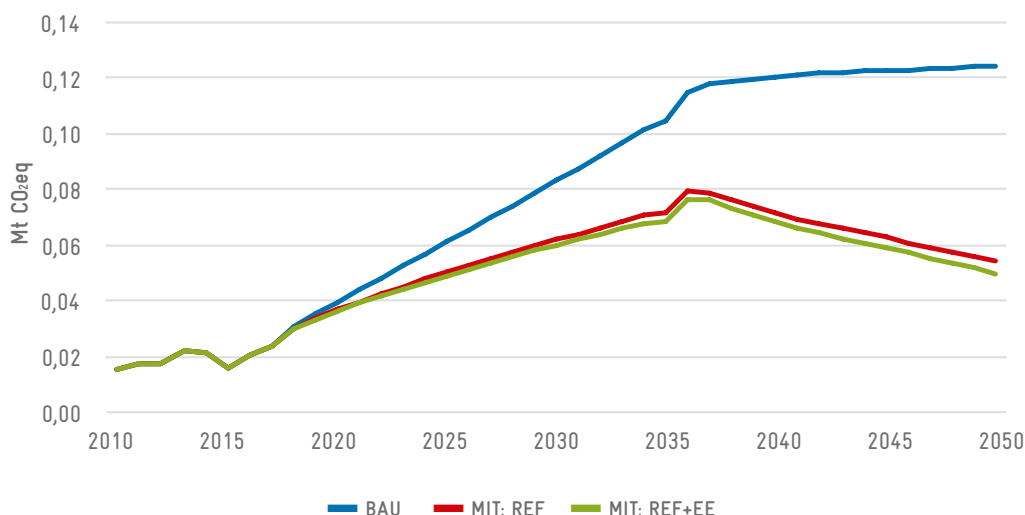


FIGURA 30: EMISIONES DE GEI PROYECTADAS PARA EL SUBSECTOR DE LOS CHILLERS, AÑOS 2010-2050

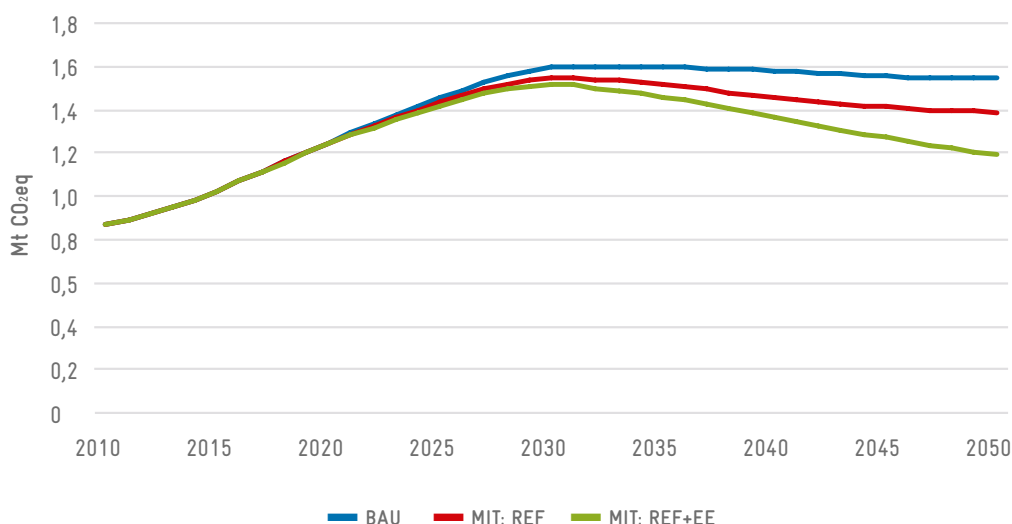


FIGURA 31: EMISIONES DE GEI PROYECTADAS PARA LOS SISTEMAS MÓVILES DE A/A, AÑOS 2010-2050

3.4.7 Potencial de mitigación de emisiones de la refrigeración doméstica

El ahorro estimado de emisiones para la refrigeración doméstica suma alrededor de 0,04 Mt CO₂eq para el año 2050. Los escenarios de mitigación representan básicamente una amplificación de la tecnología ya iniciada de los refrigeradores a base de R600a, así como una mayor adopción de la tecnología del inverter. La transición a refrigerantes R600a para unidades domésticas en las próximas décadas se puede considerar como BAU. Esta transición tecnológica también implica una mejora de la eficiencia energética con el resultante ahorro de emisiones indirectas, que requiere MEPS ambiciosos y

etiquetados, de tal manera eliminando no solamente los aparatos más ineficientes del mercado sino también brindando mayor transparencia del comportamiento energético de los productos disponibles en el mercado. Sin embargo, no se espera que el cambio a refrigerantes de hidrocarburos logre grandes ahorros directos de emisiones durante la vida útil, ya que los refrigeradores domésticos suelen ser sistemas estrechos. La carga de refrigerante dentro de los refrigeradores domésticos es baja, las fugas y las emisiones resultantes se encuentran en un nivel correspondientemente bajo. El refrigerante a menudo se emite al final de su vida útil cuando el refrigerante no se recupera correctamente.

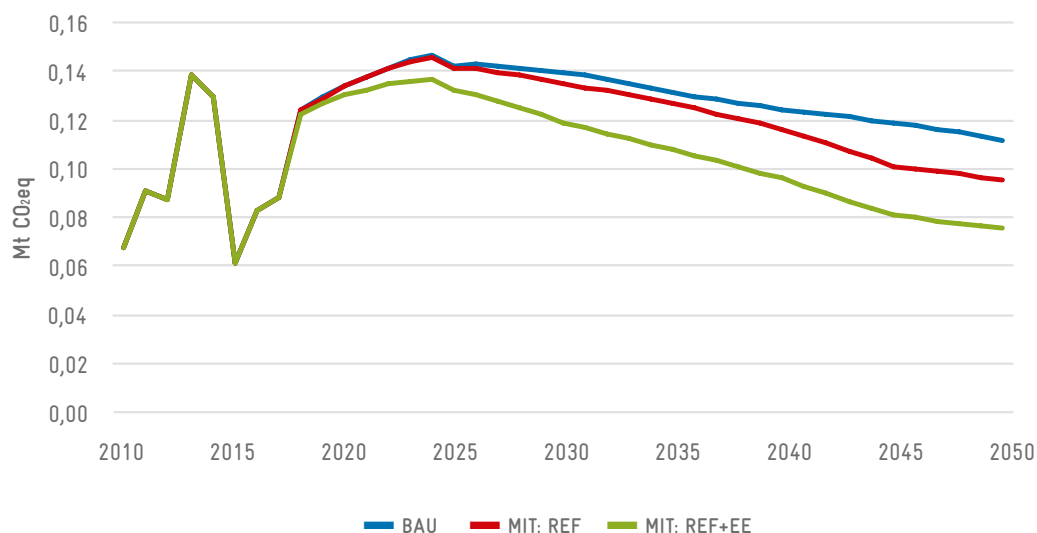


FIGURA 32: EMISIONES DE GEI PROYECTADAS PARA LA REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA, AÑOS 2010-2050

3.4.8 Potencial de mitigación de emisiones de refrigeración comercial

El ahorro potencial de emisiones para la refrigeración comercial se estima por encima de 0,5 Mt CO₂eq para el año 2050. Esto implica mejorar la captación de tecnología usando refrigerantes de bajo PCG en el escenario MIT. Se pueden lograr más efectos de mitigación a través de una transición más progresiva a refrigerantes de

bajo PCG y la aplicación de MEPS ambiciosos y etiquetados. Por otro lado, los ahorros de emisiones indirectas son casi inexistentes en este subsector, lo que se debe principalmente a la alta participación de las energías renovables en la combinación energética nacional. Además, se estima que el potencial de mejoras adicionales de eficiencia energética más allá de las supuestas en el escenario BAU es bastante moderado en este subsector.

