



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

Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/97/55
16 de noviembre de 2025

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL
FONDO MULTILATERAL PARA LA
APLICACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL
Nonagésima séptima reunión
Montreal, 1-5 de diciembre de 2025
Punto 9 d) del orden del día provisional¹

PROPUESTA DE PROYECTO: MUNDIAL

El presente documento consta de las observaciones y recomendaciones de la Secretaría sobre la siguiente propuesta de proyecto:

Eficiencia energética

- | | | |
|--|-------------|-------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">• Proyecto piloto para mejorar la eficiencia energética de equipos y tecnologías sustitutivas durante la reducción de los HFC (actividades ajenas a la inversión): Proyecto de demostración del uso de herramientas digitales de supervisión y gestión para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la cadena de frío en Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago. | <p>PNUD</p> | <p>Consideración
individual</p> |
|--|-------------|-------------------------------------|

¹UNEP/OzL.Pro/ExCom/97/1

Los documentos previos al período de sesiones del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal no van en perjuicio de las decisiones que el Comité pudiera adoptar después de la emisión de los mismos.

HOJA DE EVALUACIÓN DE PROYECTO – PROYECTO NO PLURIANUAL**Mundial****TÍTULO DEL PROYECTO****ORGANISMO BILATERAL/DE EJECUCIÓN**

Proyecto piloto para mejorar la eficiencia energética de equipos y tecnologías sustitutivas durante la reducción de los HFC (actividades ajenas a la inversión): Proyecto de demostración del uso de herramientas digitales de supervisión y gestión para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la cadena de frío en Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago.	PNUD
--	------

OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es demostrar cómo el uso de soluciones digitales en tres países puede reducir el consumo de HFC y mejorar la eficiencia energética en el sector de la cadena de frío. El componente mundial de este proyecto tiene como objetivo consolidar los datos de diferentes sitios para el análisis y la optimización de una plataforma digital que también podrían utilizar otros países, generar conocimientos y experiencia práctica para replicarlos en aplicaciones similares en otros países en proyectos financiados por el Fondo Multilateral.

ORGANISMO DE COORDINACIÓN NACIONAL	Oficina Nacional del Ozono (ONO) de los respectivos países
---	--

DATOS MÁS RECIENTES CON ARREGLO AL ARTÍCULO 7 (Anexo F)	Año:2024	Colombia	Líbano	Trinidad y Tabago
	Toneladas métricas (tm)	2.282,45	824,57	1.349,58
	Toneladas de CO ₂ equivalente	4.647.025	1.573.653	2.967.132

Detalles	Actividades ajenas a la inversión		
HFC utilizados por el sector de servicio y mantenimiento (datos del programa de país de 2024)	Colombia	Líbano	Trinidad y Tabago
(tm)	1.932,16	521,22	1.343,90
(toneladas de CO ₂ equivalente)	3.656.574	883.392	2.959.802
Duración del proyecto (meses):			36
Cantidad inicial solicitada (USD):			1.404.000
Costos finales del proyecto (USD):			1.391.000
Subvención solicitada (USD):			680.000
Gastos de apoyo al organismo de ejecución (USD):			47.600
Costo total del proyecto para el Fondo Multilateral (USD):			727.600
Cofinanciamiento (USD):			711.000
Ahorro en eficiencia energética (kWh/año):			239.935
Estado de la financiación de la contraparte (S/N):			S
Hitos de supervisión del proyecto incluidos (S/N):			S
Normas mínimas de eficiencia energética disponibles para el sector correspondiente (S/N):	Colombia: S	Líbano: En desarrollo	Trinidad y Tabago: N

RECOMENDACIÓN DE LA SECRETARÍA	Consideración individual
---------------------------------------	--------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Antecedentes

1. En nombre de los Gobiernos de Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago, el PNUD ha presentado, de conformidad con la decisión 91/65, una solicitud de proyecto piloto destinado a potenciar la eficiencia energética de equipos y tecnologías sustitutivas durante la reducción de los HFC (actividades ajenas a la inversión), por un importe total de USD 1.404.000, más gastos de apoyo de USD 98.280, según la presentación original².

Proyecto piloto de eficiencia energética

2. Las herramientas digitales ayudan a que los sistemas de refrigeración y climatización funcionen de manera más eficiente. Componentes como sensores digitales, medidores inteligentes y plataformas de supervisión basadas en la nube pueden hacer un seguimiento de las temperaturas, la presión, el consumo de energía y los patrones de tiempo de funcionamiento. Dichos componentes pueden utilizar estos datos para la detección temprana de problemas operativos en los equipos y ayudar a mejorar su rendimiento. En lugar de depender de comprobaciones manuales o programas fijos, los técnicos pueden utilizar paneles de control y alertas para optimizar el rendimiento de los equipos, programar el mantenimiento oportuno y prevenir averías antes de que se produzcan. Todas estas medidas preventivas a través de herramientas digitales y de supervisión pueden dar lugar a un rendimiento más eficiente desde el punto de vista energético de los equipos.

Marco político, normativo e institucional

Colombia

3. Colombia ratificó la Enmienda de Kigali el 25 de febrero de 2021. En el marco de la etapa I del plan de aplicación de la Enmienda de Kigali relativa a los HFC (PAK), Colombia se ha comprometido a reducir el consumo de HFC en un 18,3 % con respecto al nivel base del país (8.652.982 toneladas de CO₂ equivalente) para 2029, tal y como se aprobó en la 95ª reunión³. La etapa I del PAK se centra en las conversiones tecnológicas en la fabricación de refrigeración comercial y en los sectores de montaje e instalación locales. Los sistemas de refrigeración centralizados se utilizan ampliamente en el subsector comercial en Colombia y, por término medio, los supermercados e hipermercados grandes y medianos utilizan tres sistemas de refrigeración centralizados en una instalación. Estos sistemas son una fuente importante de fugas de refrigerante, estimadas en un 37 % anual, lo que a su vez se traduce en un mayor consumo de energía de los equipos.

