



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



Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11
8 de mayo de 2019

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL
PARA LA APLICACIÓN DEL
PROTOCOLO DE MONTREAL
Octogésima tercera reunión
Montreal, 27 – 31 de mayo de 2019

**INFORMES DE SITUACIÓN E INFORMES SOBRE PROYECTOS CON REQUISITOS
ESPECÍFICOS DE PRESENTACIÓN DE INFORMES**

1. Este documento sirve de seguimiento a las cuestiones planteadas en el último informe anual y el informe financiero presentados a la 82ª reunión,¹ y en relación con los proyectos y las actividades para los cuales se pidieron informes específicos en reuniones anteriores.
2. El documento consiste en las siete partes siguientes y un *addendum*:
 - Parte I: Proyectos con demoras de ejecución y para los cuales se pidieron informes de situación especiales
 - Parte II: Proyectos de eliminación de residuos de SAO
 - Parte III: Uso temporario de una tecnología con alto potencial de calentamiento atmosférico en proyectos aprobados
 - Parte IV: Informes relacionados con los planes de gestión de eliminación de los HCFC
 - Parte V: Proyectos de demostración para las alternativas a los HCFC con bajo potencial de calentamiento atmosférico y estudios de viabilidad para sistemas urbanos de refrigeración (decisión 72/40)
 - Parte VI: Cambio del organismo de ejecución para la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC y las actividades de facilitación para la reducción de HFC para Filipinas
 - Parte VII: Peticiones de prórrogas para actividades de facilitación

¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/14-19.

Add.1: Consiste en los informes relacionados con China en cinco partes (UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11/Add.1)

3. Cada parte contiene una breve descripción del progreso realizado y las observaciones y las recomendaciones de la Secretaría.

PARTE I: PROYECTOS CON DEMORAS DE EJECUCIÓN Y PARA LOS CUALES SE PIDIERON INFORMES DE SITUACIÓN ESPECIALES

Progreso realizado en 2018 en la ejecución de proyectos

4. La Secretaría deliberó con los organismos de ejecución y bilaterales pertinentes sobre los proyectos para los cuales se pidieron Informes de situación en la 82ª reunión. Con relación a las deliberaciones, se abordaron varias cuestiones satisfactoriamente.

5. Los proyectos con cuestiones pendientes se indican en el Anexo I del presente documento.

Recomendación de la Secretaría

6. El Comité Ejecutivo podría querer:

a) Tomar nota de:

i) Los Informes de situación presentados por los organismos de ejecución y bilaterales a la 83ª reunión, que figuran en UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;

ii) Que los organismos de ejecución y bilaterales informarían a la 84ª reunión sobre 54 proyectos recomendados para Informes de situación adicionales, como se indica en el Anexo I del presente documento; y

b) Aprobar las recomendaciones sobre los proyectos en curso con las cuestiones específicas enumeradas en la última columna de la tabla del Anexo I del presente documento.

INFORMES SOBRE PROYECTOS CON REQUISITOS ESPECÍFICOS DE PRESENTACIÓN DE INFORMES

7. El Cuadro 1 presenta una lista de todos los proyectos tratados en el presente documento y explica brevemente las cuestiones conexas.

Cuadro 1. Informes del sobre proyectos con requisitos específicos de presentación de informes sometidos a la 83ª reunión

País	Título de proyecto	Cuestión
II. Proyectos de eliminación de residuos de SAO		
Cuba	Proyecto piloto de demostración sobre gestión de desechos y destrucción de SAO - Informe final Anexo II: Informe final	Terminado. Los organismos pidieron utilizar los resultados y recomendaciones, donde proceda
III. Uso temporario de una tecnología con alto potencial de calentamiento atmosférico en proyectos aprobados		

País	Título de proyecto	Cuestión
Brasil	Uso temporario de sistemas de polioles con HFC y alto potencial de calentamiento atmosférico (etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC)	Continuar informando como una tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico todavía no introducida
Cuba	Uso temporario de una tecnología con alto potencial de calentamiento atmosférico por empresas que se convirtieron a una tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico (etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC)	Continuar informando como una tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico todavía no introducida
Líbano	Uso de tecnología interina - Informe sobre la marcha de las actividades (etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC)	Continuar informando como una tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico todavía no introducida
Trinidad y Tobago	Uso temporario de una tecnología con alto potencial de calentamiento atmosférico en una empresa (etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC)	Continuar informando como una tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico todavía no introducida. Tomar nota de que los saldos provenientes de un proyecto cancelado se devolverán cuando se presente el tramo siguiente
IV. Informes relacionados con los planes de gestión de eliminación de los HCFC		
Bahamas	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - informe sobre el estudio de exploración de las mejores opciones disponibles para el proyecto piloto de acondicionamiento)	Instar al PNUMA a que en la 84ª reunión proporcione un informe final actualizado sobre los resultados del estudio
Bangladesh	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe final sobre la marcha de las actividades)	Terminado. Pedir que los saldos se devuelvan a más tardar en la 84ª reunión
Egipto	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe sobre la marcha de las actividades en el sector de espumas y uso temporario de la tecnología con alto potencial de calentamiento atmosférico)	Continuar informando sobre el progreso realizado en el sector de espumas y el uso temporario de la tecnología con alto potencial de calentamiento atmosférico, dado que la tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico aún no se ha introducido
Guinea Ecuatorial	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe sobre la situación de la firma del Acuerdo)	Acuerdo firmado. No se requiere ninguna otra presentación de informes
Honduras	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe sobre la marcha de las actividades del PNUMA)	Continuar informando sobre las actividades y los desembolsos del PNUMA
India	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe financiero final)	Terminado. Se devolvieron a la 83ª reunión 83 405 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 5 838 \$EUA
India	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II - Informe sobre la marcha de las actividades relacionadas	La evaluación todavía continúa. Proporcionar un informe en la 84ª reunión.

País	Título de proyecto	Cuestión
	con la evaluación de empresas del sector de espumas)	
Indonesia	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - situación de conversión de fabricantes de aparatos de refrigeración y aire acondicionado y de un proveedor de sistemas, PT. TSG Chemical)	Continuar informando sobre la situación de fabricantes de aparatos de refrigeración y aire acondicionado. Tomar nota que PT TSG Chemical se retiró del plan de gestión de eliminación de los HCFC y que a la 83ª reunión se devolvieron 301 539 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 22 616 \$EUA
República Islámica del Irán	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe final sobre la marcha de las actividades)	Presentar un informe revisado de proyectos terminados con los desembolsos finales y la información sobre la destrucción de equipos de base
Jordania	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II - cambio de tecnología en cinco empresas, de HFO-1233zd (E) al agente de espumación con ciclopentano	Aprobar el cambio de tecnología tomando nota de que las empresas sufragarían todo el costo adicional de la conversión de HCFC-141b al ciclopentano
Maldivas	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (proyecto de demostración para alternativas sin HCFC con bajo potencial de calentamiento atmosférico en refrigeración en el sector pesquero)	Presentar el informe final a la 84ª reunión
Macedonia del Norte	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe sobre la marcha de las actividades en la conversión del fabricante de espumas Sileks)	Tomar nota de que el fabricante de espumas Sileks se retiró y que a la 83ª reunión se devolvieron 30 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 2 250 \$EUA
Suriname	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe sobre la marcha de las actividades relacionadas con las cuestiones identificadas en el informe de verificación)	Tomar nota del informe
Túnez	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I – pedido de cancelación del plan sectorial de acondicionamiento de aire y actualización del Acuerdo Anexo III: Acuerdo revisado	Tomar nota del retiro del plan sectorial de acondicionamiento de aire; tomar nota de la revisión del Acuerdo; y pedir a los organismos que devuelvan a la 84ª reunión 900 489 \$EUA asociados al mencionado plan sectorial
V. Proyectos de demostración para alternativas a los HCFC con bajo potencial de calentamiento atmosférico y estudios de viabilidad para sistemas urbanos de refrigeración		
Egipto	Demostración de opciones de bajo costo para conversión a las tecnologías sin SAO en espumas de poliuretano con usuarios muy pequeños (Informe sobre la marcha de las actividades, el informe final debía presentarse en la 83ª reunión)	Prorrogar excepcionalmente la terminación del proyecto al 31 de julio de 2019, tomando nota del importante progreso realizado hasta el momento, a condición de que no se pida ninguna otra prórroga, y pedir al PNUD que a más tardar presente el informe final en la 84ª reunión

País	Título de proyecto	Cuestión
Región de Europa y Asia Central (EAC)	Desarrollo de un centro de excelencia regional de capacitación y acreditación y demostración de los refrigerantes alternativos con bajo potencial de calentamiento atmosférico (Informe sobre la marcha de las actividades, el informe final se debe presentar en la 84ª reunión)	Prorrogar, excepcionalmente, la terminación del proyecto al 31 de diciembre de 2019, tomando nota del importante progreso realizado hasta el momento, a condición de que no se pida ninguna otra prórroga, y pedir al gobierno de la Federación de Rusia que a más tardar presente el informe final en la 85ª reunión
Kuwait	Proyecto de demostración para evaluar el desempeño de la tecnología sin HCFC y con bajo potencial de calentamiento atmosférico en los usos de aire acondicionado (Informe sobre la marcha de las actividades)	Cancelar el proyecto y pedir al PNUD que devuelva a la 84ª reunión 293 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 20 510 \$EUA
Marruecos	Proyecto de demostración sobre el uso de la tecnología de espumación con pentano de bajo costo para conversión a las tecnologías sin SAO en el sector manufacturero de espumas de poliuretano en pequeñas y medianas empresas (Informe sobre la marcha de las actividades, el informe final se debía presentar en la 83ª reunión)	Prorrogar la fecha de terminación del proyecto al 30 de septiembre de 2019, tomando nota del avance alcanzado en la ejecución y la capacidad potencial de reproducción de los resultados en varios países del Artículo 5, y pedir a la ONUDI que presente el informe final del proyecto a la 84ª reunión y devuelva todos los saldos restantes a la 85ª reunión
Arabia Saudita	Proyecto de demostración en los fabricantes de aparatos de aire acondicionado autónomos y de ventana que utilicen refrigerantes con bajo potencial de calentamiento atmosférico (informe final) Anexo IV: Informe final	Terminado. Los organismos pidieron que se tuviera en cuenta el informe final al asistir a los países del Artículo 5 en la preparación de los proyectos de fabricación de aparatos de aire acondicionado autónomos que utilizan refrigerantes con bajo potencial de calentamiento atmosférico
Arabia Saudita	Proyecto de demostración para promover los refrigerantes que utilizan HFO con bajo potencial de calentamiento atmosférico para el sector de aparatos de aire acondicionado en temperatura ambiente elevada (Informe sobre la marcha de las actividades, el informe final se debía presentar en la 83ª reunión)	Prorrogar la terminación del proyecto al 31 de diciembre de 2019, tomando nota del avance alcanzado en la ejecución y la capacidad potencial de reproducción de los resultados en varios países del Artículo 5, y pedir a la ONUDI que presente el informe final del proyecto a más tardar en la 85ª reunión y devuelva todos los saldos restantes para la 86ª reunión
Arabia Saudita	Proyecto de demostración para eliminar los HCFC usando HFO como agente de espumación para pulverización en temperatura ambiente elevada (Informe sobre la marcha de las actividades, el informe final se debía presentar en la 83ª reunión)	Prorrogar excepcionalmente la terminación del proyecto al 31 de octubre de 2019, tomando nota del importante progreso realizado hasta el momento, a condición de que no se pida ninguna otra prórroga, y pedir a la ONUDI que a más tardar presente el informe final en la 84ª reunión
Tailandia	Proyecto de demostración en los proveedores de sistemas para espumas	Terminado. Los organismos pidieron que se tomara en cuenta el informe final al asistir a los

País	Título de proyecto	Cuestión
	en Tailandia para formular los polioles premezclados destinados a pulverizar espumas de poliuretano usando un agente espumante con bajo potencial de calentamiento atmosférico (informe final) Anexo V: Informe final	países del Artículo 5 para la preparación de proyectos de espumas para pulverización con HFO
Asia Occidental (regional)	Proyecto de demostración para promover los refrigerantes alternativos en los aparatos de aire acondicionado para países con temperatura ambiente elevada en Asia Occidental - PRAHA II (Informe sobre la marcha de las actividades, el informe final se debía presentar en la 83ª reunión)	Prorrogar la fecha de terminación al 15 de noviembre de 2019 para concluir las actividades en curso, y pedir al PNUMA y la ONUDI que presenten el informe final a más tardar en la 84ª reunión, y devuelvan todos los saldos restantes para la 85ª reunión
Kuwait	Estudio de viabilidad que compara tres tecnologías de ruptura para el uso en sistemas centrales de acondicionamiento de aire (informe final) Anexo VI: Informe final	Terminado. Presentar el informe de proyectos terminados y devolver cualquier saldo restante a la 84ª reunión
VI. Petición de cambio de organismo para la ejecución de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC		
Filipinas	Etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC y actividades de facilitación (petición para cambiar el organismo de ejecución) Anexo VII: Acuerdo revisado	Tomar nota de que en la 83ª reunión el Banco Mundial devolvió 1 010 023 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 70 701 \$EUA del plan de gestión de eliminación de los HCFC, y 225 992 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 15 819 \$EUA de las actividades de facilitación; y aprobar la transferencia de tales fondos a la ONUDI. Tomar nota de la actualización del Acuerdo sobre el plan de gestión de eliminación de los HCFC
VII. Peticiones de prórroga de las actividades de facilitación		
Varios países	Peticiones de prórroga de actividades de facilitación	Extender la fecha de terminación a diciembre de 2019 para tres países o a junio de 2020 para 48 países, enumerados en el Cuadro 15, a condición de no se pida ninguna otra prórroga y que los organismos presenten un informe final, dentro de los seis meses siguientes a la fecha de terminación del proyecto

PARTE II: PROYECTOS DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE SAO

Antecedentes

8. En su 79ª reunión, el Comité Ejecutivo pidió, *inter alia*, a los organismos de ejecución y bilaterales que presentasen los informes finales sobre los proyectos pilotos pendientes de destrucción de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)² con excepción de Brasil y Colombia, y devolviesen a la 82ª reunión los

² Los informes finales de los proyectos pilotos para Georgia, Ghana y Nepal se presentaron a la 79ª reunión, mientras que los proyectos para la región de Europa y Asia Central (EAC) y México se presentaron a la 80ª reunión.

saldos restantes de los proyectos para los cuales no se habían presentado informes a la reunión 80ª o 81ª (decisión 79/18 d)). En la 82ª reunión el Comité Ejecutivo examinó un informe de síntesis sobre todos los proyectos pilotos de destrucción de SAO que se habían terminado.³ La síntesis no incluyó el proyecto de Cuba, dado que en aquel momento aún no se había concluido el informe final. En la 82ª reunión, el Comité Ejecutivo decidió instar a la ONUDI a que devolviera a la 83ª reunión los saldos restantes del proyecto regional de Europa y Asia Central (EAC) para la gestión de desechos y destrucción de SAO, conforme a la decisión 79/18 d); e instó al PNUD a que presentase el informe final del proyecto de demostración sobre gestión de desechos y destrucción de SAO en Cuba, que se había terminado en 2015, cuanto antes y a más tardar en la 83ª reunión (decisión 82/41 c) y d) ii)).

