



**Programa de las
Naciones Unidas
para el Medio Ambiente**

Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/57
31 de mayo de 2026

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL
PARA LA APLICACIÓN DEL
PROTOCOLO DE MONTREAL
Nonagésima octava reunión
Montreal, 22-26 de junio de 2026
Punto 10 del orden del día provisional¹

**DOCUMENTO SOBRE LAS DIFICULTADES QUE PLANTEA LA EJECUCIÓN DE
PROYECTOS DE CONVERSIÓN EN EL SECTOR DE REFRIGERACIÓN, AIRE
ACONDICIONADO Y BOMBAS DE CALOR DEBIDO A PROBLEMAS EN LA CADENA DE
SUMINISTRO, ASÍ COMO POSIBLES FORMAS DE RESOLVERLAS
(DECISIÓN 96/59)**

Antecedentes

1. La transición a refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA) en el sector de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor constituye un pilar fundamental de los esfuerzos de los países por reducir los hidrofluorocarbonos (HFC) en el marco de la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal. Las cuestiones relacionadas con las cadenas de suministro están vinculadas a la ejecución de los proyectos de conversión en la fabricación que cuenta con el apoyo del Fondo Multilateral.
2. En su 96ª reunión, el Comité Ejecutivo debatió las dificultades a las que se enfrentan los países en la ejecución de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali relativa a los HFC (PAK), en particular los relacionados con la cadena de suministro de las alternativas y los componentes de los equipos del sector de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Dichas dificultades se resumieron en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/2², relativo a las actividades de la Secretaría. Durante la misma reunión, los miembros hicieron hincapié en la necesidad de abordar las cuestiones relacionadas con la cadena de suministro de manera integral, profundizando en ellas, y señalaron que los esfuerzos debían centrarse en identificar tanto las dificultades como las soluciones.
3. Tras las deliberaciones, el Comité Ejecutivo solicitó a la Secretaría que, en consulta con los organismos bilaterales y de ejecución, elaborara un documento para su examen en la 98ª reunión sobre las dificultades relacionadas con la disponibilidad, el precio, las especificaciones técnicas y otros obstáculos pertinentes a los que se enfrentan los países del artículo 5 a la hora de ejecutar proyectos de conversión en el sector de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, debido a problemas en la cadena de

¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/1

² Los párrafos 8 a 10 del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/2 resumen las observaciones recabadas por la Secretaría en las reuniones de coordinación interinstitucional y de conformidad con lo solicitado en la 95ª reunión en el marco del punto del orden del día «Otros asuntos».

suministro relacionados con los refrigerantes alternativos, las piezas y componentes, y los equipos, así como sobre las posibles formas de abordar dichas dificultades.

4. El presente documento se ha elaborado tras mantener consultas con organismos bilaterales y de ejecución, basándose en los debates mantenidos en dos reuniones de coordinación interinstitucional. Además, la Secretaría llevó a cabo varias rondas de debates, tanto presenciales como en línea, con representantes del sector procedentes tanto de países acogidos y no acogidos al artículo 5, entre los que se encontraban proveedores de tecnología, fabricantes de componentes y asociaciones sectoriales.

Alcance del documento

5. El alcance del documento se limita a las dificultades de la cadena de suministro en los proyectos de conversión en curso en los sectores de fabricación de equipos de refrigeración y aire acondicionado que se han llevado a cabo en los últimos tres años como parte de los PAK. Se recopilaban comentarios a través de los organismos de ejecución pertinentes, que abarcaban 22 proyectos, incluidos tres dirigidos a pequeñas y medianas empresas (pymes), en 13 países: Argentina, Colombia, Costa Rica, Egipto, India, Indonesia, Jordania, Líbano, Malasia, Marruecos, Nigeria, Sri Lanka y Túnez. El cuadro 1 que figura a continuación presenta la distribución de estos proyectos por subsector y región de los que se recabó información y comentarios.

Cuadro 1. Distribución de proyectos de conversión por región y subsector

Región	Aire acondicionado residencial	Aire acondicionado comercial	Refrigeración comercial	Refrigeración doméstica	Pymes del sector manufacturero	Total
África	2	—	1	2	1	6
Asia y el Pacífico	—	1	3	1	—	5
América Latina y el Caribe	1	1	2	—	1	5
Asia Occidental	2	—	2	1	1	6
Total	5	2	8	4	3	22

6. En las conversaciones mantenidas con los organismos bilaterales y de ejecución se observó que las dificultades de la cadena de suministro se extienden también a los equipos y servicios finales de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Sin embargo, de conformidad con el mandato específico establecido en virtud de la Decisión 96/59, la Secretaría ha centrado el presente documento exclusivamente en los proyectos de conversión en curso, si bien en la sección de observaciones de la Secretaría se destaca la dimensión más amplia de los productos y servicios, con vistas a posibles trabajos futuros.

7. Para facilitar un análisis estructurado, la Secretaría elaboró un cuestionario con el fin de recabar opiniones de los organismos bilaterales y de ejecución sobre los tres elementos principales examinados: disponibilidad, precio, aspectos técnicos y otras cuestiones. El cuestionario se estructuró para reunir información sobre cada uno de los subsectores de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, con una sección específica dedicada a las pymes y a las opiniones de las oficinas nacionales del ozono (ONO), recabadas a través de los organismos. El cuestionario utilizado figura en el anexo I del presente documento.