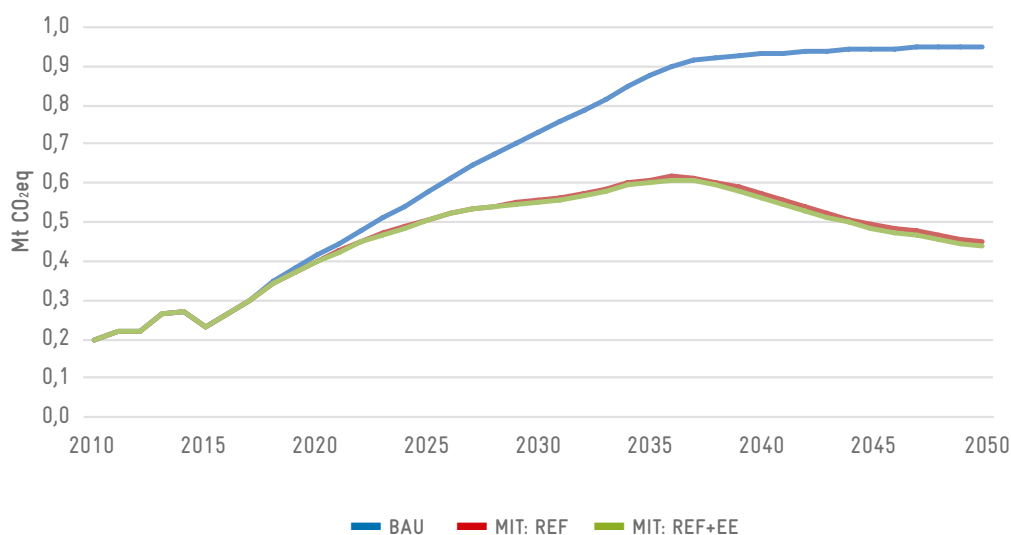


FIGURA 33: EMISIONES DE GEI PROYECTADAS PARA LA REFRIGERACIÓN COMERCIAL, AÑOS 2010-2050

3.4.9 Potencial de mitigación de emisiones de refrigeración industrial

La estimación de los potenciales de mitigación para la refrigeración industrial se basa en gran medida en estimaciones predeterminadas derivadas de bases de datos globales, debido a la falta de datos nacionales disponibles. El ahorro potencial de emisiones se estima aproximadamente en 0,03 Mt CO₂eq en el año 2050. La mitigación se logra mediante la transición a refrigerantes de bajo PCG con moderadas mejoras adicionales de eficiencia energética. Además, cabe destacar que los sistemas centralizados incluidos en esta categoría, a pesar de las altas cargas individuales de refrigerante, solo contribuyen a las emisiones indirectas. Esto se debe al uso exclusivo del refrigerante R717 de cero PCG en esta categoría en el rango de alta capacidad de enfriamiento.

3.4.10 Potencial de mitigación de las emisiones del transporte refrigerado

La estimación del potencial de mitigación en el transporte refrigerado se basa en gran medida en estimaciones mediante valores estándares derivadas de bases de datos globales, debido a la falta de datos nacionales disponibles. El ahorro potencial de emisiones es de aproximadamente 0,2 Mt CO₂eq, alcanzado principalmente por la transición a refrigerantes de bajo PCG. Los ahorros de emisiones indirectas adicionales al escenario de BAU son insignificantes; se estima que las mejoras tecnológicas en eficiencia energética más allá de las supuestas en el escenario BAU, son moderadas.

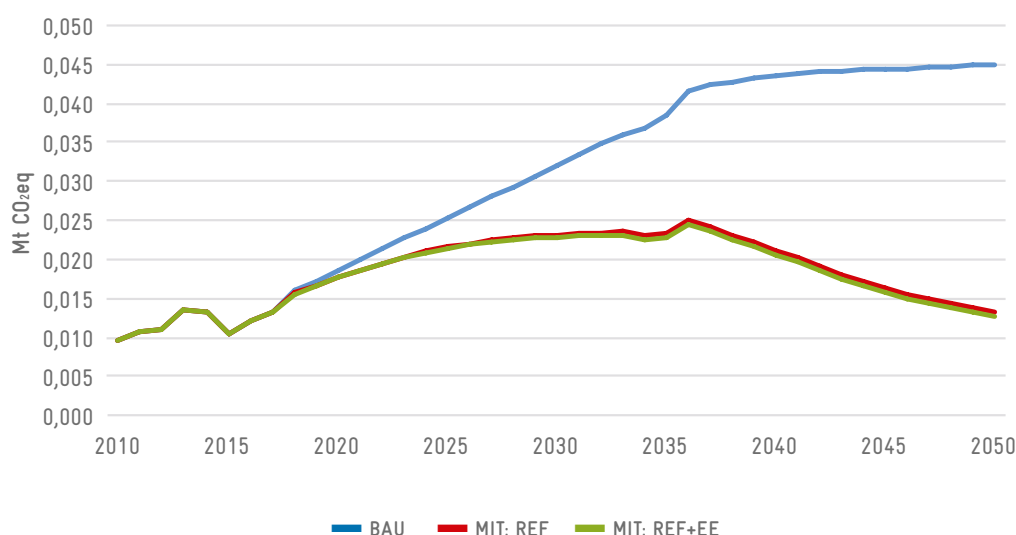


FIGURA 34: EMISIONES DE GEI PROYECTADAS PARA LA REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL, AÑOS 2010-2050

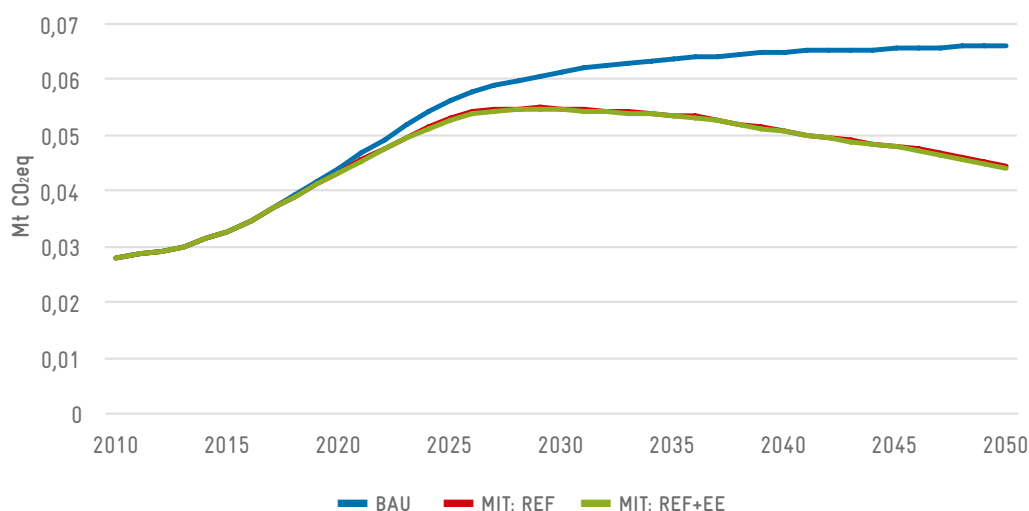


FIGURA 35: EMISIONES DE GEI PROYECTADAS PARA EL TRANSPORTE REFRIGERADO, AÑOS 2010-2050

3.4.11 Potencial de mitigación de emisiones de los GEI y de energía

Como resultado de los escenarios proyectados, la Figura 36 y la Figura 37 indican los potenciales de ahorro acumulados estimados de las emisiones de los GEI hasta el año 2050 para las emisiones directas e indirectas. La refrigeración comercial lidera el potencial de ahorro de las emisiones directas sobre el A/A unitario (UAC), mientras que el mayor potencial de ahorro de emisiones indirectas se atribuye a los sistemas móviles de A/A (MAC) con UAC también en segundo lugar. Por el potencial total de mitigación de los GEI, UAC se sitúa aproximadamente con el 28% detrás de la refrigeración comercial (47%).