Cuba: Proyecto piloto de demostración sobre la gestión de desechos y destrucción de SAO - informe final (PNUD)

9. El PNUD, en calidad de organismo de ejecución designado, presentó el informe final sobre la ejecución del proyecto piloto de demostración en la gestión de desechos y destrucción de SAO en Cuba, conforme a la decisión 82/41 d) ii). El informe detallado se adjunta como Anexo II del presente documento.

10. El proyecto para Cuba proponía eliminar 45,3 toneladas métricas (tm) de desechos de SAO que ya habían sido recogidos⁴ mediante el programa gubernamental de energía,⁵ y demostrar una manera eficaz en función de los costos de recoger, almacenar y destruir las SAO no deseadas usando un horno de cemento.

11. El informe final proporcionó los detalles de ejecución del proyecto; el fortalecimiento del sistema nacional para recoger los refrigerantes, en particular los lineamientos para recoger y transportar esas sustancias recuperadas; y el diseño y la construcción de instalaciones para destrucción de residuos.

12. El proyecto informó que Cuba había recogido y acumulado desechos de SAO a través de los talleres locales, donde las SAO recogidas se mandaban a centros municipales y los centros designados más grandes situados en las ciudades principales y provincias las acumulaban. Posteriormente los refrigerantes recuperados se pesaban, identificaban y se segregaban en material reciclable y desechable.

13. Las sustancias identificadas para destrucción se transportaban usando un camión especializado diseñado y equipado con instrumentos apropiados (por ej., cisternas con válvulas de seguridad, indicadores de presión, válvula de drenaje de aceite, boca de limpieza; máquinas para transferir y recuperar gran capacidad de refrigerantes) a los centros de almacenamiento y eventualmente a las instalaciones de destrucción. Todo el proceso se registró en diarios de operación.

14. La tecnología seleccionada para la destrucción de SAO no deseadas implica un horno de cemento rotatorio que emplea un proceso húmedo. Las instalaciones (Fábrica de Cemento Siguaney) debieron modificarse, como la automatización de la línea de quemadores de gas con el horno existente, la instalación de un nuevo panel de control y las líneas de suministro de aire, combustible y agua, y un puerto de alimentación para el gas residual. Se realizaron obras civiles para un almacén destinado a cilindros refrigerantes y otros equipos, y se instaló un sistema de prevención de incendios. El proyecto estuvo sujeto a la autorización ambiental dada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

³ UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/21.

⁴ UNEP/OzL.Pro/ExCom/62/28.

⁵ Bajo el programa de energía, entre 2005 y 2010, el gobierno desarmó más de 2,7 millones de refrigeradores y 276.000 aparatos de aire acondicionado, de 20 a 60 años como promedio, y los sustituyó por unidades ecoenergéticas.

15. Las instalaciones tenían una capacidad nominal de destrucción de 10 toneladas/año. Desde 2015 hasta 2016 y en 2018 se destruyó un total de 1 745 tm de SAO (es decir, 0,268 tm de CFC-11, 1,262 tm de CFC-12 y 0,215 tm de HCFC-22); en 2017 no hubo destrucción de SAO.

16. Una de las dificultades identificadas durante la ejecución del proyecto fue encontrar la manera de transportar el refrigerante recuperado a los centros más grandes y a las instalaciones de destrucción. Esto requirió el diseño y la adquisición de un vehículo especializado (es decir, un taller móvil) con características específicas. Otras dificultades fueron: la falta de capacidad de los talleres más pequeños para recoger los refrigerantes; el retraso en la recuperación y transporte de gases refrigerantes; el retraso en la importación y la instalación posterior de los equipos requeridos para las instalaciones de destrucción; y la capacitación adicional necesaria para que los operadores del horno se adaptasen a los controles automáticos recientemente instalados del sistema de destrucción montado. Asimismo, hubo retrasos en el proceso de destrucción, causado por averías inesperadas en la planta, problemas de suministro de agua debido a la severa sequía ocurrida en el área, y averías en la planta debido a la falta de piezas de repuesto.

17. Las lecciones aprendidas durante la ejecución de proyecto incluyeron la importancia de la coordinación entre las diversas instituciones implicadas, la supervisión del progreso de las tareas y la resolución rápida de los problemas que se presentan para evitar retrasos en la ejecución del proyecto; la planificación anticipada de arreglos logísticos para el transporte de los desechos recogidos de SAO a las instalaciones de destrucción; y la consideración de posibles dificultades y retrasos al seleccionar fábricas más viejas y existentes para utilizarlas como instalaciones potenciales de destrucción de SAO.

Observaciones de la Secretaría

18. El proyecto propuso eliminar 45,3 tm de desechos de SAO recogidas mediante el programa gubernamental de energía; sin embargo, sólo se destruyó 1,75 tm. Esto se debió a una combinación de factores relacionados con las dificultades surgidas al comienzo de las operaciones de las instalaciones de destrucción. Además, el bajo nivel de producción de la fábrica de cemento limitó la cantidad de desechos de SAO que podría destruirse.⁶ Actualmente la planta funciona y se espera que continúe con la destrucción de los desechos de las SAO restantes, recogidas bajo el programa de energía que hoy día están almacenadas en un depósito del Ministerio del Comercio Interior.

19. Al aclarar el enfoque utilizado para supervisar y verificar las cantidades de SAO que se destruyeron en las instalaciones, el PNUD explicó que no se elaboró ningún nuevo sistema de supervisión, sino que la empresa misma registró las cantidades de desechos de SAO que se cargaron en el horno y confirmó su destrucción calculándola mediante la producción de cemento resultante. Esta cantidad se informó a la Dependencia Nacional del Ozono para que la registrase. El PNUD también aclaró que tampoco se calculó ni se verificó la eficacia de la destrucción y del retiro de residuos del depósito seleccionado.

20. Además, el PNUD explicó que no se realizó la prueba de las emisiones de la acumulación del horno de cemento, dado que los laboratorios identificados que podían analizar estas emisiones no estaban dispuestos a trabajar en el país o no podían funcionar en Cuba debido al bloqueo económico. Debido a la edad del horno de cemento, tampoco se instaló una plataforma de muestreo, lo que dificultó la recopilación de muestras.

21. Con respecto a la sostenibilidad de la destrucción de SAO en el país como resultado del proyecto piloto, el PNUD informó que el proyecto contribuyó a cerrar el ciclo de vida de las SAO, dando al país una sólida opción ambiental para la eliminación de los residuos de esas sustancias. Los resultados del proyecto piloto revelaron las dificultades que tienen los países con poco volumen de consumo de sostener la

⁶ Puede inyectarse una cantidad máxima de 0,1 kilogramo por tonelada de cemento, lo que garantiza la destrucción completa del gas.

destrucción de SAO, debido a las pequeñas cantidades de desechos que se recogen; no obstante, también proporcionaron una oportunidad para que el país modifique un horno de cemento que se podría utilizar para la destrucción de SAO en el futuro, cuando el flujo de desechos estuviera disponible.

Recomendación

22. El Comité Ejecutivo podría:

- a) Tomar nota del informe final sobre el proyecto piloto de la gestión de desechos y destrucción de SAO en Cuba, según lo presentado por el PNUD y que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Pedir a los organismos de ejecución y bilaterales que apliquen, donde proceda, los resultados y las recomendaciones del proyecto piloto de demostración de la gestión de desechos y destrucción de SAO en Cuba.

PARTE III: USO TEMPORAL DE UNA TECNOLOGÍA CON ELEVADO POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS APROBADOS

23. De conformidad con la decisión 74/20, los organismos bilaterales y de ejecución informaron a la 83ª reunión sobre la situación del uso temporal de la tecnología con elevado potencial de calentamiento atmosférico en el Brasil, Cuba, el Líbano y Trinidad y Tabago, como se describe en la presente sección. Egipto e Indonesia también informaron del uso temporal de alternativas con elevado potencial de calentamiento atmosférico, que se examinará en la Parte IV, junto con otras cuestiones relacionadas con sus planes de gestión de eliminación de HCFC.

Brasil: Uso temporal de sistemas de polioles de hidrofluorocarburos (HFC) con elevado potencial de calentamiento atmosférico (etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC) (PNUD y el Gobierno de Alemania)

Antecedentes

24. En la 80ª reunión, el PNUD presentó el informe sobre la marcha de las actividades anual relativo a la ejecución del programa de trabajo relacionado con el quinto tramo del plan de gestión de eliminación de HCFC para el Brasil⁷ ⁸. El PNUD explicó que los dos proveedores de sistemas (Shimtek y U-Tech) habían solicitado el uso temporal de sistemas de polioles de HFC con elevado potencial de calentamiento atmosférico, dado que aún no se disponía de hidrofluoroolefinas (HFO) a escala comercial en el país. Ambos proveedores de sistemas habían firmado un compromiso para suspender el uso temporal de mezclas de HFC, una vez que estuviesen disponibles en el mercado las hidrofluoroolefinas, y los sistemas se habían desarrollado y optimizado sin ningún costo adicional para el Fondo Multilateral.

25. Tras un examen, el Comité Ejecutivo pidió al PNUD que siguiese prestando asistencia al Shimtek y al U-Tech para garantizar la oferta de las tecnologías alternativas seleccionadas, en el entendimiento de que no se pagaría ningún costo adicional de explotación hasta que no se hubiese introducido por completo la

⁷ El quinto y último tramos de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC se aprobaron en la 75ª reunión, por un costo total de 2 035 094 \$ EUA, que consta de 1 470 700 \$ EUA, más gastos de apoyo al organismo por valor de 110 313 \$ EUA para el PNUD, y 409 091 \$ EUA, más gastos de apoyo al organismo por valor de 45 000 \$ EUA para Alemania.

⁸ UNEP/OzL.Pro/ExCom/80/34.

tecnología alternativa seleccionada originalmente u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico. Asimismo, se pidió al PNUD que informara, en cada reunión, sobre la situación del uso de la tecnología provisional seleccionada por los proveedores de sistemas, hasta la plena introducción de la tecnología seleccionada originalmente u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico (decisión 80/12(e)), junto con información actualizada de los proveedores sobre los progresos realizados para garantizar la disponibilidad comercial en el país de las tecnologías seleccionadas, incluidos los componentes conexos (decisión 81/9(b)).

26. De conformidad con las decisiones 80/12(e) y 81/9(b), el PNUD ha informado de que Shimtek ha dejado de utilizar HFC y que ha optado por una tecnología del agua en sustitución del uso de hidrofluoroolefinas por la producción de espumas flexibles, utilizando sus propios recursos para los ajustes necesarios en las formulaciones. La empresa informó de que el costo elevado de HFO en el mercado nacional seguía siendo el principal obstáculo para sistemas de producción a precios competitivos.

27. El U-Tech sigue utilizando temporalmente el HFC-134a en la producción del sistema de espumas, ya que las pruebas iniciales con la tecnología alternativa con bajo potencial de calentamiento atmosférico no dieron resultados satisfactorios, con problemas persistentes en la estabilidad y reactividad del sistema. Tras la espera del suministro de muestras de la HFO-1234ze, de marzo a septiembre de 2018 para pruebas adicionales, la empresa decidió importar directamente dichas muestras, sin la mediación del proveedor de hidrofluoroolefinas. En la actualidad, las muestras son objeto del despacho de aduanas. El U-Tech informó de que el proceso de adquisición de muestras había planteado grandes dificultades, con solo un proveedor de HFO en el mercado. El proveedor de sistemas reafirmó igualmente que el panorama actual de los costos de HFO gaseosos hacía inviable la sustitución en ese segmento del mercado para la empresa.

Observaciones de la Secretaría

28. La Secretaría toma nota de los esfuerzos realizados por el PNUD y los dos proveedores de sistemas para garantizar una oferta de agentes espumantes con bajo potencial de calentamiento atmosférico. Por lo que respecta al Shimtek, la Secretaría toma nota de que la cuestión se resolvió mediante la introducción de la tecnología del agua, que puede utilizarse en aplicaciones de espumas flexibles (subsector abordado por el Shimtek en la etapa I). El proveedor de sistemas ha sufragado el costo adicional de la reformulación del sistema.

29. Tomando nota de que el Shimtek no había podido introducir la HFO-1233zd(E) en la etapa I, y de que en la etapa II estaba previsto que varios proveedores de sistemas (Shimtek, U-Tech, Comfibras, Basf y Dow) introdujesen HFO en múltiples aplicaciones en un gran número de usuarios posteriores, la Secretaría preguntó cómo se estaba abordando dicha cuestión. El PNUD señaló que, en la etapa II, los proveedores de sistemas estaban manifestando su interés por trabajar con varias opciones tecnológicas (formiato de metilo, dimetoximetano, HFO y tecnología del agua), a fin de satisfacer mejor las necesidades específicas de sus clientes. El PNUD también prevé que un consumo de HFO a mayor escala facilitaría una mejor relación costo-beneficio a largo plazo.