Principales conclusiones de los proyectos de conversión

A. Disponibilidad de refrigerantes y componentes

8. En todos los subsectores de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, las dificultades para garantizar un acceso fiable y oportuno a refrigerantes alternativos y a sus componentes compatibles constituyen uno de los principales obstáculos para la ejecución de los proyectos de conversión.

Refrigeración doméstica

9. Los proyectos de conversión en el subsector de la fabricación de equipos de refrigeración doméstica aún no han llegado a la etapa de ejecución en la mayoría de los casos, lo que limita una evaluación práctica completa de las limitaciones de disponibilidad en condiciones reales de proyecto. Sin embargo, se considera muy limitada la probabilidad de que surjan problemas de disponibilidad, dada la madurez de la tecnología a lo largo de muchos años en numerosos países, incluidos los países del artículo 5. A medida que los proyectos avancen hacia su implementación, se espera que cualquier dificultad de disponibilidad que pueda surgir esté relacionada con la garantía de un suministro constante de refrigerantes a base de hidrocarburos (HC) y compresores compatibles, lo que podría ser relevante para algunos de los países del artículo 5, pero no para todos. Por lo tanto, será esencial realizar un seguimiento de los problemas de disponibilidad a medida que avancen estos proyectos.

Refrigeración comercial

10. Los proyectos de conversión de la refrigeración comercial se enfrentan a considerables limitaciones de disponibilidad, en particular debido a la diversidad de tipos de sistemas y de volúmenes de carga implicados. Una dificultad fundamental es la elevada dependencia de las importaciones de refrigerantes alternativos y componentes clave, como compresores y controladores, a lo que se suma la limitada disponibilidad local de componentes certificados para sistemas a gran escala que requieren soluciones basadas en dióxido de carbono (CO₂) o hidrocarburos (HC). Las deficiencias en el suministro se ven agravadas aún más por los retrasos en las importaciones, las restricciones de transporte y los problemas de despacho de aduanas, que afectan directamente a los plazos de los proyectos y a los calendarios de entrega.

11. Más allá de las limitaciones inmediatas de la cadena de suministro, el sector también se enfrenta a debilidades estructurales que socavan los esfuerzos de conversión a largo plazo. La escasa infraestructura local de regeneración de refrigerantes limita la capacidad de recuperar y reutilizar estos productos durante las actividades de conversión, lo que supone un aumento tanto de los costos como de la carga logística de los proyectos. Igualmente preocupantes son los deficientes mecanismos normativos destinados a impedir la circulación de refrigerantes falsos o no conformes, entre los que se incluyen importantes lagunas en el registro de proveedores, los sistemas de seguimiento y la capacidad de aplicación de la normativa.

Aire acondicionado residencial

12. El subsector del aire acondicionado residencial ha experimentado una mejora moderada en la disponibilidad de HFC-32, el principal refrigerante alternativo que se está adoptando en esta categoría, aunque persisten las limitaciones. Si bien la disponibilidad de HFC-32 es, en general, adecuada, sigue dependiendo en gran medida de las importaciones y de una base de proveedores limitada, lo que deja al sector expuesto a interrupciones en el suministro. Esta dependencia se ha visto agravada aún más por la falta histórica de compresores de HFC-32 en los rangos de mayor capacidad que requieren algunos fabricantes locales, lo que ha limitado los plazos de conversión y ralentizado el ritmo de la transición.

13. Una dificultad estructural notable ha sido la insuficiente escala de la demanda de cada fabricante para poner en marcha series de producción locales o regionales, una brecha que solo se superó cuando la agrupación de la demanda a nivel sectorial alcanzó una masa crítica. Más allá del HFC-32, persisten las limitaciones de disponibilidad de refrigerantes de HC como el R-290, utilizado en equipos residenciales de menor capacidad, lo que indica que siguen existiendo lagunas en la cadena de suministro en todo el espectro de refrigerantes y que será necesario prestarles una atención continua a medida que avancen los proyectos de conversión. Esto es especialmente relevante para la mayoría de los países del artículo 5 que carecen de la capacidad para producir HC aptos para refrigeración.

Aire acondicionado comercial

14. Los proyectos de conversión de la fabricación de sistemas de aire acondicionado comercial siguen enfrentándose a limitaciones de disponibilidad relacionadas con componentes clave y refrigerantes. Una dificultad persistente es la continua dependencia de compresores, componentes de cobre, electrónica de inversores y refrigerantes importados, con una capacidad de fabricación local limitada para estos artículos. Aunque la disponibilidad de HFC-32 ha mejorado, sigue siendo inestable debido a los retrasos en los envíos y a la limitada infraestructura de almacenamiento adecuada para refrigerantes A2L³, y las dificultades de distribución y envasado siguen afectando la fiabilidad de las cadenas de suministro de componentes y a la estabilidad general del mercado.

15. Una preocupación estructural más amplia es el acceso desigual a las tecnologías alternativas en todo el sector. Los fabricantes que operan al margen de los programas de conversión del Fondo Multilateral se enfrentan a dificultades considerablemente mayores a la hora de obtener los componentes y refrigerantes necesarios para la transición, lo que crea una dinámica de dos velocidades que pone en riesgo una transición desigual en todo el sector. Si no se aborda, esta disparidad podría socavar la transformación del mercado a largo plazo, o la velocidad deseable de la misma, necesaria para lograr una adopción sostenida y generalizada en todo el sector de tecnologías de bajo PCA.