En conclusión, se estima que el potencial total acumulado de mitigación de emisiones hasta el año 2050 sumará más de 26 Mt CO₂eq.

A pesar de contar con un potencial de mitigación de emisiones indirectas menor que el del subsector de MAC, debido a la generación de electricidad altamente renovable en Costa Rica, el subsector de UAC ofrece un alto potencial de ahorro de energía acumulado que se proyectó en segundo lugar detrás de la refrigeración doméstica (Figura 38). El potencial de ahorro de energía ilustrado corresponde al escenario de mitigación modelado del inventario de los GEI del sector RAC.

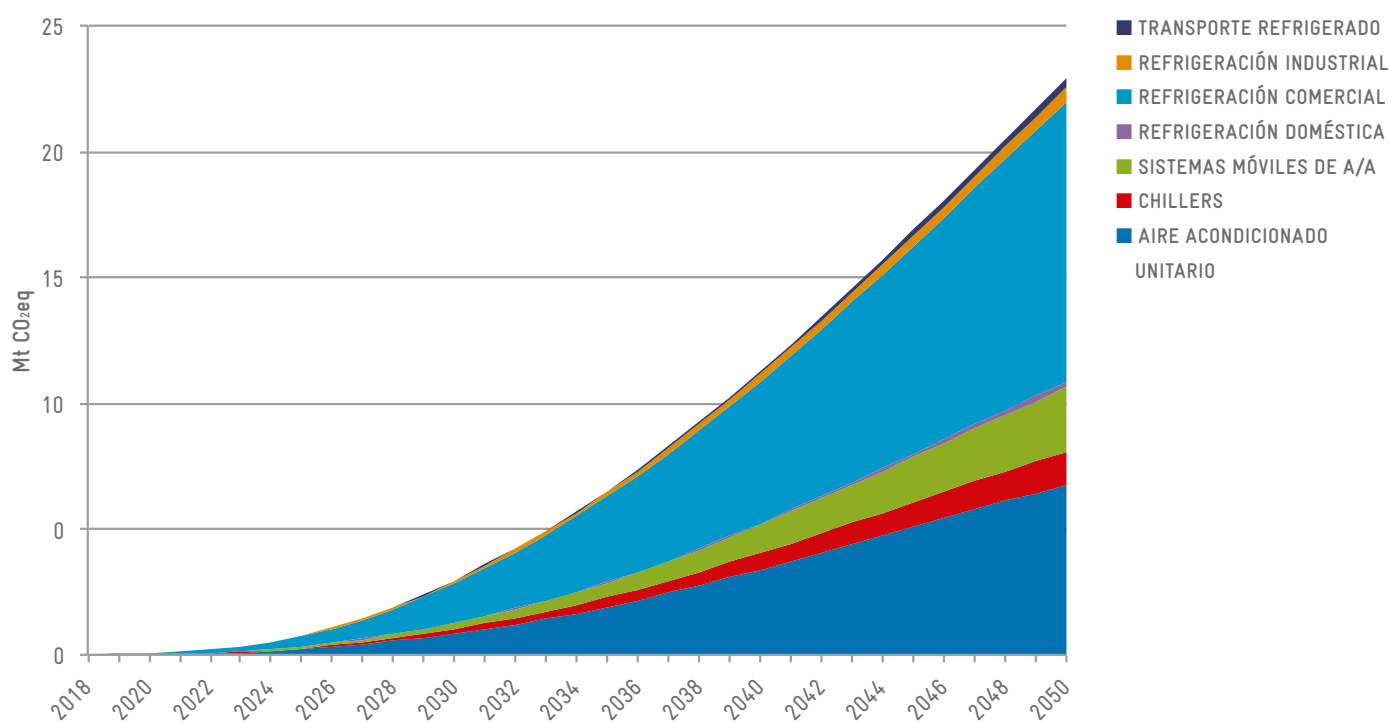


FIGURA 36: POTENCIAL ACUMULADO DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DIRECTAS POR SUBSECTOR HASTA 2050

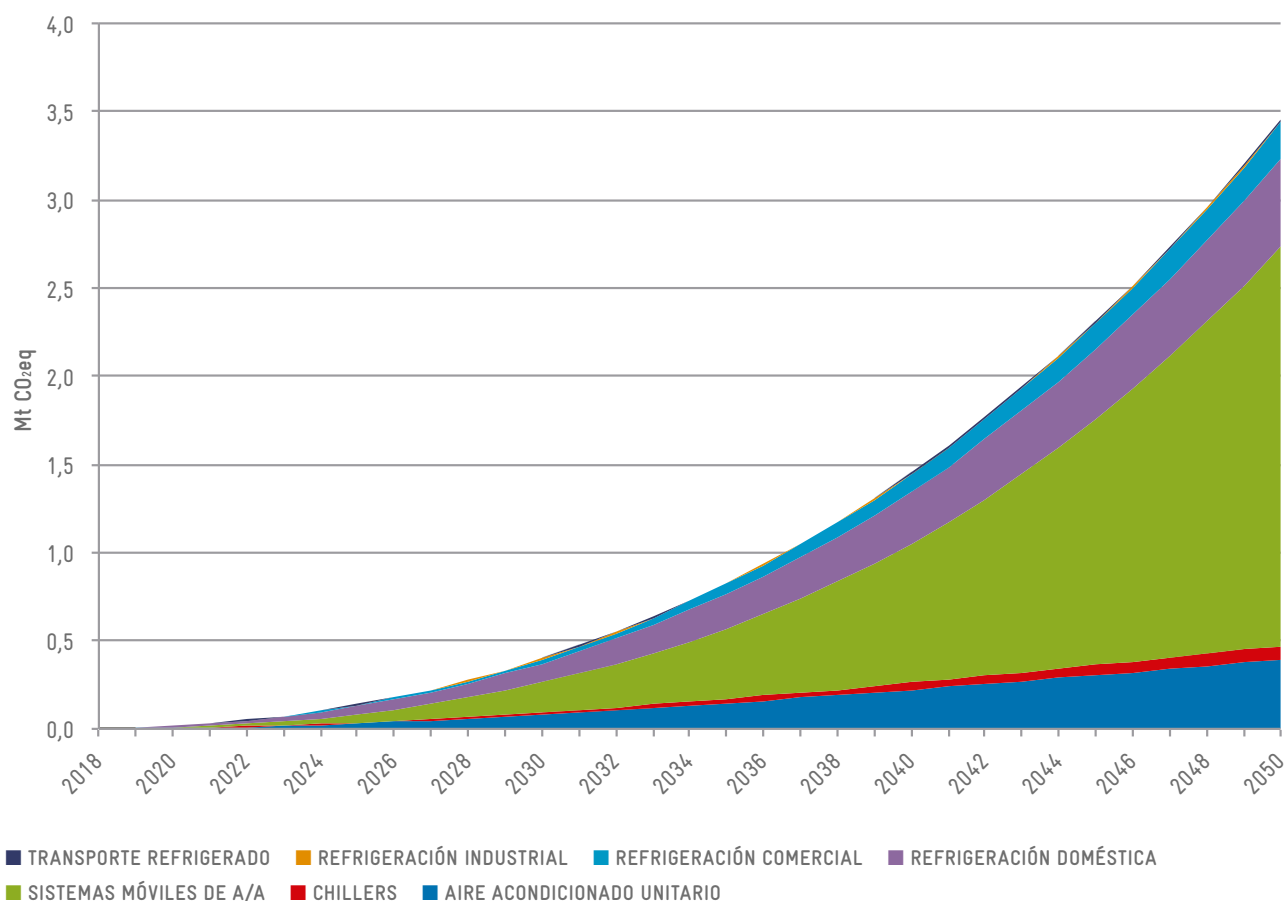


FIGURA 37: POTENCIAL ACUMULADO DE MITIGACIÓN DE EMISIONES INDIRECTAS POR SUBSECTOR HASTA 2050

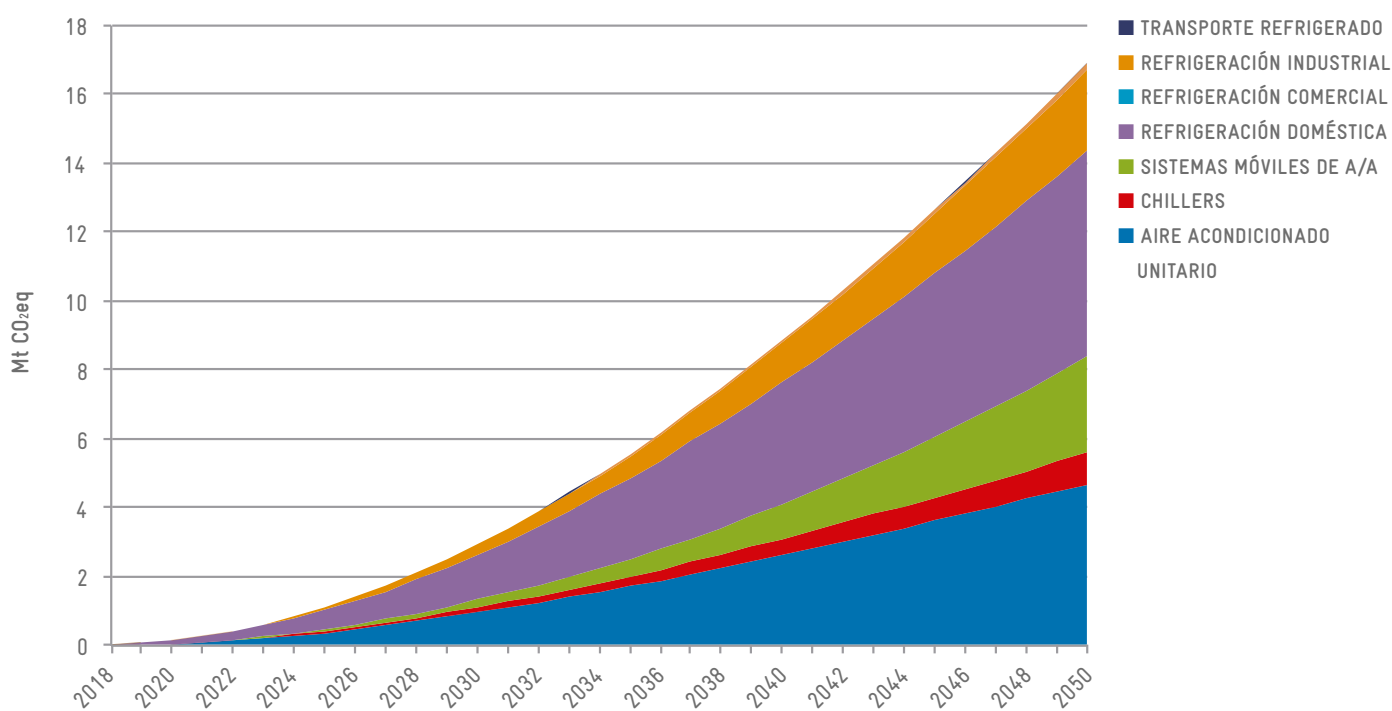


FIGURA 38: POTENCIAL ACUMULADO DE AHORRO DE ENERGÍA POR SUBSECTOR HASTA 2050



3.5 CONCLUSIÓN

Los subsectores que más contribuyen a las emisiones de los GEI en el sector de RAC son los sistemas móviles de A/A (MAC) y la refrigeración comercial. Sin embargo, las emisiones de los GEI por MAC son altas en las próximas décadas, con un pico alrededor del año 2025, mientras que se proyecta que la refrigeración comercial experimente un fuerte crecimiento y contribuya con la mayoría de sus emisiones desde el 2030 en adelante. En esas décadas, las mayores emisiones de los GEI se atribuyen a la refrigeración comercial, mientras que los subsectores de A/A unitario (UAC) y MAC siguen en niveles comparables.

La toma de medidas reglamentarias combinadas con el avance tecnológico relacionado con la elección de los refrigerantes y la eficiencia energética tal como anteriormente se ha descrito pueden lograr una reducción sustancial de las emisiones y contribuir a los objetivos generales de reducción de los GEI de Costa Rica. El subsector de UAC demuestra un alto potencial de mitigación, debido a su gran número de equipos y a la creciente demanda del mercado. Bajo las estimaciones formuladas, los subsectores de refrigeración comercial y MAC demuestran los potenciales más altos de mitigación de las emisiones de los GEI en relación con las emisiones directas (refrigeración comercial) y las emisiones indirectas (MAC), respectivamente. UAC sigue de cerca y directamente detrás de la refrigeración comercial considerando el potencial total de mitigación de emisiones. Además, el subsector de UAC es clave para apuntar a objetivos de ahorros de energía.