30. Por lo que respecta al U-Tech, el PNUD informó de que el precio de las muestras de la HFO-1234ze adquiridas era \$ EUA 22,00/kg, sin contar los costos de importación directa y de despacho de aduanas; dichos costos podrían hacer inviable la participación continua del U-Tech en ese segmento (sistema de espumas) del mercado. El PNUD sigue analizando la situación con el proveedor de sistemas.

31. A fin de entender mejor esa cuestión, la Secretaría pidió al PNUD que también proporcionara los precios/kg de otros agentes espumantes (esto es, del HCFC-141b, el HFC-245fa, el HFC-134a y el HFO-1233zd(E)) para usuarios de espumas de los tres últimos años (o el costo de las muestras, en caso de que todavía no estuviesen disponibles en el mercado). El PNUD señaló que no se disponía de tal información,

ya que la Dependencia Nacional del Ozono no la tenía, y que los proveedores de sistemas se mostraban reacios a compartirla.

32. El PNUD seguirá informando sobre otros progresos realizados por el U-Tech, de conformidad con la decisión 80/12(e).

Recomendación de la Secretaría

33. El Comité Ejecutivo tal vez desee:

- a) Tomar nota con reconocimiento del informe presentado por el PNUD, así como los esfuerzos realizados para facilitar la oferta de la tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA) a los proveedores de sistemas Shimtek y U-Tech, financiada en la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC para el Brasil, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- b) Tomar nota de la introducción de la tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico por el proveedor de sistemas Shimtek; y
- c) Pedir al PNUD que siga prestando asistencia al Gobierno del Brasil para garantizar la oferta de tecnologías alternativas con bajo potencial de calentamiento atmosférico al proveedor de sistemas U-Tech, en el entendimiento de que no se pagará ningún costo adicional de explotación hasta la plena introducción de la tecnología seleccionada originalmente u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico, y que presente un informe sobre la situación de su conversión en cada reunión del Comité Ejecutivo hasta la plena introducción de la tecnología seleccionada originalmente u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico, junto con información actualizada por parte de los proveedores sobre los progresos realizados para garantizar que en el mercado del país se dispone de las tecnologías seleccionadas, incluidos los componentes conexos.

Cuba: Uso temporal de una tecnología con elevado potencial de calentamiento atmosférico por empresas que han procedido a su conversión a la tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico (etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC) (PNUD)

Antecedentes

34. En la 77ª reunión, el Gobierno de Cuba presentó una solicitud de aprobación del tercer tramo de la etapa I de su plan de gestión de eliminación de HCFC ⁹, señalando que, a pesar de que dos empresas de espumas de poliuretano (en particular, Friarc e IDA) habían recibido asistencia para su conversión a la tecnología de espumación acuosa (una tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico), en la actualidad, estaban utilizando, con carácter temporal, una mezcla del HFC-365mfc y el HFC-227ea (una tecnología con elevado potencial de calentamiento atmosférico), dado que la tecnología seleccionada originalmente no estaba disponible y no proporcionaba el rendimiento de aislamiento requerido.

35. Tras examinar la cuestión, el Comité Ejecutivo pidió al PNUD que siguiera prestando asistencia al Gobierno para garantizar la oferta de la tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico y que informara sobre la situación del uso de la tecnología provisional en cada reunión hasta la plena introducción de la tecnología seleccionada originalmente u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico y la conversión de las empresas (decisión 77/50(b)), junto con un análisis detallado de los costos adicionales

⁹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/77/39.

de capital y de los costos adicionales de explotación, en caso de utilizarse una tecnología distinta a la seleccionada cuando se había aprobado el proyecto, así como información actualizada, por parte de los proveedores, sobre los progresos realizados para garantizar que las tecnologías seleccionadas, incluidos los componentes conexos, estuviesen disponibles en el mercado del país (decisión 81/10(b)).

36. De conformidad con las decisiones 77/50(b) y 81/10(b), el PNUD informó de que un proveedor regional de sistemas había suministrado sistemas de HFO para ensayos realizados en ambas empresas en noviembre de 2018. Puesto que la primera serie de ensayos no había dado resultados satisfactorios, el proveedor había efectuado recientemente una visita a Cuba con el propósito de realizar una segunda serie de ensayos. Por lo que respecta a Friarc, la empresa había utilizado más isocianato del requerido en la primera serie de ensayos; no obstante, el 26 de marzo de 2019, se realizó con éxito una segunda serie de ensayos en presencia del proveedor. En cuanto a la empresa IDA, ambos ensayos fueron insatisfactorios, debido a problemas con el polirol, que al parecer presentaba problemas de estabilidad. El proveedor enviará nuevas muestras para otros ensayos. Entretanto, las empresas siguen utilizando un agente espumante con elevado potencial de calentamiento atmosférico.

Observaciones de la Secretaría

37. La Secretaría toma nota de los esfuerzos realizados por el PNUD para prestar asistencia a las dos empresas en Cuba, con el fin de garantizar una oferta de agentes espumantes con bajo potencial de calentamiento atmosférico. La Secretaría preguntó por la oferta y el costo de la HFO-1233zd(E), teniendo en cuenta de que una vez que se hubiese probado que la alternativa era técnicamente viable, también debería estar disponible en el mercado y ser asequible; no obstante, aún no se dispone de información sobre los precios de los sistemas de HFO en Cuba. La Secretaría preguntó asimismo por el precio/kg de los agentes espumantes que se estaban utilizando temporalmente (mezcla de los HFC-227ea/HFC-365mfc), pero aún no había recibido esa información al momento de la publicación del presente documento.

Recomendación de la Secretaría

38. El Comité Ejecutivo tal vez desee:

- a) Tomar nota con reconocimiento del informe presentado por el PNUD, así como de los esfuerzos realizados para facilitar la oferta de la tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico a las empresas Friarc e IDA, financiada en el marco de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC para Cuba, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Pedir al PNUD que siga prestando asistencia al Gobierno de Cuba para garantizar la oferta de la tecnología alternativa con bajo potencial de calentamiento atmosférico y que presente a la 84ª reunión un informe sobre la situación de la conversión de las dos empresas citadas en el apartado a), que incluya, en caso del uso de una tecnología distinta a la seleccionada a la hora de aprobarse el proyecto, un análisis detallado de los costos adicionales de capital y los costos adicionales de explotación, junto con información actualizada por parte de los proveedores sobre los progresos realizados para garantizar que se disponía de las tecnologías seleccionadas en el mercado del país, incluidos los componentes conexos.

Líbano: Uso de tecnología provisional (etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC – Informe sobre la marcha de las actividades) (PNUD)

Antecedentes

39. En nombre del Gobierno del Líbano, el PNUD, en calidad de organismo de ejecución, ha presentado un informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución de las conversiones en cinco empresas de los sectores de fabricación de espumas, refrigeración y unidades de aire acondicionado, en el marco de la etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC, de conformidad con las decisiones 82/25(b)(i)¹⁰ y (ii).¹¹

Informe sobre la marcha de las actividades

40. El PNUD informó de que se habían finalizado las conversiones en Iceberg¹² y en Frigo Liban,¹³ con la consecuente eliminación de 1,61 toneladas PAO del HCFC-22 y 1,54 toneladas PAO del HCFC-141b. La conversión en la UNIC al HFC-32 se inició en abril de 2019, y se prevé su finalización para diciembre de 2019, con la consecuente eliminación de 0,88 toneladas PAO del HCFC-22. En cuanto a las otras dos empresas, CGI Halawany e ICR, siguen en curso las negociaciones con las empresas para la introducción de la tecnología del HFC-32. Se prevén las conversiones de esas dos empresas para fines de 2020.

41. El PNUD informó además de que las asignaciones de fondos para las empresas de acondicionamiento de aire y de espumas coincidían con las asignaciones de fondos revisadas a nivel de empresa, de conformidad con lo presentado a la 81ª reunión, cuando se aprobó el segundo tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC. El Gobierno del Líbano y el PNUD dieron seguimiento a esas asignaciones, con el fin de garantizar la conversión rentable de todo el sector en el marco de la financiación general convenida, y confirmaron que se devolvería al Fondo Multilateral los fondos restantes al término de las conversiones.

42. El plan sectorial de espumas de la etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC comprendía la asistencia técnica para la conversión de once pequeñas y medianas empresas (PYMES), mediante la utilización de 37,9 toneladas métricas (4,17 toneladas PAO) del HCFC-141b para el aislamiento en la producción de calentadores solares y calentadores eléctricos. El PNUD informó de que, en lo referente a la conversión de espumas, la falta de disponibilidad constante de sistemas de HFO en el mercado seguía siendo un desafío, especialmente para las pequeñas empresas. El Gobierno está estudiando otros agentes espumantes con bajo potencial de calentamiento atmosférico que podrían facilitar la conversión de todas las aplicaciones/empresas de espumas restantes (SPEC, Prometal y el sector de calentadores solares y eléctricos) de manera rentable y sostenible. No obstante, en vista de que la prohibición al HCFC-141b entrará en vigor en enero de 2020, la falta de tecnologías alternativas con bajo potencial de calentamiento atmosférico a escala comercial en el mercado local ha obligado al Gobierno a contemplar también el posible uso provisional de

¹⁰ Pedir al PNUD que siga prestando asistencia al Gobierno del Líbano para garantizar la oferta de la tecnología alternativa con bajo potencial de calentamiento atmosférico, y que presente un informe sobre la situación de la conversión de Iceberg SARL y CGI Halawany en cada reunión, hasta la plena introducción de la tecnología seleccionada originalmente u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico, junto con información actualizada por parte de los proveedores sobre los progresos realizados para garantizar que las tecnologías seleccionadas, incluidos los componentes conexos, estén disponibles en el mercado del país.

¹¹ Pedir al PNUD que informe a la 83ª reunión sobre los progresos realizados y la situación relativa a la ejecución de la conversión, incluida la distribución de la financiación, en las empresas restantes: Frigo Liban, UNIC, CGI Halawany e Industrial & Commercial Refrigerators (ICR).

¹² La empresa había procedido a la eliminación de 0,69 toneladas PAO del HCFC-22 y de 1,54 toneladas PAO del HCFC-141b, así como a la conversión a las tecnologías alternativas del HFC-32 y el HFC-365mfc, respectivamente, utilizándose esta última como tecnología de sustitución provisional.

¹³ Se realizó la conversión de la empresa a la tecnología del HFC-32 y la eliminación de 0,92 toneladas PAO del HCFC-22.

agentes espumantes de HFC, a fin de completar la eliminación del HCFC-141b en las empresas de espumas restantes. En la 81ª reunión, se informó sobre una situación similar, respecto de una empresa del sector de fabricación de unidades de aire acondicionado que utilizaba el HFC-365mfc, como agente espumante para la conversión del componente de espumas.

43. El Gobierno del Líbano también expresó su preocupación respecto al uso de sistemas de HFO premezclados en las pequeñas empresas cuando estos estuviesen disponibles, ya que en las consultas con los expertos en espumas se había revelado que esos sistemas necesitarían catalizadores y estabilizadores especiales, los cuales eran muy costosos.

Observaciones de la Secretaría

44. La Secretaría tomó nota de los esfuerzos realizados por el PNUD para prestar asistencia a las empresas de espumas restantes, especialmente las pequeñas empresas, con el fin de estudiar otras alternativas de espumación con bajo potencial de calentamiento atmosférico, ante las continuas dificultades para obtener HFO. Se pidió al PNUD que garantizara que, cuando se utilizase opciones con elevado potencial de calentamiento atmosférico (por ej., el HFC-245fa), se informase en consecuencia al Comité Ejecutivo. Se reiteró que, debido a la prohibición al uso y a la importación del HCFC-141b, que entraría en vigor en enero de 2020, las empresas se veían obligadas a su conversión a una tecnología exenta de SAO, tan pronto como fuera posible.

45. En lo referente a Iceberg, que había finalizado su conversión en 2017, el PNUD informó de que había seguido utilizando el HFC-365mfc para aislantes de espuma, conforme con los desafíos que planteaba la falta de sistemas de hidrofuroolefinas en el mercado local. El PNUD confirmó asimismo que la empresa se había comprometido a efectuar la conversión a sistemas de HFO u otras alternativas con bajo potencial de calentamiento atmosférico para espumas aislantes, utilizando sus propios recursos cuando estos estuviesen disponibles.

46. Se tomó nota de que el PNUD y el Gobierno del Líbano seguirían supervisando la asignación de fondos para cada empresa, y que la asignación a nivel de empresa revisada, convenida en la 81ª reunión, se utilizaría para acuerdos con las empresas. El PNUD confirmó que, una vez finalizada la conversión de esas empresas, cualquier saldo se devolvería al Fondo, de conformidad con la decisión 81/50.

Recomendación de la Secretaría

47. El Comité Ejecutivo tal vez desee:

- a) Tomar nota del informe presentado por el PNUD y el Gobierno del Líbano, en el que se describen los desafíos continuos que enfrenta el Gobierno para contar con tecnologías alternativas con bajo potencial de calentamiento atmosférico en el mercado (esto es, HFO), así como de los esfuerzos realizados por el Gobierno del Líbano y el PNUD para facilitar la oferta de la tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico para las empresas, financiada en el marco de la etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC para el Líbano, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Pedir al PNUD que siga prestando asistencia al Gobierno del Líbano para garantizar la oferta de la tecnología alternativa con bajo potencial de calentamiento atmosférico, y que informe a la 84ª reunión sobre la situación de la conversión de las empresas beneficiarias restantes, tanto en el sector de fabricación de espumas como en el sector de fabricación de unidades de aire acondicionado, incluidas las pequeñas empresas de espumas, en cada reunión, hasta la plena introducción de la tecnología seleccionada originalmente u otra

tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico, junto con información actualizada por parte de los proveedores sobre los progresos realizados para garantizar que las tecnologías seleccionadas, incluidos los componentes conexos, estén disponibles en el mercado del país.