16. Como cuestión transversal que afecta a varios sectores, se señaló ampliamente la escasa disponibilidad de HFO. El suministro mundial de HFO sigue mejorando y diversificándose, sobre todo en los mercados no incluidos en el artículo 5, donde las ampliaciones graduales de la capacidad, los acuerdos regionales de fabricación y una mayor claridad regulatoria han supuesto un cierto apoyo; sin embargo, los avances siguen siendo lentos, especialmente en los países del artículo 5. La producción de HFO sigue estando muy concentrada en solo dos países.

17. Se prevé que la demanda de HFO en los países del artículo 5 se materialice progresivamente a medida que avance la aplicación de los PAK. No obstante, se debe establecer una distinción fundamental entre la disponibilidad de la producción a nivel mundial y el acceso efectivo al mercado a nivel nacional, ya que ambos aspectos no avanzan necesariamente al mismo ritmo. Para que el crecimiento de la oferta mundial se traduzca en un acceso fiable a nivel nacional, será necesaria una inversión constante en redes de distribución locales, proveedores de servicios y capacidades de reenvasado. Esta última cuestión se ha convertido en uno de los principales obstáculos para garantizar un suministro constante de HFO. Las economías más grandes que operan al amparo del artículo 5 pueden desempeñar un papel importante como centros regionales de suministro y conocimiento, mientras que el apoyo específico a los mercados más pequeños será esencial para garantizar una transición equitativa. Estas barreras y dificultades repercuten en el precio de los HFO, que ya es elevado en comparación con otras alternativas⁴.

³Según la norma 34 de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), los refrigerantes se clasifican mediante una combinación de una letra que indica su toxicidad y un número que indica su inflamabilidad. A2L indica refrigerantes ligeramente inflamables y A3 indica refrigerantes altamente inflamables.

⁴ Referencia al cuadro 11 «Precio medio de los HCFC, HFC y sus alternativas» del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/5

B. Precio de los refrigerantes y componentes

18. El costo de la transición a tecnologías de bajo PCA supone un importante obstáculo económico para los fabricantes en todos los subsectores de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Las presiones sobre los precios afectan tanto a la inversión inicial de capital necesaria para adaptar las instalaciones de fabricación como a los costos continuos que supone la adquisición de refrigerantes alternativos y componentes compatibles.

Refrigeración doméstica

19. Dado que la mayoría de los proyectos de conversión de refrigeración doméstica aún no se han puesto en marcha, todavía no se dispone de información detallada sobre el impacto en los precios en condiciones reales de proyecto. A juzgar por la experiencia en otros subsectores que utilizan refrigerantes de hidrocarburos, como el R-600a, entre las dificultades previstas en materia de precios podrían figurar el aumento de los costos de los componentes para compresores compatibles con hidrocarburos y la necesidad de mejoras en los equipos relacionadas con la seguridad. Sin embargo, la información recopilada a partir de la financiación de numerosos proyectos indica que la diferencia de costos entre los compresores que utilizan HC y los que utilizan HFC se ha eliminado en gran medida en todo el mundo, aunque el volumen de negocio aún puede afectar a la estructura de costos, especialmente en las primeras etapas de una transformación del mercado. Será necesario recopilar datos sobre los costos de forma sistemática a medida que avancen los proyectos.

Refrigeración comercial

20. Los proyectos de conversión de refrigeración comercial suponen una de las mayores cargas económicas de todo el sector de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, debido a la complejidad de los sistemas y a los requisitos de seguridad asociados a los refrigerantes inflamables y de alta presión. Se requiere una inversión de capital considerable para adaptar las plantas de fabricación a las normas de seguridad vigentes, lo que abarca sistemas de almacenamiento, máquinas de carga de refrigerante, sistemas de ventilación, equipos de detección de fugas e infraestructura de respuesta ante emergencias. A estos costos iniciales se suman unos precios de los componentes significativamente más elevados, en particular para los compresores diseñados para sistemas de R-290 y CO₂, en los que se han registrado aumentos de costos del 30-35 %⁵ en comparación con las alternativas convencionales, así como gastos adicionales en equipos con certificación ATEX⁶, o similares, y en sistemas de alimentación de emergencia necesarios para aplicaciones de CO₂.

21. Más allá de los costos de capital, los fabricantes se enfrentan a presiones financieras constantes que afectan a su competitividad y viabilidad a largo plazo. La exposición a la volatilidad de los precios de las materias primas y a las fluctuaciones del tipo de cambio supone una carga especial para los productores que dependen de las importaciones, mientras que el cumplimiento de las normativas de control de calidad aumenta aún más los costos de producción y corre el riesgo de reducir la competitividad en materia de precios frente a los grandes fabricantes multinacionales. Al mismo tiempo, la necesidad de adoptar tecnologías avanzadas y, a menudo, más costosas para cumplir con estrictos criterios de eficiencia energética, como los establecidos por las normas mínimas de eficiencia energética y las órdenes de control de calidad, hace que el costo global de la conversión resulte especialmente difícil de asumir para los fabricantes locales que operan en mercados sensibles a los precios.