De acuerdo con el criterio de varios actores entrevistados y los datos compartidos sobre el consumo de refrigerante, se supone que Costa Rica tiene tasas de fuga de medias a altas. Debido a sus altas cargas de refrigerante, los equipos de aire acondicionado más grandes, incluidos los chillers y la refrigeración co-

mercial e industrial, son las más afectadas. Sin embargo, los subsectores de MAC y transporte refrigerado generalmente tienen una de las tasas de fuga más altas debido al alto desgaste durante el funcionamiento regular en movimiento. Ambos subsectores son también de especial interés debido a su alta intensidad de carbono. Se puede lograr una reducción de fugas si exclusivamente técnicos calificados de RAC trabajan con refrigerantes después de haber completado la capacitación y certificación adecuadas.

Si bien el impacto de la adopción de tecnología de alta eficiencia energética en las emisiones indirectas es relativamente bajo en las condiciones supuestas debido a la alta participación de las energías renovables, la mejora continua de la tecnología sigue siendo de gran importancia. El aumento del consumo de energía según la línea base (BAU) sugiere un consumo energético adicional en el sector de RAC del 5% en promedio cada año hasta 2030, que duplicará de tal manera el consumo de energía después de 12 años. Suponiendo que esta potencial demanda adicional en la red eléctrica nacional no se compensa con la reducción del consumo en otros sectores, esta creciente demanda requeriría una mayor expansión de la capacidad de energía renovable o la reactivación de las centrales eléctricas que funcionan con combustibles fósiles, o ambos. Mientras tanto, por un lado, la construcción de grandes centrales hidroeléctricas está restringida por las regulaciones de protección ambiental; por otra parte, la utilización continua de la hidroelectricidad depende en gran medida de las condiciones climáticas. Se proyecta que el cambio climático causará una severa pérdida de lluvia en la temporada seca y, por lo tanto, reducirá la capacidad de la energía hidroeléctrica en los próximos años. En consecuencia, es indispensable promulgar esquemas adecuados de eficiencia energética en el sector de RAC, incluyendo estándares mínimos de rendimiento energético (MEPS) y etiquetados.