Trinidad y Tabago: Plan de gestión de eliminación de HCFC (etapa I, cuarto tramo) (PNUD)

Antecedentes

48. En la 81ª reunión, el PNUD informó de que una de las empresas en el sector de espumas estaba utilizando un agente espumante distinto al que había aprobado el Comité Ejecutivo. Posteriormente, el Comité Ejecutivo instó al PNUD a que presentara a la 82ª reunión un informe de situación sobre el uso de formiato de metilo y el agente espumante alternativo que se estaba utilizando, en el marco de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC, en la empresa que recibía asistencia del Fondo Multilateral (decisión 81/52(b)). En la 82ª reunión, el PNUD informó de que, debido a que no se había podido programar la misión de expertos, no fue posible proporcionar información actualizada sobre la situación del uso de la sustancia en la empresa. En vista de ello, el Comité Ejecutivo instó al PNUD a que proporcionara el informe citado anteriormente en la 83ª reunión (decisión 82/26).

49. De conformidad con las decisiones 81/52(b) y 82/26, el PNUD, en nombre del Gobierno de Trinidad y Tabago, informó de que había emprendido una misión en ese país para examinar la ejecución del proyecto. En el Cuadro 2 se proporciona un resumen de la lista de empresas y la situación relativa a la adopción de tecnologías alternativas en el sector de espumas; la financiación de la etapa I se traducirá en la eliminación total del consumo admisible restante de 2,5 toneladas PAO del HCFC-141b en el país.

Cuadro 2. Resumen de la situación de la conversión de las empresas de espumas en Trinidad y Tabago, a partir de abril de 2019

Empresa	Fondos aprobados (\$ EUA)	Opción tecnológica	Información actualizada
Ice Con	43 900	Formiato de metilo	La empresa ha decidido retirarse del proyecto debido a cambios en la dirección, y suspenderá sus operaciones comerciales en las aplicaciones de espumas. El proyecto se cancelará, y los fondos restantes, estimados en 20 000 \$ EUA, se devolverán después de finalizados los procedimientos administrativos y financieros.
Ice Fab	31 900	Formiato de metilo	Adquisición de equipos para la conversión a la tecnología de formiato de metilo.
Seal Sprayed Solutions (Seal)	30 500	Formiato de metilo	Uso de formiato de metilo/agua, que se ofrece a los clientes como sistema normalizado. En los proyectos en los que se solicite expresamente el uso de agentes espumantes de HFO, se utilizarán estos últimos.
Tropical Marine	31 900	Agua	Uso de la alternativa seleccionada
Vetter	35 600	Formiato de metilo	Uso de la alternativa seleccionada
Total	173 800		

Observaciones de la Secretaría

50. La Secretaría pidió al PNUD que devolviera los saldos no utilizados de Ice Con, estimados en 20 000 \$ EUA, a la 83ª reunión, ya que se había propuesto la cancelación del proyecto. No obstante, el

PNUD mencionó que podían devolverse los fondos solamente cuando se hubiese presentado el tramo siguiente, tras completar los procedimientos administrativos y de cierre financiero.

51. La Secretaría tomó nota con preocupación de que Seal utilizaba el agente espumante de HFC para proyectos específicos, y que mantenía conversaciones con el PNUD sobre las razones tras las especificaciones de agentes espumantes de HFC en algunas órdenes. El PNUD informó de que no tenía pleno conocimiento de las razones asociadas a las órdenes de compra con agentes espumantes específicos; las empresas debían ofrecer productos conformes con las demandas de los consumidores y, en consecuencia, Seal utilizará HFC como agente espumante, cuando los clientes lo soliciten explícitamente. El PNUD mencionó también que los proveedores de sistemas internacionales facilitaban sistemas de HFC, y que estos eran idóneos para las aplicaciones de espumas en aerosoles en los mercados. De conformidad con la decisión 77/35(b), se insta al PNUD a que preste asistencia al Gobierno de Trinidad y Tabago para la adopción de medidas, de ser posible, para facilitar la introducción de la tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico en las aplicaciones abarcadas en el sector y/o subsector respectivo.

Recomendación de la Secretaría

52. El Comité Ejecutivo tal vez desee:

- a) Tomar nota del informe presentado por el PNUD sobre la situación del uso de diferentes tecnologías y los desafíos enfrentados por las empresas que adoptan agentes espumantes con bajo potencial de calentamiento atmosférico, y que han recibido asistencia en el marco de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC en Trinidad y Tabago, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- b) Tomar nota además de que el PNUD devolverá los saldos no utilizados de Ice Con después de finalizar los procedimientos administrativos y financieros necesarios para la cancelación del proyecto, cuando se presente el tramo siguiente; y
- c) Pedir al PNUD que siga prestando asistencia al Gobierno de Trinidad y Tabago para garantizar la oferta de la tecnología alternativa con bajo potencial de calentamiento atmosférico, y que presente a la 84ª reunión un informe sobre la situación de la conversión de la tecnología propuesta.

PARTE IV: INFORMES RELACIONADOS CON LOS PLANES DE GESTIÓN DE ELIMINACIÓN DE LOS HCFC

53. Esta parte consiste en los Informes sobre la marcha de las actividades correspondientes a las etapas I o II de los planes de gestión de eliminación de los HCFC para Bahamas, Bangladesh, Egipto, Guinea Ecuatorial, Honduras, India, Indonesia, República Islámica del Irán, Jordania, Maldivas, Macedonia del Norte, Suriname y Túnez.

Bahamas: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - tercer tramo) (PNUMA)

Antecedentes

54. En su 80ª reunión, el Comité Ejecutivo estudió el pedido del tercer tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Bahamas. Observó que la Secretaría había destacado las inquietudes sobre seguridad asociadas al uso del R-22a, un refrigerante inflamable, para el acondicionamiento de aparatos que utilizan HCFC-22, y que el PNUMA realizaría un estudio para explorar las mejores opciones disponibles.

A la luz de lo anterior, el Comité Ejecutivo pidió al PNUMA que en la 82ª reunión proporcionase una actualización de los resultados del estudio sobre la exploración de las mejores opciones disponibles para que el proyecto piloto evalúe, supervise y adapte dos sistemas de acondicionamiento de aire (decisión 80/62 b)). Dado que el PNUMA no suministró el informe sobre el estudio en la 82ª reunión, el Comité Ejecutivo instó al PNUMA a que en la 83ª reunión proporcionase una actualización en los resultados de estudio antedicho, conforme a la decisión 80/62 b) (decisión 82/27).

Observaciones de la Secretaría

55. La Secretaría tomó nota con inquietud de que la actualización de los resultados del estudio no estaba disponible para consideración por la 83ª reunión.

56. El PNUMA explicó que en 2018 se identificó al consultor y en febrero de 2019 se realizó una misión; actualmente se estaba elaborando la versión final del documento. Una vez concluido, el informe se presentará a la Secretaría.

Recomendación de la Secretaría

57. El Comité Ejecutivo podría instar al PNUMA a que en la 84ª reunión proporcione un informe final actualizado sobre los resultados del estudio de exploración de las mejores opciones disponibles para que el proyecto piloto evalúe, supervise y adapte dos sistemas de aire acondicionado bajo la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Bahamas.

Bangladesh: ¹⁴ Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I –Informe final sobre la marcha de las actividades) (PNUD y PNUMA)

58. En nombre del gobierno de Bangladesh, el PNUD, en calidad de organismo de ejecución principal, presentó el Informe final sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del programa de trabajo asociado a la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC,¹⁵ conforme a la decisión 82/28 b).

59. Desde el punto de vista operacional la etapa I se terminó el 31 de marzo de 2019, y el informe de terminación de proyecto se presentó el 1 de abril de 2019; no se requiere ninguna otra presentación de informes.

Consumo de HCFC

60. El consumo general de los HCFC notificado en 2018 en el informe de ejecución del programa de país es 46,78 toneladas PAO, lo que está ocho por ciento por debajo de las 50,86 toneladas PAO admisibles para ese año en el Acuerdo firmado entre el gobierno y el Comité Ejecutivo, y el 35 por ciento por debajo de la base establecida de 72,65 toneladas PAO.

Informe sobre la marcha de las actividades

61. Las siguientes actividades se ejecutaron en la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC:

¹⁴ La etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC para Bangladesh se aprobó en la 65ª reunión por un total de 1 556 074 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 136 231 \$EUA para reducir el consumo de HCFC en un 30 por ciento en 2018.

¹⁵ En la 80ª reunión se aprobaron el tercer y el cuarto tramos (final) combinados de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC por un monto de 35 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 4 550 \$EUA para el PNUMA.

- a) Enmienda de las Reglamentaciones para el control de las sustancias que agotan la capa de ozono (2004) en 2014 para prohibir las importaciones y la fabricación de productos que utilizan HCFC-141b a granel; establecimiento de un sistema de licencias y cuotas para los HCFC; capacitación de 249 oficiales de aduanas y responsables de aplicar el control y las reglamentaciones a las importaciones de HCFC; reunión temática sobre la supervisión y el control del comercio de SAO con los representantes de aduanas, dependencias nacionales del ozono y seguridad de fronteras de cinco países limítrofes (Bhután, China, India, Myanmar y Nepal); suministro de cinco identificadores de refrigerantes en los puntos de acceso aduaneros;
- b) Eliminación de 20,20 toneladas PAO (183,70 mt) de HCFC-141b utilizado en la fabricación de espumas aislantes para equipos de refrigeración después de terminada la conversión en Walton Hi-Tech Industries Limited¹⁶ en 2014;
- c) Capacitación de 105 instructores y de 3 944 técnicos en prácticas idóneas de mantenimiento con la cooperación de la Asociación de Comerciantes de Equipos de Refrigeración y Aire Acondicionado de Bangladesh (BRAMA, por su sigla en inglés); inclusión de las cuestiones técnicas relacionadas con la eliminación de SAO en los planes de estudios nacionales de instituciones politécnicas y de formación profesional, en colaboración con la Dirección de Educación Técnica y la Junta de Educación Técnica; folleto y vídeo de capacitación en prácticas idóneas de mantenimiento producidos en idioma local; y
- d) Aumento de las actividades de sensibilización, inclusive las celebraciones del Día del Ozono, distribución de 7 500 artículos de los materiales de sensibilización, inclusive la Herramienta de Referencia Rápida y Manual de Capacitación, manual del PNUMA de capacitación y dos vídeos de promoción de refrigerantes alternativos con cero SAO y bajo potencial de calentamiento atmosférico.

62. La Unidad del Ozono de Bangladesh, presidida por el Director General del Departamento de Medio Ambiente tuvo a su cargo la ejecución y supervisión del proyecto. Un Comité nacional técnico sobre las sustancias que agotan la capa de ozono supervisó las actividades de la Unidad del Ozono.

Desembolsos de fondos

63. En marzo de 2019, de los 1 556 074 \$EUA aprobados, se habían desembolsado 1 545 405 \$EUA, como se indica en el Cuadro 3. Conforme a la decisión 82/28 b), el saldo restante de 11 856 \$EUA (3 628 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 272 \$EUA, para el PNUD, y de 7 041 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 915 \$EUA, para el PNUMA) se devolverán a la 84ª reunión.

Cuadro 3. Informe financiero de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Bangladesh

Organismo	Aprobado (\$EUA)	Desembolsado (\$EUA)	Índice de desembolsos (%)
PNUD	1 201 074	1 197 446	99,7
PNUMA	355 000	347 959	98,0
Total	1 556 074	1 545 405	99,3

¹⁶ Aprobado en la 62ª reunión (decisión 62/31) e incluido en la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC.

Observaciones de la Secretaría

64. La Secretaría tomó nota de que el PNUD y el PNUMA habían terminado las actividades previstas para la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Bangladesh, conforme al plan de trabajo revisado y presentado en la 82ª reunión. La terminación de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Bangladesh había eliminado un total de 24,53 toneladas PAO de los HCFC (es decir, 20,20 toneladas PAO de HCFC-141b proveniente de la conversión de Walton Hi-Tech Industries Limited en la fabricación de espumas aislantes; 3,48 toneladas PAO de HCFC-22, 0,57 tonelada PAO de HCFC-141b, 0,21 tonelada PAO de HCFC-123, y 0,07 tonelada PAO de HCFC-124 utilizados en el sector de servicios).

65. El gobierno se comprometió a asegurar la sostenibilidad de la eliminación alcanzada como resultado de conversión de Walton Hi-Tech Industries Limited, la prohibición del uso y las importaciones de HCFC-141b desde 2014, y la supervisión frecuente del uso del ciclopentano en las operaciones de la empresa. Con respecto a la sostenibilidad del programa de capacitación para los técnicos y los oficiales de aduanas, el PNUD informó que estas actividades también se ejecutan en la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC con la cooperación de BRAMA, que es el principal asociado de capacitación para los técnicos en servicios del país. Además, la Dependencia Nacional del Ozono trabaja asimismo con el Ministerio de Educación para asegurar que todos los planes de estudios de capacitación formen parte integral del programa de educación de formación profesional del país. Para la capacitación de oficiales de aduana, los módulos de capacitación forman parte del plan de estudios de capacitación habitual de la Dirección de Aduanas.

Recomendación de la Secretaría

66. El Comité Ejecutivo podría:

- a) Tomar nota del Informe final sobre la marcha de las actividades en la ejecución de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Bangladesh, presentado por el PNUD y que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Pedir al gobierno de Bangladesh y al PNUD que devuelvan el saldo de 11 856 \$EUA (3 628 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 272 \$EUA, para el PNUD, y de 7 041 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 915 \$EUA, para el PNUMA) de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC, a más tardar en la 84ª reunión, conforme a la decisión 82/28 b).

Egipto: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - tercer tramo) (PNUD)

Antecedentes

67. La etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC incluyó un proyecto para convertir 81 PyME y 350 microusuarios al metilformato u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico (que se seleccionará durante la ejecución), con el apoyo de sus proveedores de sistemas y distribuidores, para eliminar 75,74 toneladas PAO de HCFC-141b. Se aprobó la financiación para la conversión de equipos en dos proveedores de sistemas de propiedad de una Parte al amparo del Artículo 5, e incluyó asistencia técnica para todos los proveedores de sistemas y distribuidores, y para conversión de las PyME.