4. No existen normas reglamentarias de eficiencia energética para los sistemas de refrigeración centralizados en grandes infraestructuras de la cadena de frío, debido a su carácter de diseño personalizado. Sin embargo, la estrategia nacional de supermercados de Colombia incluye el establecimiento y la aplicación de normas mínimas de eficiencia energética específicas para los sistemas instalados. Las normas mínimas de eficiencia energética para equipos autónomos son aplicables cuando se utilizan en supermercados.

Líbano

5. El Líbano ratificó la Enmienda de Kigali el 5 de febrero de 2020. En el marco de la etapa I del PAK, el Líbano se ha comprometido a reducir el consumo de HFC en un 15 % con respecto al nivel base del país (2.556.533 toneladas de CO₂ equivalente) para 2029 y en un 40 % para 2032, tal y como se aprobó

²Según notas del 19 al 22 de agosto de 2025 dirigidas al PNUD por el ministerio competente de los Gobiernos de Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago.

³Decisión 95/61

en la 96ª reunión⁴. El uso de R-404A como refrigerante en el subsector de la refrigeración comercial representa el 33 % del consumo total de HFC en 2024⁵. Las unidades de refrigeración comercial se utilizan en tiendas de barrio, restaurantes y supermercados pequeños y grandes.

6. En el Líbano, la aplicación de normas mínimas de eficiencia energética para los equipos de refrigeración y climatización está avanzando como parte de la transición más amplia del país hacia una refrigeración sostenible y ecoenergética. Las recientes evaluaciones del sector indican que las normas mínimas de eficiencia energética para categorías de productos clave, como los climatizadores de dos bloques, las bombas de calor y los refrigeradores domésticos, aún se encuentran en fase de desarrollo y todavía no se han promulgado formalmente mediante un marco jurídico vinculante. Aunque existen normas voluntarias, como la Norma libanesa de 2011 sobre equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado ecoenergéticos, estas aún no se han adoptado como medidas obligatorias mediante un decreto gubernamental con mecanismos de aplicación definidos.

7. El Líbano está actualizando actualmente su Plan Nacional de Refrigeración, que integrará la introducción de normas mínimas de eficiencia energética y normas de etiquetado obligatorias en todo el sector de refrigeración y climatización. El Ministerio de Medio Ambiente, a través de la oficina nacional del ozono (ONO), participa activamente en este proceso como miembro principal del Comité Nacional de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado, trabajando en estrecha coordinación con LIBNOR (la Institución Libanesa de Normalización) y otras entidades nacionales pertinentes. Esta colaboración tiene por objeto establecer el marco jurídico e institucional necesario para la adopción y aplicación de normas mínimas de eficiencia energética en el Líbano, promoviendo así la adopción de tecnologías de alta eficiencia y de bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA), en consonancia con los objetivos del Protocolo de Montreal y su Enmienda de Kigali.

8. Al aprovechar la tecnología moderna, como las herramientas digitales para detectar y prevenir fugas de refrigerante, realizar un seguimiento de la eficiencia del sistema y proporcionar información basada en datos, este proyecto podría ayudar a las contrapartes pertinentes del Líbano a supervisar los datos de eficiencia energética y aumentar la capacidad de las empresas locales para lograr un sistema de cadena de frío más resistente y sostenible.

Trinidad y Tabago

9. Trinidad y Tabago ratificó la Enmienda de Kigali el 17 de noviembre de 2017. En el marco de la etapa I del PAK, Trinidad y Tabago se ha comprometido a reducir el consumo de HFC en un 10 % con respecto al nivel base del país (5.681.787 toneladas de CO₂ equivalente) para 2029, tal y como se aprobó en la 93ª reunión⁶. Se estima que el sector de la refrigeración residencial y comercial representa aproximadamente el 17 % del consumo total de energía en Trinidad y Tabago.

10. Según el Plan de Acción Nacional sobre Refrigeración del país, en Trinidad y Tabago existe una falta de información fiable y clara sobre el rendimiento energético de los sistemas de refrigeración y climatización. La información y datos insuficientes dificulta a los reguladores, técnicos de servicio y consumidores la toma de decisiones sobre cómo reducir las emisiones y ahorrar energía en el sector de la refrigeración. La reducción de la demanda de consumo en el sector de servicio técnico es fundamental para alcanzar los objetivos de cumplimiento del Protocolo de Montreal establecidos por el país.

⁴Decisión 96/42

⁵Datos del PP de 2024 para Líbano

⁶Decisión 93/74

11. En la actualidad no existen normas mínimas de eficiencia energética para el sector de refrigeración y climatización en Trinidad y Tabago. Sin embargo, el Gobierno está estudiando la posibilidad de elaborar normas mínimas de eficiencia energética.