4 REFERENCES

- Clark, E. and Wagner, S. (2016)** The Kigali Amendment to the Montreal Protocol: HFC Phase-down.
- Edgar Emissions Database (2017).** Disponible en: <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=C02ts1990-2015>
- EU (2006)** Directive 2006/40/EC
- EU (2014)** Regulation (EU) No 517/2014
- Gerwen van, R. and Colbourne, D. (2012)** 'Hydrocarbon refrigerants for room air conditioners and commercial refrigeration', in ASHRAE/ NIST Refrigerants Conference - Moving towards sustainability. Disponible en: https://1drv.ms/p/s!AqCl2LBc7nH0ge8GP-_CABaaQppeOA
- 'Green Cooling Initiative' (2013)** Disponible en: www.green-cooling-initiative.org
- Heubes, J. and Papst, I. (2014)** NAMAs in the refrigeration, air conditioning and foam sectors. A technical handbook Module 1 - Inventory. Disponible en: <https://mia.giz.de/qlink/ID=245486000>
- IMN, MINAE (2015)** Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono 2012.
- IPCC (2014)** Summary for Policymakers, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. doi: 10.1017/CB09781107415324.
- MIDEPLAN (2018)** Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario 2019-2022. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Disponible en: https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/ka113rCgRbC_ByLVRHGgrA
- Munzinger, P., Andres, D., Boos, D., Becker, C., Usinger, J., Papst, I., Heubes, J., Oppelt, D. and Röser, F. (2016)** Advancing nationally determined contributions (NDCs) through climate-friendly refrigeration and air conditioning - Guidance for policymakers. Disponible en: <https://mia.giz.de/qlink/ID=245498000>
- Oppelt, D. (2013)** RAC NAMA Handbook, NAMAs in the refrigeration, air conditioning and foam sectors. A technical handbook. Module 2 - Cooling Needs Assessment. Disponible en: <https://mia.giz.de/qlink/ID=245487000>
- Patel, C., Kapadia, R. and Matawala, V. K. (2016)** 'Performance Evaluation of Split Air Conditioner Working with Alternate Refrigerant to R-22: A Review', IJSDR, 1(9).
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Irving, W. and Krug, T. (2006)** 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Chapter 7 Emissions of Fluorinated substitutes for ozone depleting substances. Disponible en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf.
- Schwarz, W. et al. (2011)** 'Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases Prepared for the European Commission in the context of Service Contract No 070307/2009/548866/SER/C4. Brussels: EC.'
- Shah, N., Phadke, A. and Waide, P. (2013)** Cooling the Planet: Opportunities for Deployment of Superefficient Room Air Conditioners.

5 ANEXO

5.1 DEFINICIONES DE SUBSECTORES

TABLA 15: CLASIFICACIÓN DE LOS SUBSECTORES DE AIRE ACONDICIONADO Y SUS TIPOS DE EQUIPOS

SUBSECTOR DE RAC	GRUPO DE PRODUCTOS	DESCRIPCIÓN
A/A UNITARIO	Autocontenidos	Todos los componentes del sistema están ubicados dentro de una carcasa.
	Split residencial y comercial (sin ducto)	- Los sistemas consisten en dos elementos: (1) la unidad del condensador que contiene el compresor montado fuera de la habitación y (2) la unidad interior (evaporador) que suministra aire frío a la habitación. - Unidades residenciales: aplicadas en viviendas particulares. - Unidades comerciales: aplicadas en oficinas u otros edificios comerciales. - Este grupo de productos se refiere a sistemas tipo Split "únicos", es decir, una unidad interior conectada a una unidad exterior.
	Split con ducto, residencial y comercial	- Los sistemas consisten en una unidad exterior (condensador) que contiene el compresor que está conectado a una unidad interior (evaporador) para soplar aire enfriado a través de un sistema de ducto preinstalado. - Las unidades residenciales se utilizan principalmente en el contexto doméstico. - Unidades comerciales: aplicadas en oficinas u otros edificios comerciales. - Las unidades tipo Split con ducto se utilizan principalmente para enfriar varias habitaciones en edificios más grandes (incl. casas).
	Paquete (Rooftop) con ducto	Un solo sistema de enfriamiento montado en el techo de un edificio desde el cual los ductos conducen al interior del edificio y soplan aire frío.
	Multi-split, VRF/VRV	- Multi-splits: como sistemas de Split sin ductos (Split individuales residenciales / comerciales, ver arriba), pero generalmente se pueden conectar hasta 5 unidades interiores a una unidad exterior. - Sistemas VRF/VRV (flujo/volumen de refrigerante variable): tipo de sistema de Multi-split donde se puede conectar un número de unidades interiores de 2 dígitos a una unidad exterior. Se utiliza en edificios de oficinas de tamaño medio e instalaciones comerciales.
CHILLERS PARA AIRE ACONDICIONADO	Chillers (A/A)	- Los chillers de aire acondicionado generalmente funcionan utilizando un líquido (generalmente agua) para enfriar un ciclo de refrigeración convencional. Esta agua se distribuye luego a las bobinas de refrigeración y, a veces, de calefacción dentro del edificio. - Los chillers de aire acondicionado se aplican principalmente para fines comerciales y de industria ligera.
SISTEMAS MÓVILES DE AIRE ACONDICIONADO	Pequeño: coches de pasajeros, vehículos comerciales ligeros, camionetas Grandes: Buses, trenes, etc.	Aire acondicionado en todo tipo de vehículos, como coches de pasajeros, camiones o autobuses. Principalmente se utiliza un sistema de un solo evaporador.



TABLA 16: CLASIFICACIÓN DE LOS SUBSECTORES DE REFRIGERACIÓN Y SUS TIPOS DE EQUIPOS

SUBSECTOR DE RAC	GRUPO DE PRODUCTOS	DESCRIPCIÓN
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	Refrigerador/ congelador	El subsector incluye la combinación de refrigeradores y congeladores, así como refrigeradores y congeladores de un solo hogar.
REFRIGERACIÓN COMERCIAL	Autónomos (Stand-alone)	- Unidades de "plug-in" integradas en una carcasa (sistemas de refrigeración autónomos) - Ejemplos: máquinas dispensadoras, congeladores para helados y enfriadores de bebidas
	Unidades de Condensación	- Estos sistemas de refrigeración se utilizan a menudo en tiendas pequeñas como panaderías, carnicerías o pequeños supermercados. - La 'unidad de condensación' contiene uno o dos compresores, el condensador y un receptor, y generalmente está conectada a través de tuberías a pequeños equipos comerciales ubicados en el área de ventas, por ejemplo, equipos de refrigeración como vitrinas o cámaras frigoríficas. - La unidad suele venir pre-ensamblada.
	Sistemas centralizados (para supermercados)	- Utilizado en supermercados más grandes (áreas de ventas mayores de 400 metros cuadrados). - Funciona con un paquete de varios compresores operando en paralelo en un cuarto de máquinas separado. Este paquete está conectado a condensadores instalados por separado fuera del edificio. - El sistema está montado en el sitio.
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL	Unidad de Stand-alone (integral)	- Los chillers de aire acondicionado generalmente funcionan utilizando un líquido (generalmente agua) para enfriar un ciclo de refrigeración convencional. Esta agua se distribuye luego a las bobinas de refrigeración y, a veces, de calefacción dentro del edificio. - Los chillers de aire acondicionado se aplican principalmente para fines comerciales y de industria ligera.
	Unidad de condensación	- La 'unidad de condensación' contiene uno o dos compresores, el condensador y un receptor, y generalmente se conecta a través de tuberías a pequeños equipos comerciales ubicados en el área de ventas, por ejemplo, equipos de refrigeración como vitrinas o cámaras frigoríficas. - La unidad suele venir pre-ensamblada. - Ejemplo: instalaciones de almacenamiento en frío
	Sistemas centralizados	- Funciona con un paquete de varios compresores operando en paralelo en un cuarto de máquinas separado. Este paquete está conectado a condensadores instalados por separado fuera del edificio. - El sistema está montado en el sitio.
TRANSPORTE REFRIGERADO	Tráiler, camión, furgoneta	- Cubre los equipos de refrigeración que se requieren durante el transporte de mercancías en carreteras en camiones y tráileres/remolques (pero también en trenes, barcos o en contenedores aéreos). - Generalmente se instala una unidad de refrigeración por vehículo de carretera.