⁵Cifra orientativa facilitada por los organismos de ejecución, basada en la experiencia adquirida en proyectos de conversión en curso.

⁶ATEX: se refiere a las directivas de la Unión Europea (UE) que regulan los equipos y los entornos de trabajo con atmósferas explosivas.

Aire acondicionado residencial

22. Las presiones sobre los precios en el subsector del aire acondicionado residencial están vinculadas principalmente a la dinámica de los mercados internacionales, lo que refleja la envergadura mundial del sector y el rápido aumento de la demanda en los países del artículo 5, así como el mayor costo de las tecnologías alternativas. Los precios de los refrigerantes y los componentes están estrechamente vinculados a los mercados internacionales de materias primas y sujetos a la volatilidad impulsada por la dinámica mundial de la oferta y la demanda, mientras que los sistemas HFC-32 y sus componentes compatibles tienen un sobreprecio en comparación con las opciones convencionales de HCFC-22 y R-410A. Estas dificultades se ven agravadas por el aumento de los costos de los equipos y la entrega, derivados de las limitaciones logísticas globales y las economías de escala, lo que genera presiones presupuestarias adicionales para los fabricantes que operan con presupuestos fijos para los proyectos.

Aire acondicionado comercial

23. El subsector del aire acondicionado comercial se enfrenta a presiones de costos derivadas tanto de los materiales de producción como de la intensidad de capital que requiere la reconversión. El aumento de los precios de las materias primas clave, en particular de los componentes de los intercambiadores de calor y los circuitos de refrigeración, se suma a las elevadas necesidades de inversión de capital para producir equipos avanzados y eficientes desde el punto de vista energético que sean compatibles con refrigerantes de bajo PCA. Estas presiones son especialmente graves para los pequeños y medianos fabricantes, que representan a la mayoría de los fabricantes de los países del artículo 5, y que se enfrentan a la limitación adicional de un acceso restringido a la financiación externa, las líneas de crédito o los mecanismos de reparto de riesgos, lo que los deja expuestos de manera desproporcionada a las exigencias económicas que conlleva la transición tecnológica.

C. Especificaciones técnicas y otras cuestiones

24. Más allá de la disponibilidad y el precio, los proyectos de conversión de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor se enfrentan a una serie de dificultades técnicas, normativas y relacionadas con la capacidad. Entre ellas se encuentran deficiencias en las normas, la cualificación de la mano de obra, la aceptación del mercado y el cumplimiento de las normas de seguridad, factores que influyen en el ritmo y la calidad de las transiciones tecnológicas.

Refrigeración doméstica

25. Dado que los proyectos de conversión de refrigeración doméstica aún no han entrado en la fase de ejecución, se prevén dificultades técnicas, aunque estas aún no se han confirmado mediante la experiencia práctica. Teniendo en cuenta las características de los refrigerantes de hidrocarburos que se utilizan habitualmente en este subsector, es probable que entre las principales cuestiones técnicas se encuentren la gestión de la seguridad de los refrigerantes inflamables, la adaptación de las líneas de producción y los protocolos de pruebas de seguridad, así como la certificación de los equipos de fabricación reconvertidos. A medida que avancen los proyectos, se dispondrá de información técnica detallada.

Refrigeración comercial

26. Los sistemas de refrigeración comercial plantean algunas de las dificultades técnicas más complejas del sector de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, dada la variedad de refrigerantes utilizados, entre los que se incluyen los hidrocarburos (HC), el CO₂ y el amoníaco. Una limitación fundamental es la escasa capacidad de diseño e ingeniería entre los fabricantes locales para desarrollar sistemas de refrigeración de bajo PCA, en particular configuraciones en cascada de CO₂ de varias etapas y aplicaciones de hidrocarburos con grandes cargas. A esto se suma que la manipulación de refrigerantes inflamables requiere mano de obra cualificada y una infraestructura de seguridad mejorada,

ambas insuficientes en muchos países del artículo 5, mientras que la falta o la obsolescencia de las normas y métodos de ensayo nacionales (incluidos los relativos a los ensayos de normas mínimas de eficiencia energética de los sistemas de refrigeración comercial, cuando existen) generan una mayor incertidumbre normativa que podría ralentizar el progreso de la conversión o la introducción de productos en el mercado local.

27. Las dificultades relacionadas con la adopción por parte del mercado añaden otra capa de complejidad a la transición. Persiste la reticencia hacia los sistemas de hidrocarburos, especialmente en el caso de las cargas de refrigerante de mayor volumen, mientras que los sistemas de CO₂, aunque gozan de una mayor aceptación en determinadas aplicaciones comerciales, exigen un mayor nivel de conocimientos técnicos que muchos fabricantes locales aún no han desarrollado. Las preocupaciones en materia de fiabilidad también siguen siendo importantes, ya que las frecuentes averías de los compresores en condiciones de funcionamiento a alta temperatura, especialmente en climas cálidos, plantean retos continuos para el rendimiento constante de los sistemas de bajo PCA en el campo o la falta de capacidad para diseñar adecuadamente sistemas a base de CO₂ en tales condiciones de funcionamiento.