Consumo de HFC y antecedentes del sector

12. En el Cuadro 1 se presenta el consumo de HFC en Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago.

Cuadro 1. Consumo de HFC en Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago (datos de 2020-2024 con arreglo al Artículo 7)

Consumo de HFC	2020	2021	2022	2023	2024
Toneladas métricas (tm)					
Colombia	2.423,16	2.492,15	4.168,48	2.936,32	2.282,45
Líbano	940,70	863,70	803,93	792,48	824,57
Trinidad y Tabago	1.965,92	2.271,47	2.038,93	2.168,58	1.349,58
Toneladas de CO₂ equivalente					
Colombia	5.064.307	5.086.999	9.242.759	6.206.292	4.647.025
Líbano	1.743.012	1.604.665	1.532.493	1.518.706	1.573.653
Trinidad y Tabago	4.425.345	5.201.433	4.597.414	4.967.441	2.967.132

13. Se estima que Colombia cuenta con más de 2.160 sistemas de refrigeración centralizada en funcionamiento, de los cuales aproximadamente el 94 % utiliza HFC. Según se indica en el PAK de Colombia, en 2023 el subsector de la refrigeración comercial es el más diverso en cuanto a refrigerantes y tecnología, con el uso de ocho refrigerantes diferentes, siendo el R-507A (48,1 %), el R-404A (34,5 %) y el HFC-134a (12,3 %) los más utilizados en unidades autónomas, unidades de condensación y máquinas de hielo.

14. En el Líbano, los tres principales tipos de equipos de refrigeración utilizados para la refrigeración comercial son los sistemas centralizados, las unidades de condensación y los sistemas autónomos. Según se indica en el PAK del Líbano, en 2023 los principales HFC consumidos en el subsector de la refrigeración comercial son el R-404A (80,8 %), el R-407C (13,1 %) y el R-507A (5,6 %).

15. En Trinidad y Tabago, en 2022 los principales refrigerantes consumidos en los sistemas centralizados, compuestos por cámaras frigoríficas y frigoríficos, son el R-134a (48,8 %), el R-404A (20,1 %) y el R-507C (11,0 %). Este sector experimenta altos niveles de demanda de servicios y altas tasas de fugas, y las tecnologías alternativas en el sector aún no están ampliamente disponibles en el país. Los sistemas de refrigeración comercial no centralizados consumen HFC-134a (63,4 %), R-407C (26,5 %) y R-507C (10,1 %), y los sistemas de refrigeración industrial consumen exclusivamente R-404A.

16. La mayoría de estos sistemas, mencionados anteriormente en los tres países, carecen de herramientas digitales de supervisión y gestión.

Objetivos del proyecto

17. El objetivo de este proyecto es demostrar cómo el uso de soluciones digitales en los tres países puede reducir el consumo de HFC y, por lo tanto, las emisiones, y mejorar la eficiencia energética en el sector de la cadena de frío, en consonancia con sus estrategias nacionales y sus planes para la aplicación de la Enmienda de Kigali. El proyecto tiene un componente nacional para los tres países que se refiere a la evaluación, la instalación de infraestructura de equipos digitales, el seguimiento y la formación, y un componente mundial relacionado con el análisis de datos y los equipos inteligentes para realizar el mantenimiento, tal y como se explica en el párrafo 2 anterior.

18. A través del componente nacional, el proyecto registrará datos sobre el uso de refrigerantes y el consumo de energía antes y después de la conversión o los reacondicionamientos, utilizará la información junto con los costos de capital y operativos para evaluar la viabilidad económica, y desarrollará una plataforma digital para replicar soluciones digitales de manera rentable. El proyecto proporcionará una solución técnica para aplicaciones personalizadas de la cadena de frío que no cuentan con herramientas sólidas de normalización, supervisión, ensayo y notificación en materia de eficiencia energética. Demostrará una forma moderna de prácticas de mantenimiento, como el uso de datos en tiempo real para medidas correctivas y el análisis de datos para el mantenimiento predictivo, pasando de un enfoque correctivo tradicional a un enfoque preventivo y predictivo, con la ayuda de las herramientas digitales.

19. El componente mundial de este proyecto tiene como objetivo consolidar los datos de los diferentes sitios para el análisis y la optimización de la plataforma digital para la adaptación en contextos distintos y generar conocimientos y experiencia práctica para su replicación en aplicaciones similares en otros países para otros proyectos financiados por el Fondo Multilateral.

Tecnología

20. El proyecto propone utilizar el Internet de las cosas (IoT) y la infraestructura de tecnología de la información y la comunicación (TIC) basada en la nube para recopilar y analizar los datos de rendimiento de los diferentes equipos de refrigeración y climatización a partir de sensores inteligentes instalados que se utilizarán para recopilar datos sobre diferentes parámetros técnicos, como la temperatura, la presión, la velocidad del compresor y otros. Los datos recopilados también abarcarán condiciones ambientales como los niveles de temperatura y humedad, y estos datos se utilizarán para realizar análisis adicionales del rendimiento de la refrigeración y la eficiencia energética en diferentes condiciones climáticas.

21. Se propone desarrollar herramientas de análisis de datos para llevar a cabo análisis del rendimiento basado en datos históricos y en tiempo real, y evaluar la necesidad de adoptar medidas correctivas para optimizar el rendimiento, las operaciones y el mantenimiento. Tanto el almacenamiento de datos como las aplicaciones suelen estar basados en la nube, lo que permite el acceso desde cualquier parte del mundo y desde una amplia gama de dispositivos, incluidos ordenadores, tabletas y teléfonos móviles. Una infraestructura digital abierta y escalable garantizará la flexibilidad a largo plazo y evitará las limitaciones de propiedad, lo que permitirá adaptar las herramientas digitales a las diferentes circunstancias locales.

Beneficiarios

Colombia

22. Se seleccionarán tres supermercados e hipermercados de propiedad local para representar las diversas condiciones climáticas y de altitud presentes en el país⁷. Cada beneficiario debe cumplir criterios específicos, entre ellos el uso de sistemas de refrigeración centralizados con unas instalaciones con una superficie superior a 1.200 metros cuadrados, una capacidad de refrigeración de 100 kW y una fecha de instalación superior a seis años. Un proveedor de servicios local actuará como socio ejecutor para prestar apoyo y asistencia local a los proyectos durante el período de ejecución.