68. En la 82ª reunión, se informó que un proveedor de sistemas local (Technocom) y un proveedor de sistemas de propiedad de una Parte que no está al amparo del Artículo 5 (Dow) se convirtieron. El Fondo Multilateral no suministró ninguna financiación a Dow para la conversión de equipos; no obstante, se financió asistencia técnica a usuarios subsecuentes para la introducción de agentes espumantes alternativos. Un

proveedor de sistemas (Obeigi) se retiró del proyecto y se esperaba firmar un memorando de acuerdo¹⁷ con otro (Baalbaki). Un total de 24 usuarios subsecuentes recibió asistencia. Se preveía que la conversión de los restantes 57 usuarios subsecuentes terminase a fines de 2019.

69. La Secretaría tomó nota del retraso sustancial de la conversión de 81 PyME y de 350 microusuarios a través de los proveedores de sistemas, cuya terminación se esperaba en agosto de 2013 (es decir, hasta el momento sólo se convirtieron 24 PyME y dos proveedores de sistemas). La Secretaría observó, además, que el gobierno de Egipto prohibió las importaciones de HCFC-141b en polioles premezclados el 1 de enero 2018 y se comprometió a prohibir las importaciones, el uso y las exportaciones de HCFC-141b a granel y las exportaciones de HCFC-141b en polioles premezclados el 1 de enero de 2020.

70. Asimismo, en la 82ª reunión, se informó que dos proveedores de sistemas (Dow y Technocom) desarrollaban formulaciones con bajo potencial de calentamiento atmosférico con agua y HFO, pero también con HFC-245fa, HFC-365mfc y HFC-227ea, sustancias controladas bajo la Enmienda de Kigali, a pesar de que se esperaba que el uso de las alternativas de alto potencial de calentamiento atmosférico fuese temporal, y su uso se eliminase en 2015 a más tardar. El PNUD confirmó que no se pediría ninguna otra ayuda para los usuarios subsecuentes que recibieron ayuda bajo la etapa I del proyecto de proveedores de sistemas, dado que convinieron en convertirse a las tecnologías con bajo potencial de calentamiento atmosférico.

71. Con posterioridad a las consultas officiosas y tomando nota del compromiso del gobierno de Egipto de presentar el informe de proyectos terminados para la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC a la primera reunión de 2020 y completar la etapa I financieramente y devolver todo saldo restante para el 31 de diciembre de 2020, el Comité Ejecutivo, *inter alia*, pidió (decisión 82/72 b) i) y iv)):

- b) i) Al Gobierno de Egipto y el PNUD que presenten, en cada reunión hasta la terminación de la etapa I, un informe sobre la situación de la conversión de los proveedores de sistemas, las 81 empresas pequeñas y medianas y los 350 microusuarios, que incluya: la situación de la conversión de los proveedores de sistemas, las formulaciones desarrolladas y los desembolsos relacionados; una lista actualizada de las empresas pequeñas y medianas que realizaron la conversión con la tecnología seleccionada, los desembolsos relacionados y el compromiso de cada una de las empresas pequeñas y medianas; e información actualizada sobre el número de microusuarios que recibieron asistencia; y
- b) iv) El PNUD habrá de informar al Comité Ejecutivo sobre la situación del uso de la tecnología provisional seleccionada por el Gobierno de Egipto en cada reunión hasta que se hubiera introducido totalmente una tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico, como se acordó, junto con información actualizada de los proveedores acerca de los progresos realizados para garantizar que las tecnologías seleccionadas, incluidos los componentes relacionados, estuvieran disponibles a nivel comercial en el país.

72. Además, el Comité Ejecutivo pidió al PNUD que siguiera asistiendo al gobierno de Egipto para asegurar el abastecimiento de las tecnologías alternativas seleccionadas para conversión de las 81 PyME a través de los proveedores de sistemas (decisión 82/72 b) iii)), y aprobó el tercer y último tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC, a condición de que el pedido del segundo tramo de la etapa II pudiese presentarse sólo si se cumplían las condiciones siguientes: se había firmado el memorando de acuerdo con el proveedor de sistemas Baalbaki; se habían convertido por lo menos 40 de las PyME incluidas en la etapa I bajo el proyecto de proveedores de sistemas; y el PNUD había desembolsado al menos

¹⁷ Acuerdo de ejecución de proyecto del PNUD.

otros 350 000 \$EUA de la financiación aprobada para el proyecto de los proveedores de sistemas a los beneficiarios finales de espumas (decisión 82/72 c)).

73. El PNUD, en nombre del gobierno de Egipto, presentó los dos informes, sobre la situación de la conversión de los proveedores de sistemas y los usuarios subsecuentes y sobre la situación del uso de la tecnología provisoria, conforme a la decisión 82/72 b) i) y iv).

Informe sobre la marcha de las actividades

74. Se firmó el memorando de acuerdo con Baalbaki para convertir a ocho clientes para eliminar 53,7 tm de HCFC-141b. Se preparó un *addendum* al memorando de acuerdo con Technocom para convertir a otros 12 clientes con el fin de eliminar 11,37 toneladas PAO de HCFC-141b; se prevé que este memorando se firme en mayo de 2019. Las tecnologías alternativas para Baalbaki son el agua y el metilformato; no obstante, para Technocom son sistemas a base de agua y de HFO; en ambos casos, se prevé el uso de HFC en forma provisoria. Hasta la fecha, no se ha convertido ningún microuuario; se espera que esas conversiones comiencen en la segunda mitad de 2019.

75. En relación con la situación del uso de la tecnología, el PNUD informó que Dow y Technocom introdujeron sistemas a base de agua y los clientes los aprobaron para ciertos usos; en la 84ª reunión se proporcionará una actualización sobre la introducción del metilformiato; y se requerían otros estudios sobre el desempeño de HFO en polioles, dado que algunos proveedores de sistemas informaron ciertos problemas en la preparación de sistemas, inclusive su estabilidad. El PNUD sigue supervisando la situación y para mayo de 2019 se planean consultas con la Dependencia Nacional del Ozono sobre los obstáculos a la introducción de tecnologías con bajo potencial de calentamiento atmosférico.

76. Desde la 82ª reunión se desembolsaron otros 388 072 \$EUA, llevando el total de desembolsos a 2 407 924 \$EUA (de los 4 000 000 \$EUA) para el PNUD. El PNUD confirmó que los costos adicionales de explotación no se proporcionaron ni se proporcionarán a los clientes, a menos que se esté utilizando una tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico, conforme a la decisión 77/35 a) vi).

Observaciones de la Secretaría

77. La conversión de Dow y Technocom ha terminado, inclusive la conversión de 24 clientes subsecuentes a base de agua, HFO y, provisoriamente, HFC, con una eliminación conexas de HCFC-141b de 4,44 toneladas PAO y de 13,09 toneladas PAO, respectivamente. Si bien esos 24 clientes subsecuentes firmaron debidamente un compromiso para dejar de usar sistemas que utilizan los HCFC, no se suministró un compromiso similar para dejar de usar HFC, dado que la transición provisoria todavía está en proceso. Aunque no podía estimar cuándo se preveía que los clientes subsecuentes comenzasen a usar la tecnología acordada de bajo potencial de calentamiento atmosférico, el PNUD espera poder dar una actualización después de la misión planeada para mayo de 2019.

78. El PNUD no pudo dar la proporción relativa de HFC que se utilizaba sobre una base provisoria en comparación con los agentes espumantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico (es decir, agua y HFO) en los clientes subsecuentes convertidos por Dow y Technocom, dado que el uso dependía de las necesidades específicas del cliente. De manera similar, para los otros 20 usuarios subsecuentes que Baalbaki convertirá y conforme al *addendum* del memorando de acuerdo para Technocom, la proporción relativa que se preveía utilizar temporariamente de HFC dependerá de las necesidades del cliente y no estaba disponible.

79. Con respecto a las dificultades de introducir HFO, el PNUD aclaró que había dificultades comerciales y técnicas. Si bien Egipto dispone de HFO, al seleccionar una tecnología el precio es un factor que los clientes

toman en consideración. El PNUD planeó seguir proporcionando asistencia técnica para abordar las inquietudes relativas al desempeño de sistemas con HFO, inclusive a través de la misión de mayo de 2019.

80. El PNUD confirmó que el gobierno seguía comprometido a terminar la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para el 31 de diciembre de 2019, y a establecer la prohibición de las importaciones, el uso y las exportaciones de HCFC-141b a granel y las exportaciones del HCFC-141b en polioles premezclados para el 1 de enero de 2020.

Recomendación de la Secretaría

81. El Comité Ejecutivo podría querer:

- a) Tomar nota del informe, presentado por el PNUD, sobre la situación de la conversión de los proveedores de sistemas, las 81 pequeñas y medianas empresas y los 350 microusuarios, y de un informe sobre la situación del uso de la tecnología provisoria en Egipto, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Pedir al PNUD que siga asistiendo al gobierno de Egipto a asegurar el abastecimiento de tecnologías alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico, a condición de que no se pague ningún costo adicional de explotación hasta que se hubiese introducido totalmente la tecnología seleccionada originalmente u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico, y que presente un informe sobre la situación de su conversión en cada reunión del Comité Ejecutivo hasta que se hubiese introducido completamente la tecnología seleccionada originalmente u otra tecnología con bajo potencial de calentamiento atmosférico, junto con una actualización de los proveedores sobre el progreso realizado hacia el aseguramiento de que en el país se contaba comercialmente con las tecnologías seleccionadas, inclusive los componentes conexos.

Guinea Ecuatorial: Informe sobre la situación de la firma del Acuerdo (decisión 82/73 c) i)) (PNUMA)

Antecedentes

82. La etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Guinea Ecuatorial se aprobó en la 65ª reunión para alcanzar una reducción del 35 por ciento del consumo de los HCFC para 2020. La ejecución del primero y segundo tramo se atrasó debido a dificultades de viaje causadas por conflictos sociales, el proceso de despacho de aduana de los equipos adquiridos y la dificultad de terminar el informe de verificación debido a la situación de seguridad reinante en el país.

83. En su 82ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó, *inter alia*, un tercero y cuarto tramo combinados de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC y pidió al PNUMA que suministrase un informe en la primera reunión de 2019 sobre la situación de la firma del Acuerdo con el gobierno de Guinea Ecuatorial (decisión 82/73 c) i)).

84. El PNUMA informó que el 4 de marzo de 2019 el gobierno de Guinea Ecuatorial y el PNUMA firmaron un acuerdo de financiación a pequeña escala. Este Acuerdo incluye, *inter alia*, las actividades detalladas, un presupuesto y una cronología para la ejecución, conforme al plan de ejecución del tramo aprobado en la 82ª reunión. El período de ejecución es de 24 meses.

Observaciones de la Secretaría

85. La Secretaría tomó nota de los esfuerzos del gobierno de Guinea Ecuatorial y el PNUMA para evitar otros retrasos en la ejecución de las actividades conforme al plan de gestión de eliminación de los HCFC. Con la firma del Acuerdo de financiación a pequeña escala, la ejecución de las actividades había comenzado y se espera que el último tramo se pida en 2020. El PNUMA confirmó que apoyaría al gobierno de Guinea Ecuatorial a través de su Programa de Asistencia al Cumplimiento, y que presentaría un informe sobre la asistencia proporcionada en la segunda reunión de 2019, conforme a la decisión 82/73 c) ii).

Recomendación de la Secretaría

86. El Comité Ejecutivo podría querer tomar nota de que el gobierno de Guinea Ecuatorial y el PNUMA habían firmado un acuerdo para la ejecución del tercero y cuarto tramo combinados de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC.

Honduras: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe sobre la marcha de las actividades) (PNUMA)

87. En la 81ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó (bajo la lista de proyectos para aprobación general) el cuarto tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Honduras, y el plan de ejecución del tramo correspondiente a 2018-2020 a condición de que:

- a) El PNUMA y el gobierno de Honduras intensificasen sus esfuerzos para ejecutar las actividades de capacitación para los técnicos en refrigeración asociados a la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC;
- b) El PNUMA presentase un Informe sobre la marcha de las actividades a cada reunión relativo a la ejecución de actividades bajo los componentes del PNUMA asociadas a la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC, inclusive los desembolsos realizados, hasta la presentación del quinto y último tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC; y
- c) Los objetivos de los desembolsos para el total de fondos aprobados para los componentes del PNUMA del primero, segundo y tercer tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Honduras fuesen el 50 por ciento al 30 de septiembre de 2018, el 80 por ciento al 31 de marzo de 2019, y el 100 por ciento en diciembre de 2019; y para el componente del PNUMA del cuarto tramo fuese el 20 por ciento al 31 de marzo de 2019 y el 50 por ciento en diciembre de 2019.

88. Conforme a la petición antedicha, el PNUMA presentó a la 83ª reunión un informe sobre la marcha de las actividades y un informe financiero relativo a la ejecución de las actividades del PNUMA bajo la etapa I.

Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC

89. Desde la 82ª reunión se ejecutaron las siguientes actividades:

- a) Firma del memorando de entendimiento entre el PNUMA, la Unidad Técnica del Ozono, la Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas, y el Instituto Nacional de Formación Profesional, para revisar los procesos de capacitación y acreditación para las prácticas idóneas en el sector de servicios de refrigeración y climatización;
- b) Elaboración de una guía y de una sesión de formación para preparar instructores y evaluadores para determinar la capacidad de los técnicos que solicitan la acreditación en el sector de servicios de refrigeración y climatización;
- c) Realización de cuatro talleres adicionales para formar un total de 287 técnicos en prácticas idóneas de refrigeración y el manejo seguro de refrigerantes inflamables;
- d) Visitas de sensibilización a 60 talleres de refrigeración y a 28 usuarios finales provenientes de supermercados, hoteles y la industria alimentaria para promover el programa de capacitación y acreditación de técnicos, y para suministrar asesoría técnica sobre gestión de refrigerantes para cumplir con las disposiciones legales establecidas por las reglamentaciones de las SAO; y
- e) Firma del Acuerdo entre el PNUMA y el gobierno para la ejecución del cuarto tramo y el primero adelanto de efectivo, previsto en abril de 2019.