Aire acondicionado residencial

28. Las barreras técnicas y normativas en la conversión de aire acondicionado residencial se refieren principalmente a las normas de seguridad, los procesos de certificación y la confianza del mercado. Las preocupaciones sobre la inflamabilidad asociadas a los refrigerantes A2L y A3 siguen lastrando la aceptación del mercado, especialmente entre instaladores, minoristas y consumidores, que se siguen mostrando cautelosos. Estas brechas de confianza se ven agravadas aún más por los elevados costos de certificación y verificación de las líneas de fabricación reconvertidas, impulsados por el número limitado de proveedores de servicios acreditados disponibles en muchos países del artículo 5, mientras que el cumplimiento de los requisitos de seguridad para los refrigerantes A2L y A3, que abarcan los límites de volumen de carga, las clasificaciones de los componentes y la formación de los instaladores, supone una barrera técnica adicional y a menudo exigente para los fabricantes que realizan la conversión.

Aire acondicionado comercial

29. La conversión de aire acondicionado comercial se enfrenta a dificultades técnicas de diversa índole que abarcan la capacidad de la mano de obra, la preparación normativa y el conocimiento del mercado. Una de las principales preocupaciones es la limitada capacidad local para diseñar y fabricar equipos configurados para refrigerantes de bajo PCA, especialmente en el caso de los sistemas comerciales de mayor capacidad, donde la complejidad técnica es mayor. A esto se suma una importante escasez de técnicos capacitados y acreditados para la instalación, el servicio y el mantenimiento de sistemas que utilizan refrigerantes A2L y A3, lo que socava la capacidad del sector para dar soporte y mantener los equipos reconvertidos sobre el terreno.

30. Las dificultades normativas y de confianza en el mercado complican aún más la transición. Las normativas nacionales de seguridad y las normas técnicas para los refrigerantes A2L, como el HFC-32, siguen estando incompletas o en fase de desarrollo en varios países, lo que genera incertidumbre tanto para los fabricantes como para los instaladores a la hora de cumplir con los requisitos de conformidad. Las consideraciones de seguridad durante el transporte, la instalación y el mantenimiento de refrigerantes ligeramente inflamables siguen afectando a la confianza del mercado y a las decisiones de adquisición, mientras que el escaso conocimiento entre técnicos, minoristas y consumidores sobre las nuevas tecnologías de refrigerantes y sus prácticas de manipulación segura sigue siendo un obstáculo persistente para una mayor adopción en el mercado.

Cuestiones relacionadas con las pequeñas y medianas empresas

31. Las pymes manufactureras se enfrentan a dificultades de disponibilidad desproporcionadamente

graves debido a su escaso poder de negociación, al reducido volumen de sus pedidos y a su menor integración en las cadenas de suministro internacionales. El acceso a componentes de refrigerantes alternativos se ve limitado por la elevada concentración de los mercados de importación, en los que unos pocos distribuidores dominan la oferta local, lo que dificulta especialmente a las pymes con capacidad de adquisición limitada encontrar fuentes fiables. Estas dificultades se ven agravadas aún más por los requisitos de pedido mínimo, los elevados costos de importación y la disminución de la disponibilidad de componentes para sistemas de mayor tamaño que requieren tecnología específica, por ejemplo, soluciones que utilizan CO₂ o amoníaco, mientras que la disponibilidad limitada de herramientas y equipos especializados para los procesos de fabricación a base de HC añade otra capa de restricción a su capacidad operativa.

32. Las pymes también se enfrentan a dificultades cada vez mayores en materia de precios que reflejan tanto sus desventajas estructurales como las exigencias específicas de la transición a tecnologías de bajo PCA. Los elevados costos de los componentes clave, en particular los compresores diseñados para refrigerantes A3, A2L y CO₂, se ven agravados por la importante inversión necesaria para la mejora de las infraestructuras de seguridad, los equipos de fabricación especializados y los componentes con certificación ATEX. Estas cargas se ven intensificadas por el reducido tamaño del mercado, los riesgos cambiarios y las estructuras fiscales nacionales que reducen la competitividad de los equipos fabricados localmente, mientras que las limitadas economías de escala y la intensa competencia de los fabricantes multinacionales erosionan los márgenes de beneficio y dejan a las pymes sin recursos suficientes para la investigación, el desarrollo y la inversión en competencias.

33. En lo que respecta a las carencias técnicas y de capacidad a las que se enfrentan las pymes, dado su acceso limitado a la capacitación, la asistencia técnica y el apoyo normativo, existen importantes deficiencias en materia de capacidad técnica para el rediseño de sistemas, la selección de componentes, los procedimientos de seguridad y la gestión de la carga de refrigerantes, a lo que se suma el acceso limitado a asesoramiento especializado y a recursos humanos cualificados, especialmente en países que carecen de programas de capacitación profesional consolidados en tecnología de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Estas dificultades se ven agravadas aún más por la carga que supone el cumplimiento de los requisitos asociados a la transición a las normas mínimas de eficiencia energética, las complejidades de seguridad y logística que conlleva la manipulación de refrigerantes inflamables, y una falta generalizada de conocimiento entre los operadores de las pymes sobre la normativa aplicable, las normas técnicas y los mecanismos de apoyo disponibles para la conversión tecnológica.