Líbano

23. El supermercado Al-Tawfeer ha sido identificado como un beneficiario adecuado para el proyecto debido a su importante potencial de ahorro energético y de réplica en entornos similares. Al-Tawfeer cuenta con 38 sucursales en el Líbano y tiene planes de expansión adicionales. El sitio beneficiario seleccionado

⁷Un beneficiario en cada zona fría (2.000 a 3.000 metros de altitud), zona templada (1.000 a 2.000 metros de altitud) y zona cálida (menos de 1.000 metros de altitud). Las variaciones de temperatura en las tres zonas proporcionarían información sobre el impacto de la temperatura ambiente en el rendimiento del equipo.

incluye un sistema de refrigeración central que utiliza R404A (45 kW), un sistema de congelación central que utiliza R404A (20 kW) y siete congeladores de helados (0,3 kW).

Trinidad y Tabago

24. En Trinidad y Tabago, NAMDEVCO, una instalación de cadena de frío propiedad del gobierno especializada en la recepción, el procesamiento, el almacenamiento y la entrega de productos agrícolas cultivados localmente, fue identificada como beneficiaria adecuada. Los datos recopilados durante la fase de preparación proporcionan una referencia clara sobre el estado actual de las instalaciones, su adecuación a los criterios del proyecto y su potencial para integrarse con éxito en la iniciativa. El sitio beneficiario seleccionado incluye dos cámaras frigoríficas que utilizan refrigerante R-404A y funcionan a temperaturas de entre -23 °C y -29 °C.

Plataforma global de inteligencia en materia de refrigeración y climatización

25. Los datos recopilados de los beneficiarios seleccionados en los tres países proporcionarán diferentes escenarios que permitirán a la instalación piloto probar, optimizar, formar y analizar los resultados. Esto conducirá a la creación de una plataforma global de inteligencia en materia de refrigeración y climatización con un lago de datos⁸, donde se identificarán los factores de replicación para sistemas de refrigeración similares mediante sistemas digitales e inteligencia artificial (IA) para la reducción de emisiones y el ahorro de energía⁹. El diseño y la implantación de la plataforma de inteligencia en materia de refrigeración y climatización apoyarán el proyecto piloto para que se extienda más allá de los sitios seleccionados y permitirán la escalabilidad y la replicación, ya sea para el mismo sector o para sectores similares. La plataforma se pondrá en funcionamiento mediante un equipo técnico y consultores especializados que garantizarán una implantación sólida y la adecuación a los requisitos del sitio piloto durante un período de dos años; además, el mantenimiento del alojamiento de la plataforma permitirá la recopilación continua de datos y la supervisión del rendimiento en todos los sitios piloto durante cinco años después de su finalización. Esta fase reforzará la replicabilidad y fomentará la cooperación Sur-Sur mediante el intercambio de conocimientos y mejores prácticas.

Actividades propuestas

26. Las actividades propuestas se describen a continuación, y el desglose de los costos se resume en el cuadro 2 (tal y como se presentó inicialmente):

- a) *Auditoría energética para establecer el nivel de referencia:* Medición del rendimiento de los componentes clave, incluidos el bastidor del compresor, la unidad de condensación, las vitrinas y los controles de todo el sistema; realización de pruebas de consumo energético e identificación de fugas utilizadas para calcular el nivel de referencia de los impactos directos e indirectos del circuito de refrigeración;
- b) *Desarrollo del plan de reacondicionamiento y diseño del concepto de digitalización:* Contratar a un consultor internacional para identificar y evaluar herramientas y tecnologías digitales, incluyendo medidores inteligentes, sensores, pasarelas de datos y plataformas de supervisión; desarrollar una metodología para controlar el consumo de energía y el flujo/fuga de refrigerante; definir los requisitos para los sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés); apoyar la selección de proveedores e instaladores con conocimiento de las adaptaciones o innovaciones adaptadas

⁸Un lago de datos es un repositorio centralizado que almacena grandes cantidades de datos sin procesar en su formato nativo, incluidos datos estructurados, semiestructurados y no estructurados, hasta que se necesitan.

⁹Mediante el aprendizaje automático, las plataformas compatibles con la IA pueden supervisar el rendimiento en tiempo real, detectar anomalías, permitir el mantenimiento predictivo y optimizar dinámicamente las operaciones basándose en un análisis exhaustivo de los datos.

a los contextos locales; orientar la instalación de equipos ecoenergéticos, sensores IoT y sistemas de supervisión; recopilar y analizar datos para evaluar el rendimiento y realizar mejoras iterativas;

- c) *Hardware e instalación:* Compra e instalación de un conjunto de medidores inteligentes, sensores y transductores de ajuste¹⁰, pasarela de datos y dispositivos IoT¹¹; control de supervisión y adquisición de datos a través de la plataforma IoT en la nube y el panel de control para la supervisión centralizada, el análisis de energía, las alarmas y el alojamiento; instalación y puesta en marcha de los medidores, sensores y otros componentes mencionados anteriormente; y recopilación de datos utilizando el sistema;
- d) *Asistencia técnica, supervisión y coordinación:* Instalación y configuración técnica de componentes piloto, como contadores inteligentes, sensores, pasarelas de datos y plataformas de supervisión, garantizando su correcta integración y funcionalidad; desarrollar e impartir módulos de capacitación para técnicos de equipos de refrigeración y climatización centrados en soluciones digitales y tecnologías de IoT relevantes para el sector; organizar talleres para promover las ventajas de la digitalización de equipos de refrigeración y climatización y fomentar la participación de las contrapartes; establecer niveles de referencia de los equipos existentes y llevar a cabo un seguimiento continuo del rendimiento de los equipos, las condiciones ambientales y el funcionamiento de los sistemas para evaluar los impactos en la eficiencia energética y las emisiones de refrigerantes; proporcionar supervisión técnica durante el diseño y la puesta en servicio; y analizar los datos recopilados para perfeccionar las estrategias y demostrar resultados medibles; y
- e) *Plataforma global de inteligencia en materia de refrigeración y climatización:* Crear un equipo internacional de software compuesto por un arquitecto que diseñe la estructura de la plataforma de inteligencia¹², un arquitecto de software, un especialista en interfaces de usuario, un desarrollador *frontend*, un desarrollador *backend* y/o un desarrollador *full stack* para desarrollar la plataforma de inteligencia¹³; y un especialista en TIC que apoye la integración¹⁴ en las cinco ubicaciones.