5.2 DATOS DE IMPORTACIÓN DEL INVENTARIO

Las siguientes tablas muestran los datos de importación recopilados de datos primarios y secundarios (aduana).

TABLA 17: TOTALES DE EQUIPOS DE RAC IMPORTADOS EN LOS AÑOS 2012-2016 (DATOS DE CUESTIONARIOS)

SUBSECTOR	2012	2013	2014	2015	2016
A/A AUTOCONTENIDO	432	554	374	665	1.290
SPLIT SIN DUCTO	16.187	21.560	52.418	23.734	37.045
SPLIT CON DUCTO	1.187	365	1.107	183	770
A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	115	111	80	432	782
MULTI-SPLIT. VRF/VRV	1	84	285	206	514
CHILLERS	6	9	0	1	8
A/A EN COCHES ⁵²	27	55	107	24	24
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	-	-	-	-	-
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	100.578	150.931	185.808	151.764	160.528
UNIDADES AUTÓNOMAS (STAND-ALONE)	11.552	6.364	13.018	14.934	17.546
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	3.000 ⁵³	3.187	3.368	3.387	3.992
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERM.	-	-	-	-	-
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	105	67	78	187	201
SISTEMAS CENTRALIZADOS	-	-	-	-	-
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	-	-	-	-	-

No se obtuvieron datos primarios para los subsectores omitidos.

⁵² Datos para MAC / A/A para coches se refieren a la importación de repuestos por un solo actor

⁵³ Número ajustado porque el mayor importador no proporcionó datos para el año 2012 (número original: 105)

TABLA 18: TOTALES DE EQUIPOS DE RAC IMPORTADOS EN LOS AÑOS 2012-2016 (DATOS DE ADUANA)

SUBSECTOR	2012	2013	2014	2015	2016
A/A AUTOCONTENIDO	572	623	549	257	248
SPLIT SIN DUCTO	30.491	34.319	105.786	44.507	68.213
SPLIT CON DUCTO	-	-	-	-	-
A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	6.693	7.320	23.452	8.544	13.974
MULTI-SPLIT. VRF/VRV	-	-	-	-	-
CHILLERS	53	66	43	188	228
A/A EN COCHES ⁵⁴	43.600	46.726	52.303	63.392	58.556
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	2.043	2.259	2.204	2.866	2.685
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	102.230	118.730	230.228	164.306	183.532
UNIDADES AUTÓNOMAS (STAND-ALONE)	12.949	10.502	19.596	19.863	20.109
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	5.861	2.091	3.388	4.522	6.192
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERM.	-	-	-	-	-
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	-	-	-	-	-
SISTEMAS CENTRALIZADOS	-	-	-	-	-
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	-	-	-	-	-

Para los subsectores omitidos, no fue posible separar los datos de aduanas debido a la falta de más detalles incluidos en las partidas arancelarias.

Para unidades de las que no se obtuvieron datos primarios ni secundarios, las cantidades se basaron en los siguientes estimados de stock. En el caso de la refrigeración doméstica, se utilizaron los datos de stock (INEC, Encuesta Nacional de Hogares, 2014) debido a una mayor precisión.

TABLA 19: DATOS DE STOCK ESTIMADOS PARA EQUIPOS RAC PARA LOS AÑOS 2010-2016

SUBSECTOR	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	1.222.252	1.244.075	1.266.443	1.303.314	1.340.000	1.486.323	1.564.627
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	178	182	187	191	203	220	244
SISTEMAS CENTRALIZADOS	14	15	15	16	16	16	17
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	2.499	2.562	2.626	2.691	2.801	2.926	3.094

54 Número ajustado porque el mayor importador no proporcionó datos para el año 2012 (número original: 105)

5.3 PARÁMETROS DE MODELADO APLICADOS Y RESULTADOS DE CÁLCULOS DEL MODELO

TABLA 20: PROMEDIOS DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ESTIMADOS EN LAS IMPORTACIONES DE EQUIPOS PARA EL ESCENARIO BUSINESS AS USUAL

TIPO DE EQUIPO	2017	2020	2025	2030	2040	2050
A/A AUTOCONTENIDO	3,20	3,60	3,70	3,70	3,90	3,90
SPLIT SIN DUCTO	3,36	3,60	3,75	3,90	4,10	4,30
SPLIT CON DUCTO	3,42	3,60	3,60	3,70	3,70	3,70
A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	3,24	3,60	3,60	3,70	3,70	3,70
MULTI-SPLIT, VRF/VRV	3,31	3,60	3,70	3,90	3,90	4,10
CHILLERS DE A/A	3,04	3,30	3,50	3,50	3,50	3,50
CHILLERS DE PROCESO	3,33	3,60	3,80	3,80	3,80	3,80
A/A EN COCHES	2,50	2,60	2,70	2,80	2,80	2,80
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	2,50	2,60	2,70	2,70	2,70	2,70
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	1,31	1,45	1,60	1,68	1,90	2,20
UNIDADES AUTÓNOMAS (STAND-ALONE)	2,71	2,73	2,78	2,80	2,85	2,90
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	1,73	1,80	1,80	1,90	1,90	1,96
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	1,82	1,82	1,84	1,86	1,90	1,90
SISTEMAS CENTRALIZADOS	3,33	3,60	3,80	3,80	3,80	3,80
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21
REFRIGERATED TRUCKS/ TRAILERS	1.96	2.00	2.23	2.00	2.23	2.60

TABLA 21: PROMEDIOS DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ESTIMADOS EN LAS IMPORTACIONES DE EQUIPOS PARA EL ESCENARIO DE MITIGACIÓN REF + EE

TIPO DE EQUIPO	2017	2020	2025	2030	2040	2050
A/A AUTOCONTENIDO	3,20	3,70	3,90	4,10	4,30	4,50
SPLIT SIN DUCTO	3,36	4,26	4,30	5,00	5,25	5,50
SPLIT CON DUCTO	3,42	3,70	3,90	3,90	3,90	3,90
A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	3,24	3,70	3,90	4,10	4,30	4,50
MULTI-SPLIT, VRF/VRV	3,31	3,70	3,90	4,10	4,30	4,50
CHILLERS DE A/A	3,04	3,70	3,90	4,10	3,90	4,10
CHILLERS DE PROCESO	3,33	4,00	4,20	4,32	4,48	4,80
A/A EN COCHES	2,50	2,65	2,80	2,90	3,20	3,50
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	2,50	2,65	2,80	2,90	3,20	3,50
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	1,31	1,60	1,90	2,20	2,50	2,80
UNIDADES AUTÓNOMAS (STAND-ALONE)	2,71	2,75	2,80	2,85	2,90	2,90
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40	3,50
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	1,73	1,90	2,05	2,20	2,30	2,40
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	1,82	1,90	1,90	1,95	1,95	2,00
SISTEMAS CENTRALIZADOS	3,33	4,00	4,20	4,32	4,48	4,80
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	2,16	2,19	2,20	2,20	2,20	2,25
REFRIGERATED TRUCKS/ TRAILERS	1.96	2.00	2.23	2.00	2.23	2.60