34. En una hoja maestra que figura como anexo II del presente documento se presenta un resumen de las principales conclusiones de los distintos subsectores.

Posibles formas de abordar las dificultades detectadas

35. Las dificultades señaladas en el presente documento abarcan múltiples dimensiones, entre ellas la seguridad del suministro, la competitividad en materia de costos, la capacidad técnica y la preparación normativa, y requieren respuestas coordinadas a nivel nacional, regional e internacional. En los cuestionarios recibidos y en los debates mantenidos se sugirieron las siguientes medidas.

36. Para abordar los problemas de disponibilidad, los organismos de ejecución y las ONO podrían facilitar mecanismos de agregación de la demanda con el fin de consolidar los volúmenes de compra entre los distintos fabricantes, reduciendo así la dependencia de canales de importación individuales y permitiendo el acceso a condiciones de suministro más favorables. Esto debería complementarse con el apoyo al desarrollo de centros regionales de distribución de refrigerantes alternativos y componentes compatibles, con el fin de reducir los plazos de entrega y mejorar la fiabilidad del suministro, junto con iniciativas para reforzar las infraestructuras locales y regionales de regeneración y recuperación de refrigerantes para respaldar el uso circular de los refrigerantes durante las actividades de conversión y mantenimiento. La resiliencia de la cadena de suministro debería reforzarse aún más fomentando la

diversificación mediante una colaboración proactiva con múltiples proveedores cualificados y apoyando los mecanismos de registro y seguimiento de proveedores para hacer frente al riesgo de refrigerantes espurios, así como promoviendo plataformas de intercambio de información entre los países del artículo 5 y los organismos de ejecución para mejorar la previsión y la detección temprana de las limitaciones de disponibilidad. Esto garantizaría la sincronización de los esfuerzos y la armonización de las actividades de reducción, en particular para las pymes, reduciendo así la carga sobre la industria.

37. En lo que respecta a las cuestiones de precios, deberían explorarse oportunidades de cofinanciación con instrumentos de financiación multilaterales y bilaterales para apoyar la elevada inversión de capital necesaria para la mejora de las infraestructuras de seguridad y las conversiones de los procesos de fabricación, mediante acuerdos de financiación que reconozcan y compensen los costos adicionales asociados a la certificación ATEX, la alimentación de reserva del sistema de CO₂ y los equipos de seguridad avanzados. Se debe apoyar el acceso de las pymes a una financiación asequible mediante componentes de asistencia técnica o la cooperación con instituciones financieras de desarrollo, al tiempo que se deben promover las economías de escala apoyando proyectos de conversión sectoriales o multinacionales que permitan la adquisición agregada de componentes y reduzcan los costos unitarios. También se deben supervisar las tendencias de los precios de las materias primas y los riesgos de tipo de cambio como parte de los marcos de gestión de riesgos de los proyectos, con disposiciones para ajustes presupuestarios cuando sea necesario.

38. Para abordar las especificaciones técnicas y otras dificultades, los esfuerzos deben centrarse en apoyar el desarrollo, la armonización y la aplicación de normas de seguridad nacionales y, cuando proceda, regionales para las aplicaciones de refrigerantes A2L, A3 y CO₂, basándose en las normas internacionales pertinentes, junto con la inversión en programas de capacitación específicos y orientados al mercado para técnicos, ingenieros y responsables de seguridad sobre la manipulación, instalación y mantenimiento seguros de equipos de bajo PCA. Se debe apoyar la creación o el refuerzo de instalaciones acreditadas de ensayo y certificación para las líneas de fabricación reconvertidas, a fin de permitir una verificación del cumplimiento rentable y oportuna, al tiempo que se deben llevar a cabo evaluaciones de la aceptación en el mercado y campañas de sensibilización dirigidas a instaladores, minoristas y consumidores para fomentar la confianza en las tecnologías alternativas de bajo PCA. Se debe alentar a los fabricantes a comprometerse desde el principio con los requisitos de eficiencia energética, incluida la transición a los requisitos de las normas mínimas de eficiencia energética, y se debería reforzar la capacidad reguladora en los países del artículo 5 para desarrollar, aplicar y actualizar de forma sistemática las normas técnicas y la normativa medioambiental aplicable a la gestión de refrigerantes de bajo PCA.

Observaciones de la Secretaría

39. La Secretaría también señaló que el tiempo es un factor decisivo para superar las dificultades de la cadena de suministro, ya que la madurez del mercado y las economías de escala solo pueden lograrse mediante el desarrollo de una infraestructura de suministro más amplia, equitativa y sin monopolios. Esto debe ir acompañado del logro de la aceptación del mercado, la competitividad de los productos y la confianza de los consumidores en los equipos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. El tiempo necesario para alcanzar estas condiciones varía entre los países del artículo 5 y puede ser considerablemente mayor en los países con un mercado de tamaño limitado, a menos que se pueda lograr una aceleración regional en la adopción de tecnologías de bajo PCA.

40. Las dificultades de la cadena de suministro que se recogen en el presente documento no se limitan a proyectos o países concretos, sino que reflejan obstáculos sistémicos que impiden la adopción a gran escala de tecnologías de refrigerantes de bajo PCA en todo el sector de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor en los países del artículo 5. Las limitaciones de disponibilidad, los costos elevados y las carencias en materia de capacidad técnica están interrelacionados y se refuerzan mutuamente. Para abordarlos de manera eficaz será necesaria una acción coordinada entre los organismos de ejecución, los

gobiernos, las partes interesadas del sector y el Fondo Multilateral.