Cuadro 2: Actividades y presupuesto total del proyecto según lo presentado

Actividades	Desglose de costos (USD)			
	Colombia	Líbano	Trinidad y Tabago	Total
<i>Auditoría energética para establecer el nivel de referencia</i>				
Realizar una auditoría energética en el emplazamiento beneficiario seleccionado	60.000	20.000	15.000	95.000
<i>Plan de reacondicionamiento y diseño del concepto de digitalización</i>				
Diseño del plan de reacondicionamiento, desarrollo de la arquitectura y requisitos técnicos y funcionales	45.000	20.000	20.000	85.000

¹⁰El conjunto de sensores incluye sonda de temperatura, sensor de humedad y temperatura, transductor de presión, contacto de puerta, sensor de vibración, sensor de corriente, medidor de energía y sensor de fugas de gas/refrigerante.

¹¹Los dispositivos incluyen wifi/ethernet, módulo LoRa/LoRaWAN, módem celular 4G, antena y cableado.

¹²La estructura incluye, entre otras cosas, tecnología de alojamiento, configuración de comunicaciones, funciones, servicios en la nube que se aplicarán, estructura de gestión del acceso de los usuarios, estructura de apoyo y preparación del programa de desarrollo y la documentación.

¹³El desarrollo incluye, entre otras cosas, la planificación, el análisis de requisitos, el diseño, la codificación, las pruebas, el despliegue, la puesta en marcha y la finalización del mantenimiento.

¹⁴La integración incluye, entre otras cosas, la configuración de la infraestructura local de TIC, la puesta en servicio, las pruebas de rendimiento, el funcionamiento y el mantenimiento.

Actividades	Desglose de costos (USD)			
	Colombia	Líbano	Trinidad y Tabago	Total
Pruebas de consumo energético y detección de fugas	45.000	15.000	15.000	75.000
Control de supervisión y adquisición de datos o plataforma de supervisión	45.000	15.000	15.000	75.000
Consultor nacional encargado del seguimiento técnico durante el diseño, la instalación, la puesta en marcha y la evaluación de datos del proyecto piloto	120.000	35.000	40.000	195.000
Hardware e instalación				
Conjunto de contadores inteligentes y sensores y transductores de ajuste	90.000	30.000	30.000	150.000
Pasarela de datos y dispositivos IoT	60.000	20.000	20.000	100.000
Instalación, puesta en servicio, recopilación y análisis de los datos	90.000	30.000	30.000	150.000
Asistencia técnica, supervisión y coordinación				
Asistencia técnica	45.000	15.000	15.000	75.000
Oficina de gestión de proyectos	48.000	16.000	16.000	80.000
Componente nacional total	648.000	216.000	216.000	1.080.000
Plataforma global de inteligencia en materia de refrigeración y climatización				
Arquitectura y desarrollo de la plataforma de inteligencia, incluida la integración en proyectos piloto				225.000
Cinco años de alojamiento y recopilación y supervisión continuas de datos de los proyectos piloto y otros sitios de replicación				75.000
Oficina de gestión de proyectos (para el componente mundial)				24.000
Componente mundial total				324.000
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				1.404.000

Cofinanciamiento

27. El PNUD, a través de su ventana de financiamiento corporativo y con el apoyo financiero de los Gobiernos de Dinamarca y Luxemburgo, está ayudando al Líbano y a Trinidad y Tabago a promover soluciones digitales para la eficiencia energética en el sector de la cadena de frío. La ventana de financiamiento se centra en la puesta a prueba de herramientas digitales de supervisión y gestión para optimizar el consumo de energía, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar las prácticas de mantenimiento en los sistemas de la cadena de frío. Incluye la realización de auditorías energéticas, la instalación y prueba de soluciones digitales y el fortalecimiento de capacidades de los profesionales de la refrigeración y climatización, en particular las mujeres, en materia de tecnologías digitales.

28. Los proyectos de la ventana de financiamiento corporativo del PNUD incluyen una subvención de USD 198.000 para el Líbano y otra de USD 198.000 para Trinidad y Tabago destinadas a la elaboración de materiales de comunicación para concienciar a los usuarios finales sobre las ventajas del uso de tecnologías digitales en la eficiencia energética y la mejora del rendimiento; capacitación práctica sobre herramientas digitales y tecnologías del Internet de las cosas (IoT) identificadas; una encuesta a escala nacional sobre los niveles de automatización digital y su eficacia en el Líbano, y una encuesta sobre tecnologías digitales en el sector de la enseñanza superior, centrada en el fortalecimiento del plan de estudios en materia de eficiencia energética en Trinidad y Tabago.

Costo total del proyecto piloto

29. Se prevé que el proyecto esté terminado en un plazo de 36 meses tras su aprobación, entre enero de 2026 y diciembre de 2028, con un costo total de USD 1.404.000, según lo presentado inicialmente.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA SECRETARÍA

OBSERVACIONES

30. La Secretaría ha revisado la propuesta de proyecto a la luz de las actividades descritas en las decisiones 89/6 y 91/65, así como de las que se están llevando a cabo en la etapa I del PAK en los tres países.