TABLA 22: DISTRIBUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES EN LA IMPORTACIÓN PARA EL ESCENARIO BAU

TIPO DE EQUIPO	REFRIGERANTE	2015	2020	2025	2030	2040	2050
A/A AUTOCONTENIDO	R22	27%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A AUTOCONTENIDO	R134a	3%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A AUTOCONTENIDO	R290	0%	0%	0%	4%	4%	4%
A/A AUTOCONTENIDO	R404A	1%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A AUTOCONTENIDO	R407C	0%	15%	23%	33%	33%	33%
A/A AUTOCONTENIDO	R410A	69%	85%	77%	63%	63%	63%
SPLIT SIN DUCTO	R22	26%	14%	0%	0%	0%	0%
SPLIT SIN DUCTO	R290	0%	0%	0%	5%	20%	70%
SPLIT SIN DUCTO	R410A	74%	85%	95%	85%	60%	10%
SPLIT SIN DUCTO	R32	0%	1%	5%	10%	20%	20%
SPLIT CON DUCTO	R22	45%	0%	0%	0%	0%	0%
SPLIT CON DUCTO	R407C	23%	40%	45%	50%	50%	50%
SPLIT CON DUCTO	R410A	33%	60%	55%	50%	50%	50%
SPLIT CON DUCTO	PCG 150 HFC	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PAQUETE (ROOFTOP)	R22	5%	0%	0%	0%	0%	0%
PAQUETE (ROOFTOP)	R134a	3%	0%	0%	0%	0%	0%
PAQUETE (ROOFTOP)	R407C	0%	30%	50%	50%	50%	50%
PAQUETE (ROOFTOP)	R410A	92%	70%	50%	50%	50%	50%
PAQUETE (ROOFTOP)	PCG 150 HFC	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MULTI-SPLITS	R22	35%	0%	0%	0%	0%	0%
MULTI-SPLITS	R407C	33%	50%	50%	50%	50%	50%
MULTI-SPLITS	R410A	33%	50%	50%	50%	50%	50%
MULTI-SPLITS	PCG 150 HFC	0%	0%	0%	0%	0%	0%

TIPO DE EQUIPO	REFRIGERANTE	2015	2020	2025	2030	2040	2050
CHILLERS DE A/A	R22	1%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE A/A	R134a	74%	50%	50%	50%	50%	50%
CHILLERS DE A/A	R290	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE A/A	R407C	1%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE A/A	R410A	25%	50%	50%	50%	50%	50%
CHILLERS DE A/A	R717	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE PROCESO	R22	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE PROCESO	R134a	47%	47%	47%	47%	47%	47%
CHILLERS DE PROCESO	R290	3%	3%	3%	3%	3%	3%
CHILLERS DE PROCESO	R404A	40%	40%	40%	40%	40%	40%
CHILLERS DE PROCESO	R407C	10%	10%	10%	10%	10%	10%
CHILLERS DE PROCESO	R410A	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE PROCESO	R717	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A PARA COCHES	R134a	100%	100%	100%	70%	50%	50%
A/A EN COCHES	HFO 1234yf	0%	0%	0%	30%	50%	50%
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	R134a	100%	100%	100%	70%	50%	50%
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	PCG 300 HFC	0%	0%	0%	30%	50%	50%
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	HFO 1234yf	0%	0%	0%	0%	0%	0%
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	R134a	78%	70%	54%	48%	44%	40%
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	R600a	22%	30%	46%	52%	56%	60%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R22	0%	0%	0%	0%	0%	0%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R134a	91%	60%	40%	40%	40%	40%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R290	1%	20%	20%	20%	20%	20%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R404A	8%	20%	40%	40%	40%	40%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R600a	0%	0%	0%	0%	0%	0%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R22	5%	0%	0%	0%	0%	0%

TIPO DE EQUIPO	REFRIGERANTE	2015	2020	2025	2030	2040	2050
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R134a	68%	67%	67%	67%	67%	67%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R290	1%	1%	1%	1%	1%	1%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R404A	24%	27%	27%	27%	27%	27%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R744	3%	6%	6%	6%	6%	6%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R22	10%	0%	0%	0%	0%	0%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R134a	27%	19%	15%	15%	15%	15%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R290	3%	5%	5%	5%	5%	5%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R404A	58%	70%	74%	74%	74%	74%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R717	3%	6%	6%	6%	6%	6%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R22	28%	0%	0%	0%	0%	0%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R134a	23%	30%	30%	30%	30%	30%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R290	0%	0%	0%	0%	0%	0%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R404A	37%	54%	54%	54%	54%	54%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R744	5%	5%	5%	5%	5%	5%
SISTEMAS CENTRALIZADOS	R717	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	R134a	28%	30%	30%	30%	30%	30%
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	R290	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	R404A	38%	50%	50%	50%	50%	50%
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	R407C	18%	10%	10%	10%	10%	10%
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	R410A	18%	10%	10%	10%	10%	10%

TABLA 23: DISTRIBUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES EN LA IMPORTACIÓN PARA EL ESCENARIO MIT

TIPO DE EQUIPO	REFRIGERANTE	2015	2020	2025	2030	2040	2050
A/A AUTOCONTENIDO	R22	27%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A AUTOCONTENIDO	R134a	3%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A AUTOCONTENIDO	R290	0%	5%	30%	60%	100%	100%
A/A AUTOCONTENIDO	R404A	1%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A AUTOCONTENIDO	R407C	0%	10%	10%	5%	0%	0%
A/A AUTOCONTENIDO	R410A	69%	85%	60%	35%	0%	0%
SPLIT SIN DUCTO	R22	26%	0%	0%	0%	0%	0%
SPLIT SIN DUCTO	R290	0%	1%	20%	60%	90%	100%
SPLIT SIN DUCTO	R410A	74%	94%	70%	30%	5%	0%
SPLIT SIN DUCTO	R32	0%	5%	10%	10%	5%	0%
SPLIT CON DUCTO	R22	45%	0%	0%	0%	0%	0%
SPLIT CON DUCTO	R407C	23%	0%	0%	0%	0%	0%
SPLIT CON DUCTO	R410A	33%	50%	10%	10%	10%	10%
SPLIT CON DUCTO	PCG 150 HFC	0%	50%	90%	90%	90%	90%
PAQUETE (ROOFTOP)	R22	5%	0%	0%	0%	0%	0%
PAQUETE (ROOFTOP)	R134a	3%	0%	0%	0%	0%	0%
PAQUETE (ROOFTOP)	R407C	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PAQUETE (ROOFTOP)	R410A	92%	50%	10%	10%	10%	10%
PAQUETE (ROOFTOP)	PCG 150 HFC	0%	50%	90%	90%	90%	90%
MULTI-SPLITS	R22	35%	0%	0%	0%	0%	0%
MULTI-SPLITS	R407C	33%	0%	0%	0%	0%	0%
MULTI-SPLITS	R410A	33%	50%	10%	10%	10%	10%
MULTI-SPLITS	PCG 150 HFC	0%	50%	90%	90%	90%	90%
CHILLERS DE A/A	R22	1%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE A/A	R134a	74%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE A/A	R290	0%	70%	80%	80%	80%	80%
CHILLERS DE A/A	R407C	1%	0%	0%	0%	0%	0%