Desembolsos de fondos

90. Al 25 de abril de 2019, del total de 175 000 \$EUA de los fondos aprobados para el primero, segundo y tercer tramo, para el PNUMA, se desembolsaron 118 520 \$EUA (67,7 por ciento), como se indica en el Cuadro 4. El PNUMA había avanzado 7 952 \$EUA al gobierno, llevando el total de fondos adelantados para el primero, segundo y tercer tramo a 126 472 \$EUA (72,3 por ciento). Todavía no se había hecho ningún desembolso de los fondos aprobados para el cuarto tramo.

Cuadro 4. Informe financiero de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Honduras

Tramo	Aprobado (\$EUA)	Gastos registrados en UMOJA (\$EUA)			Índice real de desembolsos (%)	Índice de desembolsos del objetivo (%)	Avances (\$EUA)	Avances (%)
		Como en 30/9/2018	De 30/9/2018 a 25/4/2019	Total				
Primero	75 000	37 047	30 000	67 047	89,4	7 952	100,0	
Segundo	50 000	33 529	5 883	39 412	78,8		78,8	
Tercero	50 000	6 272	5 789	12 061	24,1		24,1	
Subtotal	175 000	76 848	41 672	118 520	67,7	80,0	126 472	72,3
Cuarto	50 000	0	0	0	0,0	20,0	0	0,0

Actualización del plan de ejecución para la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC

91. Para el período de mayo a octubre de 2019, se planean las siguientes actividades:
- a) Capacitación de oficiales de aduanas y responsables de aplicar las reglamentaciones, en 31 puntos de acceso aduaneros, sobre el control de las importaciones de los HCFC y equipos que utilizan HCFC;
 - b) Terminación del sistema electrónico para el registro de importadores, proveedores y usuarios finales, y elaboración de módulos de formación en línea;
 - c) Reformulación de los lineamientos de acreditación para los técnicos en refrigeración y promoción de su aplicación; revisión de las normas técnicas, inclusive las medidas de seguridad para los refrigerantes inflamables; y puesta al día del material técnico informativo y de sensibilización del público; y
 - d) Talleres de capacitación para 400 técnicos en refrigeración y 1 800 estudiantes de refrigeración y climatización en prácticas idóneas y el manejo seguro de las alternativas de SAO.

Observaciones de la Secretaría

92. La Secretaría tomó nota de que para los tres primeros tramos el país alcanzó, el 31 de marzo de 2019, un índice de desembolsos del 72 por ciento, comparado con el objetivo del 80 por ciento, mientras que para el cuarto tramo no se hizo ningún desembolso, comparado con un objetivo del 20 por ciento. El PNUMA explicó que en julio de 2019 se registrarían como desembolsos compromisos adicionales de 15 760 \$EUA de los tres primeros tramos, llevando así el índice de desembolsos al 81 por ciento, y que en julio de 2019 se registrarían como desembolsos 12 500 \$EUA del cuarto tramo, llevando el índice de desembolsos al 25 por ciento.

93. Si bien el compromiso de desembolsos no se había cumplido al 31 de marzo de 2019, la Secretaría observó que se intensificaron los esfuerzos para ejecutar las actividades de capacitación para los técnicos en refrigeración asociadas a la etapa I. El año pasado se formó un total de 823 técnicos y estudiantes de refrigeración y el establecimiento de los lineamientos de acreditación de técnicos sigue progresando. El PNUMA explicó que el Instituto de Acreditación de Colombia certificaría a los instructores y evaluadores que se forman en el extranjero, y que posteriormente el sistema se pondría en marcha en todo el país. Se espera que para diciembre de 2019 funcione plenamente.

94. La Secretaría sugiere que el PNUMA siga proporcionando asistencia al país para la terminación de otras actividades que se esperaban ejecutar durante el período de presentación de informes, a saber: capacitación de otros oficiales de aduanas y desarrollo de un registro electrónico de importadores de HCFC, proveedores y usuarios finales. Durante las deliberaciones que tuvieron lugar en la 81ª reunión, el PNUMA explicó que la Unidad Técnica del Ozono era un pequeño equipo con un gran número de responsabilidades. Por lo tanto, el PNUMA planeaba contratar directamente a tres expertos para brindar apoyo técnico a la Unidad Técnica del Ozono para ejecutar las actividades previstas. Uno de los expertos ya está trabajando en los lineamientos de acreditación y la contratación de los dos restantes concluirá en junio de 2019.

95. La Secretaría considera que el informe a la 84ª reunión también debe incluir el progreso realizado en estas actividades y una actualización de los desembolsos con el objetivo de alcanzar, en diciembre de 2019, el 100 por ciento para el primero, segundo y tercer tramo, y un índice de desembolsos del 50 por ciento para el cuarto tramo, de acuerdo con la decisión 81/34 a).

Recomendación de la Secretaría

96. El Comité Ejecutivo podría:

- a) Tomar nota del Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución de actividades bajo los componentes del PNUMA asociados a la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Honduras, presentado por el PNUMA y que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Pedir al PNUMA que siga presentando en cada reunión, hasta la presentación del quinto y último tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC, un Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución de todas las actividades bajo los componentes del PNUMA asociados a la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC, incluyendo los desembolsos.

India: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - informe financiero final) (PNUD, PNUMA y gobierno de Alemania)

Antecedentes

97. En la 82ª reunión, el PNUD presentó, en nombre del gobierno de India, el Informe final sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del programa de trabajo asociado al tercero y último tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC¹⁸ conforme a la decisión 75/29 a). El 31 de diciembre de 2017 las operaciones de la etapa I terminaron completamente, el 27 de septiembre de 2018 se presentó el informe de proyectos terminados y se preveía que el 31 de diciembre de 2018 se realizase la terminación financiera.

98. Luego de examinar la presentación, el Comité Ejecutivo decidió, *inter alia*, pedir al gobierno de India, el PNUD, el PNUMA y al gobierno de Alemania que informasen a la Secretaría los desembolsos finales hechos a los beneficiarios al 31 de diciembre de 2018 y, en la 83ª reunión, que devolviesen todo saldo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC que quedase a la misma fecha (decisión 82/39).

99. En consecuencia, el PNUD presentó a la 83ª reunión el informe financiero final para la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para India, indicando un saldo no gastado de 83 405 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 5 838 \$EUA, que se devolverán al Fondo Multilateral. De este monto, 3 556 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 249 \$EUA, se asocian al segundo tramo y fueron aprobados para el PNUD en la 71ª reunión, y 79 849 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 5 589 \$EUA, se asocian al tercer tramo y fueron aprobados para el PNUD en la 75ª reunión.

100. Con este informe, concluyó financieramente la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para India y no se requieren otros informes.

Recomendación de la Secretaría

101. El Comité Ejecutivo podría tomar nota de:

- a) El informe financiero final para la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC

¹⁸ El tercero y final tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC se aprobó en la 75ª reunión con un costo total de 1 858 200 \$EUA, que consiste en 1 438 490 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 100 694 \$EUA para el PNUD, de 86 160 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 10 478 \$EUA para el PNUMA, y de 199 440 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 22 938 \$EUA para el gobierno de Alemania.

para India, presentado por el PNUD, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y

- b) Que en la 83ª reunión el PNUD ya había devuelto 3 556 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 249 \$EUA, y 79 849 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 5 589 \$EUA, asociados al saldo no gastado del segundo y tercer tramo, respectivamente, de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para India.

India: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II - segundo tramo) (PNUD, PNUMA y gobierno de Alemania)

102. En la 82ª reunión, el PNUD, en nombre del gobierno de India, presentó la petición para el segundo tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC. La propuesta indicó que el 1 de enero de 2015 el gobierno de India había prohibido el uso de los HCFC, inclusive el HCFC-141b, puro y en polioles premezclados, en la fabricación de refrigeradores domésticos y paneles sándwich continuos. Sin embargo, tres fabricantes de estos paneles entraban en el plan del primer tramo, dos de los cuales habían firmado memorandos de acuerdo con el gobierno. Debido a eso, el PNUD aclaró que el gobierno evaluaba si esas empresas cumplieron con la prohibición. De encontrarse que no hubiese cumplido, se anularían los memorandos de acuerdos y toda financiación desembolsada a las dos empresas se devolvería al proyecto.

103. Por consiguiente, el Comité Ejecutivo pidió, *inter alia* al gobierno de India, por intermedio del PNUD, que en la 83ª reunión proporcionase una actualización sobre la evaluación del gobierno de si los fabricantes de paneles con espumado continuo, al 1 de enero de 2015, se habían adherido a la prohibición del uso de HCFC-141b (decisión 82/74 b i)), observando que, si el gobierno de India determinase que una empresa fabricante de esos paneles no cumplía con la prohibición referida, sea anularía el memorando de acuerdo suscrito con esa empresa, y toda financiación que se hubiese desembolsado se devolvería al proyecto, conforme a la decisión 77/43 d) ii). El Comité Ejecutivo también observó que en la etapa II no se incluiría ningún fabricante de estos paneles hasta que el Comité hubiese evaluado su admisibilidad (decisión 82/74 c)).

104. Mientras se redactaba este documento, el PNUD informó que la evaluación, conforme a la decisión 82/74 b) i), todavía se estaba realizando y que se comunicaría, tan pronto como se determinase la situación de cumplimiento de la prohibición por parte de las empresas. Se esperaba que la evaluación concluyera antes de la 83ª reunión.

Observaciones de la Secretaría

105. Como respuesta a un pedido de aclaración, si bien no se proporcionó ninguna razón específica sobre por qué la evaluación no podría terminarse antes del plazo de presentación de documentos, el PNUD indicó que la evaluación podría concluirse antes de la 83ª reunión. Según lo convenido en la 82ª reunión, no se había hecho ningún otro desembolso a estas empresas. El PNUD también reafirmó que el gobierno se había comprometido a aplicar la decisión 82/74 b) i); de determinarse que el 1 de enero 2015 dos líneas continuas habían violado los objetivos de eliminación en el sector de paneles continuos, los fondos se devolverían al proyecto.

Recomendación de la Secretaría

106. El Comité Ejecutivo podría solicitar al gobierno de India, por intermedio del PNUD, que en la 84ª reunión proporcionase la evaluación del gobierno sobre si las empresas fabricantes de paneles continuos cumplían con la prohibición del uso de HCFC-141b, al 1 de enero de 2015, conforme a la decisión 82/74 b) y c).

Indonesia: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I) - situación de conversión de las empresas de fabricación de equipos de refrigeración y aire acondicionado y de PT. TSG Chemical (PNUD y Banco Mundial)

107. En nombre del gobierno de Indonesia, el PNUD, en calidad de organismo de ejecución principal, presentó un informe sobre la situación de las empresas que recibieron financiación para convertirse a las alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico, pero temporariamente fabrican equipos de refrigeración y climatización con alto potencial de calentamiento atmosférico, conforme a la decisión 81/11 c), y un informe sobre la participación del proveedor de sistemas PT. TSG Chemical, conforme a la decisión 82/30 e).

Sector de fabricación de equipos de refrigeración y climatización

108. La etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC incluyó la conversión de 48 empresas del sector de fabricación de equipos de refrigeración y climatización a las tecnologías con bajo potencial de calentamiento atmosférico. Sin embargo, durante la ejecución, 28 empresas (16 en el sector de climatización y 12 en el sector de refrigeración comercial) decidieron convertirse a la tecnología con alto potencial de calentamiento atmosférico con recursos propios y devolvieron al Fondo Multilateral 3 134 216 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo.

109. De las 20 empresas restantes, sólo una (Panasonic) fabrica actualmente acondicionadores de aire con tecnología de HFC-32. Ocho empresas grandes y medianas fabricaron prototipos basados en HFC-32, si bien ocho empresas pequeñas son empresas de montaje que trabajan con pedidos específicos; hasta la fecha, no se recibió ningún pedido de equipos que utilicen HFC. Otras tres empresas de fabricación todavía esperaban que mejorase el mercado para los equipos con HFC antes de emprender su conversión. Actualmente, las 19 empresas fabrican equipos de fabricación basados en refrigerantes de alto potencial de calentamiento atmosférico (principalmente R-410A, R-404A, y HFC-134a).

110. Las razones del atraso de la conversión y fabricación de equipos de refrigeración y climatización con la tecnología acordada por las 19 empresas son: disponibilidad comercial limitada de los compresores y los componentes que utilicen HFC a precios asequibles; falta de demanda en el mercado local de equipos que utilicen HFC; y un costo más alto de estos equipos comparado al de otros equipos disponibles en el país (por ej., con el refrigerante R-407C).

Informe y deliberaciones en la 82ª reunión

111. Según lo informado en la 82ª reunión, los fabricantes de compresores en China actualmente no podían proporcionar a Indonesia compresores de HFC-32, mientras que el fabricante de compresores en Tailandia había probado su primer prototipo sólo en febrero de 2019. En consecuencia, la situación de la cadena de abastecimiento para los compresores de HFC-32 del tamaño requerido por los fabricantes de equipos de refrigeración y climatización seguía siendo poco clara. Por lo tanto, el Comité Ejecutivo decidió prorrogar la fecha de terminación del plan sectorial de fabricación de equipos de refrigeración y climatización al 31 de diciembre de 2019 para permitir que los fabricantes prueben el compresor recientemente desarrollado de HFC-32 e inicien la fabricación comercial de equipos con HFC-32, y autorizar el pago de los costos adicionales de explotación a los fabricantes (decisión 82/30).

Progreso realizado desde la 82ª reunión

112. Los fabricantes chinos de compresores todavía no pueden suministrar las cantidades (relativamente bajas) requeridas por los fabricantes indonesios a un precio que pueda ser competitivo con los compresores

de R-407C que se utilizan actualmente. El fabricante de compresores en Tailandia aún no ha podido suministrar los compresores de HFC-32 en Indonesia, porque todavía los está probando internamente. Por lo tanto, no se desembolsaron otros fondos a las empresas desde el último informe de la situación financiera presentado a la 82ª reunión.