Elegibilidad en virtud de la decisión 91/65

31. El proyecto piloto tiene por objeto potenciar la eficiencia energética durante la reducción de los HFC en las aplicaciones de refrigeración identificadas en las instalaciones de los usuarios finales y contribuir a mejorar las prácticas de servicio y mantenimiento de los equipos. El PNUD confirmó que, en los tres países, las autoridades responsables de la eficiencia energética prestarán apoyo a la ejecución del proyecto bajo la supervisión de las ONO. Otras contrapartes que participarán en el proyecto son las autoridades responsables de las normas de eficiencia energética, representantes y asociaciones del sector.

32. Conforme a lo dispuesto en la decisión 91/65 b) iv), los Gobiernos de Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago han confirmado que, si sus respectivos gobiernos movilizaran fondos de fuentes distintas del Fondo Multilateral para los componentes de eficiencia energética al reducir los HFC, el proyecto no daría lugar a la duplicación de actividades entre las financiadas por el Fondo Multilateral y las financiadas por otras fuentes; que se facilitaría información sobre los avances, los resultados y las principales enseñanzas del proyecto, según procediera; que la fecha de finalización del proyecto se fijaría en un plazo máximo de 36 meses a partir de la fecha de aprobación por el Comité Ejecutivo y se presentaría un informe detallado del proyecto al Comité Ejecutivo en un plazo de seis meses a partir de la fecha de finalización del proyecto.

Relación con la reducción de HFC y el plan de aplicación de la Enmienda de Kigali relativa a los HFC

33. En cuanto a la relación con las actividades del PAK en los tres países, el PNUD explicó que el proyecto piloto se ejecutará en coordinación con las actividades de la etapa I del PAK de cada país. Se elaboraron materiales didácticos y de sensibilización a medida con el apoyo cofinanciado que se explica en los párrafos 27 y 28 *supra*, y se utilizarán para actividades de capacitación y divulgación con miras a la adopción de las herramientas digitales. La capacitación se impartirá durante todo el proyecto en colaboración entre el proveedor de equipos y el desarrollador de sistemas informáticos, centrándose en el rendimiento de la eficiencia energética y la mejora de las operaciones y el mantenimiento de los equipos. Los materiales de capacitación se utilizarán junto con otras actividades de capacitación relacionadas con el PAK para el fortalecimiento de capacidades de los técnicos de servicio técnico y los instaladores de equipos, con el fin de ayudar a difundir los beneficios de las herramientas digitales en el sector de la refrigeración entre las contrapartes pertinentes, así como para la capacitación práctica en la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento de los equipos.

Promover la adopción de tecnologías digitales en el mercado

34. Teniendo en cuenta que las herramientas de digitalización pueden dar lugar a un rendimiento más eficiente desde el punto de vista energético de los equipos de refrigeración comercial, y que es necesario promover una adopción más rápida de dichas tecnologías con posibles intervenciones normativas y reglamentarias, la Secretaría ha celebrado consultas con el PNUD sobre la forma en que este proyecto repercutirá en el rendimiento energético de los equipos y en la mejora de las normas. El PNUD explicó que,

basándose en la experiencia adquirida con este proyecto, los tres países elaborarían directrices nacionales sobre las mejores prácticas y el uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia energética en diferentes aplicaciones de refrigeración comercial (o en el sector minorista). Las herramientas digitales también pueden permitir un mayor conocimiento de las normas de rendimiento energético de los equipos y ayudar a mejorar otros programas, como los programas de etiquetado para equipos de refrigeración comercial/usuarios finales.

35. Además, el PNUD explicó que la evolución del IoT y la infraestructura de TIC basada en la nube contribuirá a catalizar un cambio transformador en la refrigeración mediante la integración de la IA, la computación periférica y la analítica avanzada. Esta iniciativa prevé un «salto estratégico» hacia herramientas digitales inteligentes, sostenibles y adaptables, haciendo hincapié en el mantenimiento predictivo basado en datos y con supervisión en tiempo real, el diagnóstico mediante IA y la optimización automatizada de la energía y las emisiones.

Aspectos técnicos y de costos

Elección de las ubicaciones para el proyecto de demostración

36. La Secretaría mantuvo una extensa serie de consultas con el PNUD sobre el número de ubicaciones elegidas en Colombia para la demostración de las herramientas digitales utilizadas para reducir las emisiones y garantizar el rendimiento energéticamente eficiente de los equipos mediante un servicio técnico y mantenimiento oportunos. El PNUD explicó que las tres ubicaciones se eligieron para la demostración de las herramientas digitales basándose principalmente en el tipo de equipo, el tipo de usuarios finales y las condiciones meteorológicas, con el fin de ayudar a mostrar los resultados del rendimiento de la implementación de herramientas digitales por parte de diferentes tipos de usuarios que operan en diferentes condiciones ambientales.

Elección de proveedores de tecnología

37. En cuanto a la elección de los proveedores de tecnología, el PNUD explicó que, durante la implementación, los proveedores de tecnología específicos se seleccionarán mediante un proceso de contratación pública abierto y competitivo, de conformidad con las normas y reglamentos del PNUD, y que los precios se basan en una encuesta realizada durante la preparación del proyecto sobre los costos tecnológicos de equipos similares. El PNUD explicó también que se propone crear un «lago de datos» para generar análisis de datos en aplicaciones y analizarlos mediante herramientas de IA y visualización. Al ampliar la adopción de esta tecnología, basándose en la experiencia adquirida con este proyecto, el PNUD tiene como objetivo ampliar la accesibilidad de la plataforma a otros proyectos y programas pertinentes para la adopción de tecnologías ecoenergéticas y mejores prácticas, así como explorar el desarrollo de plataformas similares para otros sistemas de refrigeración.