41. La gravedad de las dificultades varía considerablemente según el subsector. La refrigeración comercial y la fabricación en las pymes se enfrentan a la combinación más compleja de obstáculos, dada la variedad de refrigerantes en cuestión, las exigencias técnicas del diseño de los sistemas y los limitados recursos financieros y humanos disponibles. Los subsectores de aire acondicionado residencial y comercial se benefician de un mayor conocimiento del mercado en relación con el HFC-32, pero siguen enfrentándose a obstáculos normativos, de certificación y de sensibilización. Los proyectos de refrigeración doméstica, aunque se encuentran en una fase temprana de conversión y los fabricantes de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés) tienen una baja capacidad de producción, probablemente se enfrentarán a problemas de disponibilidad y costos a medida que avance la implementación.

42. La Secretaría observa que un entorno proactivo y propicio, que incluya marcos normativos sólidos, mano de obra cualificada y cadenas de suministro diversificadas, es fundamental para el éxito de los proyectos de conversión. El apoyo del Fondo Multilateral, que aborde no solo los sobrecostos de capital, sino también los factores facilitadores de la conversión relacionados con la cadena de suministro y la capacidad, será fundamental para lograr transiciones tecnológicas duraderas a gran escala.

43. El análisis realizado en el presente documento no incluye datos específicos sobre los precios de los refrigerantes ni de los componentes de los sistemas, ya sean opciones convencionales o alternativas, ni aborda la distribución de las cuotas de mercado a nivel regional, debido a la escasa disponibilidad de datos y a los rápidos cambios que se han producido en el mercado de los refrigerantes alternativos en los últimos años. Las limitaciones económicas derivadas de la inestabilidad mundial o regional y las restricciones relacionadas con el comercio también quedaron fuera del alcance de este análisis. Un seguimiento periódico de las dificultades de la cadena de suministro, a medida que avanzan los proyectos de preparación de inversiones y conversión, permitiría al Comité Ejecutivo distinguir mejor entre las dificultades que probablemente se resolverán a través de la dinámica del mercado y aquellas que persisten como barreras estructurales que requieren más apoyo.

Recomendación

44. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota del documento sobre las dificultades que plantea la ejecución de proyectos de conversión en el sector de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor debido a problemas en la cadena de suministro, así como de las posibles formas de abordar dichas dificultades, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/57;
- b) Solicitar a los organismos bilaterales y de ejecución que tengan en cuenta las dificultades de la cadena de suministro, así como las posibles formas de abordarlas, a la hora de diseñar y ejecutar proyectos de conversión, incluso en los informes sobre el avance de los proyectos y una vez finalizados estos; y
- c) Pedir a la Secretaría que incluya, según proceda, en los documentos de las reuniones relativos a las propuestas de proyectos presentadas para su examen por el Comité Ejecutivo, un apartado sobre las dificultades de la cadena de suministro.

Anexo I

ESQUEMA DEL CUESTIONARIO PARA RECOPIAR OPINIONES SOBRE PROBLEMAS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR DE REFRIGERACIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y BOMBAS DE CALOR A PARTIR DE LOS PROYECTOS DE CONVERSIÓN EN CURSO EN EL MARCO DE LOS PAK

Cuadro 1: Resumen del cuestionario elaborado para recabar las experiencias de los organismos de ejecución en la aplicación de la conversión, en lo que respecta a la disponibilidad, el precio y las cuestiones técnicas de los refrigerantes y equipos o componentes alternativos

Ámbito cubierto	Ejemplos de problemas		
Cadena de suministro de refrigerantes alternativos, piezas y componentes, y equipos/componentes (líneas de fabricación y producto final)	Problemas de disponibilidad	Cuestiones relativas a los precios	Especificaciones técnicas y otras barreras
	Disponibilidad en el mercado local	Precio para fabricantes de equipos originales en comparación con el precio del mercado internacional	Idoneidad para las condiciones de funcionamiento locales
	Posibilidad de hacer pedidos desde el extranjero	Precios excesivos debido a los márgenes de beneficio de los proveedores locales o regionales	Adecuación a los requisitos locales de normas mínimas de eficiencia energética y etiquetado energético
	Plazo de entrega (tiempo de entrega)	Costos adicionales debidos al volumen de negocio o a los gastos de envío	Cuestiones relacionadas con las normas o códigos locales

Cuadro 2: Resumen del cuestionario elaborado para recabar opiniones de las ONO a través de los organismos de ejecución en relación con los obstáculos en la cadena de suministro local