Sector de espumas de poliuretano

113. En la 82ª reunión, se informó que un proveedor de sistemas (PT. Sutindo Chemical Indonesia) terminó su conversión, si bien el otro proveedor de sistemas (PT. TSG Chemical, con una asignación de financiamiento de 301 539 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 22 615 \$EUA para el Banco Mundial), todavía seguía considerando si se retiraba del proyecto. Debido a un incendio ocurrido en el proveedor de sistemas (sin relación al proyecto), PT. TSG Chemical ahora decidió retirarse del proyecto; la asignación de financiamiento asociada al proyecto se devolvería a la 83ª reunión.

Observaciones de la Secretaría

114. A pesar de los esfuerzos del gobierno de Indonesia, con el apoyo del PNUD, la industria y otros interesados directos, la introducción de la tecnología de HFC-32 progresó en forma limitada, principalmente debido a la falta de disponibilidad de compresores de precio competitivo con la capacidad requerida para el mercado indonesio. Si bien toma nota de los esfuerzos del gobierno y el PNUD al respecto, la Secretaría considera poco probable que únicamente estos dos factores transformarán el mercado, particularmente uno con considerable influencia mundial. Para generar economías de escala que puedan ser necesarias para permitir a los fabricantes de compresores competir con los equipos con alto potencial de calentamiento atmosférico, es probable que se necesite tener una demanda sustancial del mercado para los equipos que utilicen HFC, por ejemplo, con las conversiones previstas bajo la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC en China. Sobre esta base, sería posible prever otra prórroga de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Indonesia que podría presentarse a la 84ª reunión, conforme a la decisión 82/30 g) i).

Recomendación de la Secretaría

115. El Comité Ejecutivo podría:

- a) Tomar nota del informe, presentado por el PNUD y el Banco Mundial, sobre la situación de la conversión de las empresas de fabricación de equipos de refrigeración y climatización y de PT. TSG Chemical de la etapa I de los HCFC del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Indonesia, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Tomar nota de que PT. TSG Chemical había decidido retirarse de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Indonesia, y que en la 83ª reunión ya había devuelto 301 539 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 22 615 \$EUA para el Banco Mundial.

Irán (República Islámica del): Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - Informe final sobre la marcha de las actividades) (PNUD, PNUMA, ONUDI y gobierno de Alemania)

Antecedentes

116. En nombre del gobierno de la República Islámica del Irán, el PNUD, en calidad de organismo de ejecución principal, presentó el Informe final sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del

programa de trabajo asociado al cuarto y último tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC¹⁹ para el país, conforme a la decisión 74/43 b), y el informe de proyectos terminados conexas.

Consumo de HCFC

117. En 2018, en su informe de ejecución del programa de país, la República Islámica del Irán informó de un consumo de HCFC de 2 386,76 tm (162,95 toneladas PAO). Este consumo estaba 52 por ciento por debajo del objetivo del consumo de HCFC del Protocolo de Montreal para 2018, y 39 por ciento por debajo del objetivo del consumo anual para 2018 (266,35 toneladas PAO), estipulado en el Acuerdo firmado entre el gobierno y el Comité Ejecutivo. El sistema de licencias y cuotas para las importaciones y exportaciones de HCFC sigue funcionando eficazmente.

Informe sobre la marcha de las actividades

118. Todas las actividades bajo la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para la República Islámica del Irán concluyeron satisfactoriamente, según lo informado abajo.

Medidas reglamentarias

119. La Dependencia Nacional del Ozono continuó expidiendo licencias para las importaciones de SAO y equipos que contienen esas sustancias. El Departamento de Aduanas introdujo un nuevo sistema en línea que aceleró el proceso de petición de importaciones, aumentó la precisión y la confiabilidad de los datos e impidió el comercio ilícito. En 2018 se estableció la prohibición de importaciones de acondicionadores de aire residenciales que utilizan HCFC-22.

Sector de fabricación

120. Se terminaron las siguientes actividades:

- a) Conversión de siete fabricantes de espumas de poliuretano en el sector de paneles continuos a la tecnología de hidrocarburos (HC), con una eliminación de 27,8 toneladas PAO de HCFC-141b (gobierno de Alemania),²⁰
- b) Conversión de 11 fabricantes de espumas de poliuretano rígidas en la refrigeración doméstica y paneles discontinuos a la tecnología de HC, con una eliminación de 88,1 toneladas PAO de HCFC-141b (ONUDI); y
- c) Conversión de un fabricante de aparatos de aire acondicionado a R-410A, con una eliminación de 29,3 toneladas PAO de HCFC-22 (PNUD).

Actividades en el sector de servicios de refrigeración y climatización (gobierno de Alemania y PNUMA)

121. Se terminaron las siguientes actividades en el sector de servicios de refrigeración y climatización: talleres de capacitación y sensibilización sobre las reglamentaciones concernientes a los HCFC y su

¹⁹ El cuarto y último tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC se aprobó en la 74ª reunión con un costo total de 885 977 \$EUA, que consiste en 250 430 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 18 872 \$EUA para el PNUD; de 274 827 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 20 612 \$EUA para la ONUDI y de 288 582 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 32 744 \$EUA para el gobierno de Alemania.

²⁰ Otra empresa paró, por sí misma, usando 2,9 PAO toneladas de HCFC-141b, y la financiación conexas se devolverá al Fondo Multilateral, deduciéndola del segundo tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC, conforme a la decisión 80/21.

aplicación, para más de 400 funcionarios de aduanas y responsables de aplicar las reglamentaciones; capacitación en prácticas idóneas de mantenimiento en varias provincias, proporcionada a más de 750 técnicos; talleres de sensibilización sobre eficiencia energética y prácticas idóneas para más de 150 técnicos; modificación de los sistemas de refrigeración a sistemas sellados sin fugas; asignación e instalación de dichos sistemas; capacitación y supervisión de los resultados en dos cadenas de supermercados; capacitación introductoria en gestión de diarios de operación para servicios de empresas y supermercados; y producción y distribución de publicaciones técnicas a las partes interesadas.

Desembolsos de fondos

122. En diciembre de 2018, de los 9 994 338 \$EUA aprobados, se habían desembolsado 9 760 317 \$EUA, como se indica en el Cuadro 5. El saldo se relaciona con la última conversión terminada por la ONUDI. Una vez que en 2019 se libere el último pago, todo saldo no gastado se devolverá al Fondo.

Cuadro 5. Informe financiero de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para la República Islámica del Irán

Organismo	Aprobado (\$EUA)	Desembolsado (\$EUA)	Índice de desembolsos (%)
PNUD	4 340 246	4 340 246	100
ONUDI	2 506 277	2 272 256	91
Gobierno de Alemania	2 885 815	2 885 815	100
PNUMA	262 000	262 000	100
Total	9 994 338	9 760 317	98

Observaciones de la Secretaría

123. La Secretaría toma nota de que se han terminado las actividades restantes de la etapa I y que el sistema de otorgamiento de licencias y cuotas se cumple y se ha fortalecido mediante el sistema en línea. Dado que la puesta en marcha de la última empresa (Emersun) concluyó sólo en febrero de 2019, y esta fecha, no el 31 de diciembre de 2018, debería ser considerada la fecha de terminación de la etapa.

124. Al examinar el informe de proyectos terminados, la Secretaría observó que se debería presentar un informe una vez que la ONUDI concluyera los pagos restantes relacionados con la conversión de Emersun. La ONUDI estimaba que esos pagos se harían en los próximos dos meses. La Secretaría también observó que el informe de proyectos terminados no incluyó suficiente información sobre las medidas tomadas para asegurar que los equipos o los componentes específicos que se sustituyeron se habían destruido o vuelto inutilizable, conforme a la decisión 22/38 c). Por lo tanto, la Secretaría pidió que el informe revisado de proyectos terminados incluyese esta información para todos los proyectos de inversión terminados.

Recomendación de la Secretaría

125. El Comité Ejecutivo podría:

- a) Tomar nota del Informe final sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del programa de trabajo asociado al cuarto tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para la República Islámica del Irán, presentado por el PNUD, y que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- b) Pedir al gobierno de la República Islámica del Irán, el PNUD, la ONUDI, el PNUMA y el gobierno de Alemania que presenten un Informe de terminación de proyecto revisado, con lo siguiente:

- i) El desembolso final para la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC y cualquier saldo que se devuelva al Fondo; y
- ii) La información detallada sobre las medidas tomadas para asegurar que los equipos o componentes específicos que hayan sido sustituidos se destruyeron o se volvieron inutilizables, conforme a la decisión 22/38 c).

Jordania: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II) - cambio de tecnología en cinco empresas que utilizan HFO-1233zd (E) al agente de espumación con ciclopentano. (Banco Mundial y ONUDI)

Antecedentes

126. En la 77ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó en principio, la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Jordania²¹ para el período de 2017 a 2022, destinado a reducir el consumo de los HCFC en un 50 por ciento de la base, por un monto de 3 289 919 \$EUA, que consiste en 2 075 236 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 145 267 \$EUA para el Banco Mundial; y 999 455 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 69 961 \$EUA para la ONUDI. En la aprobación de la etapa II, el Comité Ejecutivo observó, *inter alia*, que el gobierno de Jordania tendría flexibilidad al usar los fondos aprobados para que el sector de espumas de poliuretano logre una eliminación del HCFC-141b sin inconvenientes y eficiente conforme al Acuerdo suscrito con el Comité Ejecutivo (decisión 77/45 b) (iii).

127. El plan sectorial de espumas de poliuretano de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC incluye la conversión de tres empresas grandes, Jordan Pioneer for Metal Industry (Jordan Pioneer), Al Safa for Sheet Metal Industry and Panel Co (Al Safa) y Jordan Manufacturing and Services Solutions (JMSS), 43 PyME y seis empresas que utilizan espumas para pulverización. El total de eliminación aprobado en el plan sectorial de espumas fue 33,07 toneladas PAO.²² De estas empresas, Jordan Pioneer acordó convertirse al ciclopentano como agente espumante; las restantes empresas de espumas acordaron convertirse a HFO, dado que esto implicaría costos adicionales de capital mínimos; se esperaba que las formulaciones con HFC reducido estuvieran disponibles en un futuro próximo a un precio competitivo, dado la reducción de la disponibilidad de HCFC-141b y el aumento correspondiente de los precios. El Cuadro 6 presenta un resumen de los fondos aprobados y la eliminación conexa de HCFC-141b para estas empresas.

Cuadro 6. Costos adicionales aprobados para la eliminación de HCFC en el sector de espumas en la etapa II para Jordania

Detalles	Costos adicionales aprobados en \$EUA	Eliminación en toneladas PAO
Espumas de poliuretano (tres empresas grandes)	480 889	9,77
Espumas de poliuretano (43 PyME) ²³	799 794	14,61
Espumas para pulverización (seis empresas)	411 212	8,69
Total	1 691 895	33,07

128. Durante la ejecución del proyecto, cinco²⁴ de las 51 empresas de espumas de poliuretano que producen paneles y otros productos, es decir Al Safa, Al-ram Tri, Yousef Workshop for Metal Industries,

²¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/77/51.

²² La etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC produciría la eliminación total de HCFC-141b de 38,91 PAO toneladas en todos los usos (inclusive refrigeración doméstica y comercial); esta cifra consiste en 27,6 PAO toneladas de HCFC-141b a granel y 11,31 PAO toneladas de HCFC-141b en polioles premezclados importados.

²³ Una de las 43 PyME, Enjaz Jordan for Steel Structure, no es admisible.

²⁴ Se suministraron las cartas confirmando este cambio de tecnología, del Ministerio de Medio Ambiente de Jordania y de las cinco empresas, todas fechadas el 4 de abril de 2019. Originalmente, seis empresas expresaron interés en adoptar

Al-Qanadeel, y Prefabricated Building (Maani) pidieron cambiar la tecnología del HFO-1233zd(E) propuesta originalmente al ciclopentano. Se pide este cambio de tecnología porque las empresas consideran que la tecnología del ciclopentano está desarrollada y tiene costos de explotación más bajos comparado con las formulaciones de HFO. Los representantes de las empresas deliberaron con los proveedores de sistemas, los proveedores de equipos y los productores de espumas durante el viaje de estudio a Egipto, llevado a cabo en febrero 2019, como parte de la extensión de información tecnológica y el compartir experiencias. Durante el viaje de estudio, las empresas comprendieron mejor la situación del abastecimiento de sistemas con polioles de HFO y los aspectos de seguridad asociados al uso del ciclopentano como agente espumante, y decidieron adoptar el ciclopentano debido a que las formulaciones con HFO tienen un alto costo y una más corta duración de vida útil. Estas empresas también se comprometieron a invertir fondos adicionales en caso de necesidad para ejecutar la conversión al ciclopentano en condiciones de seguridad.

129. Posteriormente, de acuerdo con el apartado 7 a) vii) del Acuerdo firmado entre el gobierno de Jordania y el Comité Ejecutivo, el gobierno, a través del Banco Mundial, presentó una petición para cambiar la tecnología de las cinco empresas que utilizan HFO a los agentes espumantes con ciclopentano.

Costos adicionales

130. Los costos adicionales estimados para la conversión de las cinco empresas al ciclopentano, según lo presentado, se indican en el Cuadro 7. Los costos de la conversión a HFO, tal como se aprobaron, incluyen los costos adicionales de capital referentes a la asistencia técnica, los ensayos y la prueba, y los costos adicionales de explotación basados en los costos de formulaciones con HFO. Los costos de capital para la conversión al ciclopentano son principalmente más altos debido a las inversiones en equipos de almacenamiento adicional, reemplazo de los distribuidores de espumas, instalación de los sistemas de seguridad en las instalaciones industriales, y verificación de seguridad y capacitación del personal. El uso del ciclopentano produce ahorros de operaciones debido al bajo costo de las formulaciones del ciclopentano comparadas con las de HCFC-141b.