TIPO DE EQUIPO	REFRIGERANTE	2015	2020	2025	2030	2040	2050
CHILLERS DE A/A	R410A	25%	10%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE A/A	R717	0%	20%	20%	20%	20%	20%
CHILLERS DE PROCESO	R22	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE PROCESO	R134a	47%	45%	40%	35%	20%	0%
CHILLERS DE PROCESO	R290	3%	10%	20%	35%	65%	100%
CHILLERS DE PROCESO	R404A	40%	40%	40%	30%	15%	0%
CHILLERS DE PROCESO	R407C	10%	5%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE PROCESO	R410A	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CHILLERS DE PROCESO	R717	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A EN COCHES	R134a	100%	90%	60%	20%	0%	0%
A/A EN COCHES	HFO 1234yf	0%	10%	40%	80%	100%	100%
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	R134a	100%	90%	60%	50%	0%	0%
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	PCG 300 HFC	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	HFO 1234yf	0%	10%	40%	50%	100%	100%
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	R134a	78%	55%	45%	30%	0%	0%
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	R600a	22%	45%	55%	70%	100%	100%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R22	0%	0%	0%	0%	0%	0%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R134a	91%	20%	20%	0%	0%	0%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R290	1%	30%	30%	50%	50%	50%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R404A	8%	0%	0%	0%	0%	0%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R600a	0%	50%	50%	50%	50%	50%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R22	5%	0%	0%	0%	0%	0%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R134a	68%	65%	45%	39%	39%	38%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R290	1%	17%	37%	40%	40%	40%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R404A	24%	10%	10%	10%	10%	10%

TIPO DE EQUIPO	REFRIGERANTE	2015	2020	2025	2030	2040	2050
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R744	3%	8%	8%	11%	11%	12%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R22	10%	0%	0%	0%	0%	0%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R134a	27%	25%	30%	30%	25%	20%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R290	3%	7%	15%	20%	30%	35%
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	R404A	58%	60%	35%	30%	15%	10%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R717	3%	8%	20%	20%	30%	35%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R22	28%	0%	0%	0%	0%	0%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R134a	23%	23%	15%	0%	0%	0%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R290	0%	5%	24%	30%	32%	32%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R404A	37%	38%	21%	10%	5%	5%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R744	5%	20%	25%	45%	45%	45%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	R717	8%	15%	15%	15%	18%	18%
SISTEMAS CENTRALIZADOS	R717	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CAMIONES/TRÁILERS REFRIGERADOS	R134a	28%	25%	25%	20%	15%	5%
CAMIONES/TRÁILERS REFRIGERADOS	R290	0%	10%	10%	20%	30%	40%
CAMIONES/TRÁILERS REFRIGERADOS	R404A	38%	43%	43%	30%	15%	5%
CAMIONES/TRÁILERS REFRIGERADOS	R407C	18%	10%	10%	5%	5%	0%
CAMIONES/TRÁILERS REFRIGERADOS	R410A	18%	0%	0%	0%	0%	0%
CAMIONES/TRÁILERS REFRIGERADOS	HFO 1234yf	0%	12%	12%	25%	35%	50%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R404A	8%	20%	40%	40%	40%	40%
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	R600a	0%	0%	0%	0%	0%	0%
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	R22	5%	0%	0%	0%	0%	0%

TABLA 24: CIFRAS DE IMPORTACIÓN CALCULADAS

TIPO DE EQUIPO	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
A/A AUTOCONTENIDO	392	665	1.538	1.657	1.785	1.812	1.840	1.867	1.896
SPLIT SIN DUCTO RESIDENCIAL	14.682	23.734	49.472	55.974	63.329	65.333	67.400	69.533	71.733
SPLIT SIN DUCTO COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SPLIT CON DUCTO RESIDENCIAL	1.077	183	1.028	1.163	1.316	1.358	1.401	1.445	1.491
SPLIT CON DUCTO COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	104	432	1.044	1.182	1.337	1.379	1.423	1.468	1.514
MULTI-SPLITS	45	206	613	660	711	722	733	744	755
CHILLERS DE AIRE ACONDICIONADO	19	70	90	93	95	96	97	98	98
CHILLERS DE PROCESO	7	24	32	33	34	34	34	34	35
AIRE ACONDICIONADO EN COCHES	41.499	63.392	64.635	67.373	70.228	70.962	71.705	72.455	73.212
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	1.436	2.866	2.816	2.873	2.931	2.945	2.960	2.975	2.990
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	144.048	226.936	301.350	281.103	266.486	267.728	265.422	267.795	270.192
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	10.995	14.934	18.770	19.308	19.861	20.002	20.144	20.287	20.431
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	2.855	3.387	4.270	4.393	4.519	4.551	4.583	4.616	4.648
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	11	31	39	40	41	41	41	41	41
EQUIPOS INTEGRALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UDS. DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	100	187	215	221	228	229	231	232	234
SISTEMAS CENTRALIZADOS	1	1	3	3	3	3	3	3	3
CAMIONES/TRÁILERES REFRIGERADOS	286	421	497	518	540	545	551	557	563

Nota: Los equipos de A/A tipo Split sin ducto y con ducto se han calculado sin distinción entre uso residencial y comercial debido a la falta de datos consolidados sobre su distribución (relevante para los números de importación y de stock).

TABLA 25: STOCK CALCULADO

TIPO DE EQUIPO	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
A/A AUTOCONTENIDO	3.026	3.860	8.347	14.110	16.465	17.519	18.096	18.369	18.646
SPLIT SIN DUCTO RESIDENCIAL	113.371	183.829	309.697	449.477	554.259	614.843	651.401	672.013	693.278
SPLIT SIN DUCTO COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SPLIT CON DUCTO RESIDENCIAL	8.314	9.527	8.493	9.032	11.521	12.780	13.540	13.968	14.410
SPLIT CON DUCTO COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A/A TIPO PAQUETE (ROOFTOP)	805	971	4.450	9.419	11.700	12.979	13.751	14.186	14.635
MULTI-SPLITS	471	862	3.113	6.075	8.965	10.138	10.613	10.897	11.062
CHILLERS DE AIRE ACONDICIONADO	296	334	681	1.059	1.440	1.820	1.887	1.916	1.936
CHILLERS DE PROCESO	104	117	239	372	506	640	663	673	680
AIRE ACONDICIONADO EN COCHES	503.555	589.862	726.005	861.816	977.680	1.023.738	1.051.425	1.068.917	1.080.098
A/A EN VEHÍCULOS GRANDES	20.303	23.834	30.566	37.619	42.471	43.354	43.917	44.268	44.490
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	1.222.252	1.486.323	1.960.691	2.342.411	2.489.569	2.564.788	2.607.932	2.631.173	2.654.658
EQUIPOS AUTÓNOMOS (STAND-ALONE)	96.232	104.282	140.128	181.847	192.558	197.226	199.882	201.301	202.731
UNIDADES DE CONDENSACIÓN	24.991	28.603	35.104	41.362	43.810	44.872	45.476	45.799	46.125
SISTEMAS CENTRALIZADOS PARA SUPERMERCADOS	178	220	363	511	660	788	808	816	821
EQUIPOS INTEGRALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UDS. DE CONDENSACIÓN INDUSTRIALES	1.478	1.665	2.339	3.016	3.670	4.358	4.496	4.565	4.612
SISTEMAS CENTRALIZADOS	14	16	27	39	51	63	67	68	69
CAMIONES/ TRÁILERES REFRIGERADOS	2.499	2.926	3.889	4.815	5.158	5.342	5.448	5.505	5.562







Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la Sociedad
Bonn y Eschborn, Alemania

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40	Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
53113 Bonn, Alemania	65760 Eschborn, Alemania
T +49 228 4460-0	T +49 6196 79-0
F +49 228 4460-1766	F +49 6196 79-1115

E info@giz.de
I www.giz.de