Auditoría energética y recopilación de datos en tiempo real

38. En lo que respecta a la necesidad de realizar una auditoría energética y elaborar planes de reacondicionamiento, el PNUD explicó que es importante comprender los niveles de consumo energético de los equipos de refrigeración, climatización y bombas de calor, con el fin de descubrir posibles áreas de intervención para mejorar el rendimiento de la refrigeración y el consumo energético, y desarrollar un plan para implementar dichas intervenciones.

39. En relación con la supervisión continua de las herramientas digitales para garantizar la disponibilidad de datos en tiempo real, el PNUD explicó que se prestaría apoyo técnico, incluido el fortalecimiento de capacidades del personal que da soporte a los equipos de refrigeración, climatización y bombas de calor en las diferentes ubicaciones, y que el personal técnico realizaría evaluaciones puntuales de forma periódica para comprobar el rendimiento del equipo.

Uso de equipos con refrigerantes inflamables de bajo PCA

40. El PNUD explicó que este proyecto de demostración se sitúa en el marco de la reducción de los HFC y, por lo tanto, se eligieron sitios beneficiarios que utilizan refrigerantes HFC. Las herramientas de supervisión digital pueden utilizarse con refrigerantes y equipos de bajo PCA que utilizan alternativas de sustitución directa. El PNUD explicó también que la capacitación, incluidos los aspectos de seguridad durante la instalación y el funcionamiento de las herramientas, facilitará las prácticas seguras de operación y mantenimiento mientras se utilizan las herramientas de supervisión digital.

Adopción de la tecnología y escalabilidad

41. En cuanto a la adopción de las tecnologías por parte de los consumidores, el PNUD explicó que, a través de este proyecto de demostración y de los datos recopilados en línea, se difundiría entre los usuarios finales de equipos de refrigeración comercial y entre los importadores y vendedores de dichos equipos el impacto que tiene un servicio técnico y un mantenimiento de buena calidad en términos de ahorro energético y ahorro de costos al evitar fugas de los equipos, principalmente de HFC. La información también se compartirá en diferentes plataformas de comunicación del PNUD, a través de actividades de capacitación para el sector de servicio técnico y los instaladores de equipos, y otras reuniones regionales y mundiales de transferencia de tecnología relacionadas con la eficiencia energética de los equipos de refrigeración, climatización y bombas de calor. Esto contribuirá a una mayor adopción.

Costos del proyecto

42. La Secretaría mantuvo extensas conversaciones con el PNUD sobre los costos del proyecto, teniendo en cuenta el número de ubicaciones en las que se instalarían los equipos y la necesidad de realizar las diferentes actividades descritas en la propuesta original. Sobre la base de esas conversaciones, se acordó lo siguiente:

- a) El costo de la auditoría energética se revisó de USD 95.000 a USD 65.000, y el de la planificación del reacondicionamiento y el desarrollo de la arquitectura de la infraestructura digital se revisó de USD 85.000 a USD 55.000, en función de los esfuerzos necesarios por parte de los expertos técnicos para llevar a cabo estas actividades;
- b) Los costos de hardware, como contadores inteligentes para controlar el consumo energético, dispositivos de medición de temperatura y humedad, sensores de corriente y dispositivos digitales y de IoT para la captura y transmisión de datos, el control de supervisión y una plataforma de supervisión que incluye sistemas basados en la nube, se redujeron de USD 550.000 a USD 330.000;
- c) Las actividades de apoyo técnico, supervisión y capacitación relacionadas con la asistencia *in situ* para supervisar el rendimiento de las herramientas e infraestructuras digitales, supervisar la instalación de componentes tales como contadores inteligentes, sensores, pasarelas de datos y plataformas de supervisión, garantizando su correcta integración y funcionalidad; capacitación y fortalecimiento de capacidades de técnicos y otro personal pertinente; y sensibilización, intercambio de conocimientos, supervisión y recopilación de datos se redujo de USD 270.000 a USD 80.000, teniendo en cuenta principalmente los niveles de apoyo técnico y capacitación necesarios para la implementación de la infraestructura;
- d) Diseño de la arquitectura del lago de datos e integración con sitios piloto, lo que incluye el diseño de la arquitectura para la recopilación y el análisis de datos, el desarrollo de software y herramientas para el análisis de datos, el mantenimiento preventivo y predictivo, desde USD 324.000 hasta USD 150.000, en función del posible uso de soluciones informáticas

ventas por los proveedores de servicios; y

- e) Se eliminó el costo de la unidad de gestión del proyecto.

43. En el cuadro 3 que figura a continuación se presenta un resumen de la propuesta de proyecto presentada y los costos definitivos convenidos sobre la base de consultas con el PNUD.

Cuadro 3: Resumen de las actividades y los costos según lo presentado y convenido

Actividades	Según lo presentado (USD)				Según lo convenido (USD)			
	Colombia	Líbano	Trinidad y Tabago	Total	Colombia	Líbano	Trinidad y Tabago	Total
Auditoría energética	60.000	20.000	15.000	95.000	35.000	15.000	15.000	65.000
Plan de reacondicionamiento y diseño del concepto de digitalización	45.000	20.000	20.000	85.000	25.000	15.000	15.000	55.000
Hardware e instalación	330.000	110.000	110.000	550.000	198.000	66.000	66.000	330.000
Asistencia técnica, supervisión y coordinación	165.000	50.000	55.000	270.000	40.000	20.000	20.000	80.000
Unidad de gestión del proyecto	48.000	16.000	16.000	80.000	0	0	0	0
Componente nacional total	648.000	216.000	216.000	1.080.000	298.000	116.000	116.000	530.000
<i>Mundial</i> : Diseño de la arquitectura del lago de datos e integración con sitios piloto				324.000				150.000
Costo total del proyecto				1.404.000				680.000