Ámbito cubierto	Ejemplos de problemas
Fabricantes locales incluidos en los proyectos de conversión	Cuestiones relacionadas con la identificación de fuentes de suministro
	Cuestiones relacionadas con los costos
	Cuestiones relacionadas con el transporte y el despacho de aduanas
	Cuestiones relacionadas con el costo del producto final en comparación con la tecnología anterior
Otros fabricantes locales no incluidos en los proyectos de conversión	Cuestiones relacionadas con la identificación de fuentes de suministro
	Cuestiones relacionadas con los costos
	Cuestiones relacionadas con el transporte y el despacho de aduanas
	Cuestiones relacionadas con el costo del producto final en comparación con la tecnología anterior
Proveedores de refrigerantes y componentes	Problemas relacionados con el volumen de la demanda
	Problemas relacionados con el envío y el embalaje
	Problemas en la red de distribución
PYMES	Disponibilidad en el mercado local
	Costo de los refrigerantes o componentes
	Capacidad técnica para rediseñar y seleccionar los componentes adecuados
	Cuestiones relacionadas con la seguridad y la logística
Cuestiones reglamentarias o normativas	Falta de normas locales sobre refrigerantes o productos finales de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, o el hecho de que estas estén obsoletas
	Los componentes nuevos no cumplen el nivel local de normas mínimas de eficiencia energética
	Incompatibilidad con la normativa de edificación
	Cuestiones de seguridad durante el transporte, el funcionamiento y el mantenimiento

Anexo II

RESUMEN DE LAS CONCLUSIONES SOBRE LAS DIFICULTADES A LAS QUE SE ENFRENTAN LOS PAÍSES DEL ARTÍCULO 5 A LA HORA DE EJECUTAR PROYECTOS DE CONVERSIÓN DEBIDO A PROBLEMAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

■ Disponibilidad ■ Precio ■ Cuestiones técnicas y de otro tipo

	Disponibilidad	Precio	Cuestiones técnicas y de otro tipo
Refrigeración comercial	- Gran dependencia de las importaciones de refrigerantes, compresores y otros componentes - Escasez de componentes certificados para sistemas de CO₂ y HC a gran escala - Retrasos en las importaciones y problemas con el transporte y el despacho de aduanas - Controles normativos deficientes contra los refrigerantes falsos	- Elevado gasto de capital para mejoras de seguridad (ventilación, detección de fugas) - Costos de los compresores entre un 30 % y un 35 % más elevados en los sistemas de HC y CO₂ - Costos adicionales por equipos con certificación ATEX y energía de reserva de CO₂ - Volatilidad de los precios de las materias primas y exposición al tipo de cambio	- Capacidad de diseño limitada para sistemas en cascada de CO₂ y HC - Escasez de personal cualificado para la manipulación de refrigerantes inflamables - Normas nacionales y métodos de ensayo obsoletos - Averías en los compresores a altas temperaturas tropicales
Refrigeración doméstica	Los proyectos aún no se han puesto en marcha. Entre las dificultades previstas se encuentran la escasez de compresores compatibles con HC, el aumento de las inversiones en seguridad y la adaptación de las líneas de producción para refrigerantes inflamables.		
Aire acondicionado residencial	- El HFC-32 es adecuado, pero depende de las importaciones; la base de proveedores es limitada - Escasez histórica de compresores de HFC-32 de gran capacidad - Es necesaria la agregación de la demanda para poner en marcha las series de producción	- Precios vinculados a los volátiles mercados internacionales de materias primas - Los sistemas de HFC-32 tienen un costo superior al de los de HFC-22/R-410A - El aumento de los costos logísticos supera los presupuestos fijos de los proyectos	- Las preocupaciones sobre la inflamabilidad limitan la aceptación en el mercado - Altos costos de certificación; pocos proveedores acreditados - Cumplimiento de las normas de seguridad: límites de carga, clasificaciones de los componentes, capacitación
Aire acondicionado comercial	- Gran dependencia de los compresores, el cobre y los componentes electrónicos de los inversores importados - El suministro de HFC-32 ha mejorado, pero sigue siendo inestable; infraestructura de almacenamiento limitada - Los fabricantes que no pertenecen al Fondo Multilateral se enfrentan a mayores	- Aumento de los precios del cobre y el aluminio (intercambiadores de calor) - Alta inversión en capital para componentes avanzados de alta eficiencia energética - Fuertes presiones sobre los costes para las pymes con acceso limitado a	- Capacidad local limitada para sistemas de gran capacidad con bajo PCA - Escasez de técnicos acreditados para sistemas A2L/A3 - La normativa de seguridad relativa a los refrigerantes A2L sigue en fase de desarrollo en algunos países

	Disponibilidad	Precio	Cuestiones técnicas y de otro tipo
	obstáculos para acceder a la tecnología	la financiación	
Pymes del sector manufacturero	▪ Los mercados de importación, muy concentrados, limitan el acceso ▪ Requisitos de pedido mínimo y elevados costos de importación ▪ La disponibilidad de componentes disminuye a medida que aumenta el volumen de las cargas ▪ Escasez de herramientas especializadas para la fabricación de HC	▪ Elevados costos de los compresores para los sistemas de HC, A2L y CO₂ ▪ Inversión necesaria para mejoras de seguridad y componentes ATEX ▪ El reducido tamaño del mercado, los riesgos cambiarios y los impuestos merman la competitividad ▪ La intensa competencia multinacional erosiona los márgenes	▪ Importantes deficiencias en el rediseño de los sistemas y en la capacidad para aplicar los procedimientos de seguridad ▪ Acceso limitado a asistencia técnica y personal cualificado ▪ La transición a las normas mínimas de eficiencia energética supone una carga adicional en materia de cumplimiento normativo ▪ Escaso conocimiento de la normativa y los mecanismos de apoyo