Cofinanciamiento

44. En lo que respecta al cofinanciamiento para el Líbano y Trinidad y Tabago, el PNUD explicó que, a través de su ventana de financiamiento corporativo, con el apoyo financiero de los Gobiernos de Dinamarca y Luxemburgo, se apoya el fomento de soluciones digitales para la eficiencia energética en el sector de la cadena de frío, en consonancia con la estrategia de transformación digital del PNUD, tal y como se describe en el párrafo 27 *supra*. Estos fondos cofinanciarán algunas de las actividades relacionadas con el proyecto piloto, entre ellas la elaboración de materiales de capacitación para técnicos, usuarios finales y empresas que instalan equipos de refrigeración y climatización en ambos países, así como materiales de sensibilización y divulgación para garantizar una mejor comprensión de los aspectos técnicos y operativos de las herramientas digitales, y de las ventajas de los equipos ecoenergéticos.

45. Además, el PNUD explicó también que se espera que los beneficiarios del proyecto en Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago aporten un cofinanciamiento por valor de USD 140.000, USD 50.000 y USD 50.000, respectivamente, para llevar a cabo una auditoría energética, diseñar un plan de reacondicionamiento y una arquitectura de digitalización, y prestar apoyo técnico para las actividades de seguimiento, presentación de informes y capacitación. A través de los fondos disponibles en el marco de la estrategia global de transformación digital del PNUD¹⁵, se espera que el organismo aporte USD 75.000 para infraestructura en la nube, establecimiento de redes y análisis de datos durante un período de cinco años tras la finalización de la fase de inicio del proyecto.

¹⁵<https://digitalstrategy.undp.org/>

Mejoras en la eficiencia energética y estimación preliminar del ahorro de electricidad

46. En respuesta a la consulta de la Secretaría sobre las mejoras estimadas en la eficiencia energética y el ahorro de electricidad, el PNUD proporcionó un análisis preliminar de las ubicaciones seleccionadas en los tres países, incluyendo las reducciones de emisiones resultantes tanto de la reconversión a alternativas de bajo PCA como de la reducción de fugas. El resumen del impacto se presenta en la tabla 5.

Cuadro 5: Estimaciones del impacto directo e indirecto de las emisiones del proyecto

	Impacto directo de la reducción de emisiones de refrigerantes (toneladas de CO ₂ equivalente)	Impacto indirecto a través del ahorro energético (kWh/año)	Duración del cálculo del impacto (años)	Impacto total en cinco años	
				Reducción directa de emisiones (toneladas de CO ₂ equivalente)	Ahorro energético indirecto (kWh)
Colombia	439	104.390	5	2.195	521.950
Líbano	609	102.970	5	3.045	514.850
Trinidad y Tabago	78	32.575	5	390	162.875
Total	1.126	239.935		5.630	1.199.675

Sostenibilidad, replicabilidad y evaluación de riesgos

47. La Secretaría señala que la asequibilidad de esta tecnología, su disponibilidad y facilidad de uso (es decir, su simplicidad y fiabilidad) son factores clave que promoverán su adopción, impulsada por factores de mercado. En cuanto a la sostenibilidad, el PNUD explicó que la implementación de la infraestructura digital y el análisis de los datos recopilados a partir de esos sistemas conducirán a un mejor entendimiento de los beneficios y el retorno de la inversión que supone el establecimiento de esta infraestructura. La elección de la tecnología debe reflejar las especificaciones del usuario (por ejemplo, el almacenamiento en frío en los supermercados) y requiere una fácil instalación y funcionamiento de los equipos. Además, a medida que esta tecnología siga desarrollándose, se espera que el costo del hardware y del software disminuya, lo que reducirá la barrera del costo que supone la adopción de las tecnologías digitales por parte de las diferentes empresas. Entre los riesgos potenciales se encuentra la capacidad técnica limitada de los usuarios finales, especialmente en lo que respecta a la implementación de las tecnologías, y se propone mitigarlos mediante la intervención de un experto internacional que apoye el diseño y el despliegue óptimos de las herramientas de supervisión y gestión digitales, además de proporcionar apoyo en materia de capacitación a los usuarios finales y a su personal de servicio técnico. Para promover y mantener la adopción de las tecnologías, se elaborará un documento de orientación que incluirá materiales de capacitación basados en la experiencia de este proyecto, que se utilizará en los tres países y en otros países de todo el mundo para mejorar la eficiencia energética mediante el uso de tecnologías y herramientas digitales.

RECOMENDACIÓN

48. El Comité Ejecutivo podría estimar oportuno aprobar el proyecto piloto para mantener y/o potenciar la eficiencia energética de equipos y tecnologías sustitutivas durante la reducción de los HFC (actividades ajenas a la inversión): Proyecto de demostración del uso de herramientas digitales de supervisión y gestión para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la cadena de frío en Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago, por un importe de USD 680.000, más gastos de apoyo de USD 47.600 para el PNUD, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Que los Gobiernos de Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago se han comprometido a cumplir las condiciones mencionadas en la decisión 91/65 b) iv) b. a b iv) d.;
- b) Que los Gobiernos de Colombia, Líbano y Trinidad y Tabago elaborarían directrices sobre

eficiencia energética para aplicaciones de refrigeración comercial con el fin de mejorar la eficiencia energética en el sector minorista una vez finalizado el proyecto; y

- c) Que el proyecto se completaría operativamente a más tardar el 31 de diciembre de 2028 y que se presentaría un informe detallado del proyecto al Comité Ejecutivo en un plazo de seis meses a partir de la fecha de finalización del mismo.