Cuadro 7. Costos adicionales revisados de la conversión a los agentes espumantes con ciclopentano (SEUA)

Empresas	HFO-1233zd (E)	Ciclopentano*
Al Safa	205 000	383 283
Shams Al-ram Tri	130 077	391 063
Yousef Workshop for Metal Industries	112 844	392 207
Al-Qanadeel	88 718	393 810
Prefabricated Buildings (Maani)	87 539	393 886
Total	624 178	1 954 249

*Tal como figura en la propuesta del Banco Mundial.

Observaciones de la Secretaría

131. La Secretaría tomó nota de que se había firmado el Acuerdo entre el gobierno de Jordania y el Banco Mundial y que las actividades de ejecución de proyecto para la etapa II comenzaron en enero de 2018.

132. La Secretaría pidió aclaraciones sobre la manera en que este cambio afectaría a los proyectos de conversión restantes en la industria. El Banco Mundial aclaró que en el sector de espumas, el consumo de

el ciclopentano en lugar de los HFO; sin embargo, después de las consultas realizadas entre el Banco Mundial, el gobierno y las empresas, sólo cinco empresas decidieron adoptarlo.

HCFC-141b de las empresas restantes era pequeño y que no proponían ningún cambio de tecnología en esta etapa. Esas empresas continuarían y ejecutarían el proyecto de conversión en una fecha futura.

133. Respecto a la disponibilidad del ciclopentano, el Banco Mundial informó que los proveedores locales disponían de esta sustancia y que se podría importar de Egipto y otros países; asimismo también se disponía de equipos para usar el ciclopentano provenientes de los proveedores en países vecinos como Egipto y los Emiratos Árabes Unidos.

134. La Secretaría revisó los costos de conversión basados en los costos del proyecto convenidos en la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC para la conversión al ciclopentano para Jordan Pioneer, que efectivamente se convirtió al ciclopentano y es comparable en tamaño con esas empresas; los costos adicionales revisados se indican en el Cuadro 8. El cambio de tecnología daría lugar a un costo adicional revisado de 768 652 \$EUA; a través de cartas individuales las cinco empresas confirmaron que sufragarían los costos adicionales para el cambio de tecnología al ciclopentano. Dado que los agentes de espumación con HFO y ciclopentano son tecnologías con bajo potencial de calentamiento atmosférico, se prevé que el impacto del gas de efecto invernadero será insignificante.

Cuadro 8. Costos adicionales revisados de conversión a agentes espumantes con ciclopentano (\$EUA)

Empresas	HFO-1233zd (E)	Ciclopentano	Diferencia
Al Safa	205 000	221 283	16 283
Shams Al-ram Tri	130 077	237 951	107 874
Yousef Workshop for Metal Industries	112 844	240 402	127 558
Al-Qanadeel	88 718	243 834	155 116
Prefabricated Building (Maani)	87 539	244 002	156 463
Total	624 178	1 187 472	563 294

135. Finalmente, la Secretaría observa que el cambio de tecnología daría lugar a la adopción sostenida de tecnologías con bajo potencial de calentamiento atmosférico en las aplicaciones con espumas en estas empresas y facilitará el logro de los objetivos de cumplimiento de Jordania.

Recomendación de la Secretaría

136. El Comité Ejecutivo podría:

- a) Tomar nota de la petición presentada por el Banco Mundial en nombre del gobierno de Jordania para el cambio de tecnología en la conversión de las cinco empresas que utilizan agentes de espumación con HFO-1233zd (E) al ciclopentano, en la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Jordania, tal como figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Aprobar el cambio de tecnología mencionado en el subpárrafo a) anterior, observando que las empresas sufragarían cualquier costo adicional de este cambio de tecnología para la conversión del HCFC-141b al ciclopentano.

Maldivas: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (proyecto de demostración para las alternativas con bajo potencial de calentamiento atmosférico y sin HCFC en refrigeración del sector pesquero) (PNUMA y PNUD)

Antecedentes

137. En su 76ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó el proyecto de demostración sobre alternativas de bajo

potencial de calentamiento atmosférico sin HCFC para refrigeración en el sector pesquero en Maldivas,²⁵ por un monto de 141 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 12 690 \$EUA (decisión 76/34).

138. El proyecto se aprobó para identificar, *inter alia*, tecnologías alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico para el uso en equipos de refrigeración con una carga de refrigerante de 150 kilogramos a 200 kilogramos utilizados en el sector pesquero, y para convertir los equipos de refrigeración que utilizan HCFC-22 en tres barcos pesqueros a las tecnologías con bajo potencial de calentamiento atmosférico.

139. En la 80ª reunión,²⁶ el PNUD, en calidad de organismo de ejecución del proyecto de demostración, informó que el gobierno había seleccionado R-448A, una mezcla no inflamable de HFO-HFC²⁷ con un potencial de calentamiento atmosférico de 1 386 como alternativa de reemplazo. El PNUD pidió orientación sobre si el país podría proceder con el proyecto de demostración usando esta alternativa. El Comité Ejecutivo pidió al PNUD que continuase explorando otras alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico y las informase a la 81ª reunión.

140. En la 81ª reunión,²⁸ el PNUD presentó el informe final sobre el proyecto de demostración. Ese informe concluyó que R-448A seguía siendo el mejor refrigerante de uso inmediato para sustituir el HCFC-22 usado en los barcos pesqueros de Maldivas. El Comité Ejecutivo tomó nota del informe sobre el proyecto de demostración y pidió al PNUD que lo incluyera en el Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para el país, detallara la información sobre las actividades emprendidas al adaptar los sistemas de refrigeración que utilizan HCFC-22 en tres barcos pesqueros y que siguiese explorando otras alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico.

141. El PNUMA, en calidad del organismo de ejecución principal del plan de gestión de eliminación de los HCFC, presentó a la 83ª reunión un Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del proyecto de demostración para la conversión de tres barcos pesqueros.

142. En marzo de 2019, se adquirió el refrigerante de R-448A, el aceite para compresores y otros materiales diversos y se realizó el acondicionamiento siguiendo las directrices proporcionadas por el proveedor del refrigerante de R-448A. Antes de sustituir el HCFC-22 por R-448A no se hizo ninguna modificación significativa al sistema de refrigeración a excepción del cambio de aceite para compresores, junta, retenes y filtros deshidratadores. Un barco pesquero se adaptó al R-448A con buenos resultados.

143. El acondicionamiento puede realizarlo un técnico corriente en refrigeración y climatización y terminarse dentro de un plazo razonable sin interrupción importante de las operaciones pesqueras. Se ha observado que los barcos pesqueros reconvertidos tienen un mejor desempeño, porque el sistema de refrigeración acondicionado tarda un tiempo ligeramente más corto para bajar la temperatura a cero.

144. Asimismo el informe destacó que en el mercado de Maldivas actualmente no se disponía comercialmente del refrigerante con R-448A. La pequeña cantidad de R-448A comprada para el proyecto de demostración específicamente costó 55,31\$EUA /kg, comparado con el precio de 9\$EUA /kg para el HCFC-22. Esto podría crear un obstáculo para la adopción de la nueva tecnología en el sector pesquero.

²⁵ UNEP/OzL.Pro/ExCom/76/40.

²⁶ UNEP/OzL.Pro/ExCom/80/12.

²⁷ HFO-1234yf, HFO-1234ze, HFC-32, HFC-125 y HFC-134a; 20/7/26/26/21 por ciento.

²⁸ UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/10.

Observaciones de la Secretaría

145. En respuesta a un pedido de aclaración, el PNUD informó que realizaron medidas detalladas del desempeño, inclusive la presión y la temperatura en el lado de succión y de descarga. Los datos muestran un desempeño ligeramente mejor de la embarcación reacondicionada, así como una mejora (no significativa) también leve de la eficiencia energética. Estos datos se recopilarán continuamente en los otros dos buques dos reacondicionados. Los dos buques restantes se adaptarán en mayo de 2019, y el informe final sobre todos los resultados alcanzados así como sobre la información financiera del acondicionamiento de los tres barcos pesqueros se presentarán a la 84ª reunión.

146. La Secretaría observó que el refrigerante de R-448A no estaba disponible comercialmente en el mercado de Maldivas, y que el precio de las cantidades importadas para el proyecto era elevado. El PNUMA explicó que una vez que la fuente de R-448A estuviera disponible en cantidades suficientes en el mercado de Asia, el costo del refrigerante disminuiría.

147. La Secretaría preguntó, además, sobre el consumo del sector pesquero y si el gobierno anticipaba dificultades para cumplir con la reducción del 97,5 por ciento en 2020, según lo previsto en su plan de gestión de eliminación de los HCFC. El PNUMA informó que la mayor parte de los barcos pesqueros existentes seguían usando HCFC-22, y el sector pesquero equivalía de 10 a 20 por ciento aproximadamente del consumo del HCFC-22. Sin embargo, la demanda del sector pesquero parece disminuir con la prohibición de equipos que utilizan HCFC impuesta desde 2016. El gobierno de Maldivas se centra firmemente en el desarrollo de soluciones con alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico y sistemas ecoenergéticos; por lo tanto, los nuevos barcos pesqueros importados y las instalaciones establecidas utilizarán refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico, lo que ayudará al país a alcanzar su objetivo de reducción del 97,5 por ciento en 2020.

148. Un informe financiero indicó que, de los 141 000 \$EUA aprobados para el proyecto de demostración, se desembolsaron 94 378 \$EUA (67 por ciento) y los restantes \$46 622 \$EUA estaban comprometidos.

Recomendación de la Secretaría

149. El Comité Ejecutivo podría querer:

- a) Tomar nota con beneplácito del Informe sobre la marcha de las actividades relativo al proyecto de demostración para las alternativas con bajo potencial de calentamiento atmosférico sin HCFC para refrigeración en el sector pesquero ejecutado en Maldivas y presentado por el PNUD; y
- b) Pedir al PNUD que presentase el Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Maldivas.

Macedonia del Norte: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - actualización sobre la conversión del fabricante de espumas Sileks) (ONUDI)

Antecedentes

150. En su 82ª reunión, el Comité Ejecutivo examinó el octavo tramo del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Macedonia del Norte. La ONUDI explicó que en 2016 un incendio destruyó las instalaciones de Sileks, antes de iniciarse la conversión; aun así sólo se le informó a la ONUDI en septiembre 2018 durante una visita al país. No se tomó ninguna decisión sobre si la empresa continuaría con

la conversión prevista o si se devolverían los fondos. Posteriormente, el Comité aprobó el octavo tramo, a condición de que se suministrara una actualización sobre la conversión del fabricante de espumas Sileks a la 83ª reunión, bajo los informes sobre proyectos con requisitos de información específicos (decisión 82/53 a)).

151. La ONUDI, en nombre del gobierno de Macedonia del Norte, presentó una actualización sobre la conversión de Sileks, conforme a la decisión 82/53 a).

Actualización

152. La ONUDI continuó sus deliberaciones con el gobierno y realizó una misión a Sileks. El incendio causó la destrucción completa de la empresa, razón por la cual no está en condiciones de hacer otras inversiones financieras. Por lo tanto, la ONUDI y el gobierno de Macedonia del Norte acordaron cancelar el proyecto y devolver los fondos conexos de 30 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 2 250 \$EUA, al Fondo Multilateral.

Recomendación de la Secretaría

153. El Comité Ejecutivo podría querer:

- a) Tomar nota de la actualización, proporcionada por la ONUDI, sobre la conversión de la empresa Sileks de espumas, financiada bajo la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Macedonia del Norte, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Tomar nota de que el fabricante de espumas Sileks decidió retirarse del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Macedonia del Norte, y que los 30 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 2 250 \$EUA para la ONUDI, asociados a la empresa ya se habían devuelto a la 83ª reunión.

Suriname: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I - tercer tramo) (PNUMA)

Antecedentes

154. En su 81ª reunión, el Comité Ejecutivo examinó el pedido del tercer tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Suriname y tomó nota de las inquietudes planteadas por la Secretaría con respecto a los sistemas de supervisión y otorgamiento de licencias del país relacionados con el proceso de liberación de las importaciones de los HCFC, el registro de los HCFC bajo diversos códigos armonizados y la ausencia de sanciones económicas o de incentivos que insten a los importadores a seguir los procedimientos correctos para dar información sobre las importaciones de los HCFC. Posteriormente, el Comité Ejecutivo pidió al PNUMA, *inter alia*, que en la 83ª reunión proporcionase una actualización de las medidas tomadas por el gobierno de Suriname para fortalecer el sistema de supervisión y licencias para los HCFC, abordando las cuestiones identificadas en el examen del informe de verificación de los HCFC hecho por la Secretaría (decisión 81/51 b)). El Comité también decidió que la financiación bajo el último tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Suriname sería considerada sólo después de que el gobierno de Suriname hubiese abordado todas las cuestiones identificadas en el informe de verificación y hubiese aplicado las medidas pertinentes, fortaleciendo de este modo los sistemas de supervisión y cuotas de importación/exportación (decisión 81/51 c) i)).

155. En respuesta a la decisión 81/51 b), el PNUMA, en nombre del gobierno de Suriname, suministró un informe sobre los esfuerzos realizados por el gobierno para fortalecer el sistema de supervisión y otorgamiento de licencias de los HCFC, que se resume a continuación:

- (a) En enero de 2019 la Dependencia Nacional del Ozono inició las deliberaciones sobre la ejecución del requisito obligatorio de las cartas de conformidad²⁹ para las importaciones de los HCFC, con instituciones tales como Aduanas, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, y la Oficina de Salud Pública, que están implicados en el proceso y la supervisión de las transacciones relativas a las importaciones/exportaciones. Como medida provisoria, las entidades gubernamentales convinieron en que, sin la carta de conformidad, las remesas de SAO no se despacharían de aduanas. Los importadores tienen la obligación de presentar esa carta con una solicitud de importación al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Según la legislación nacional sólo la Oficina de Salud Pública puede hacer la inspección de la remesa;
- b) La Dependencia Nacional del Ozono consultó a las autoridades aduaneras sobre la capacitación de los despachantes y oficiales de aduanas relativa a las descripciones de productos para los HCFC y los códigos del sistema armonizado. Se prevé que la capacitación tendrá lugar entre abril y septiembre de 2019. Los asociados de esta capacitación incluirán la Asociación de Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración de Suriname (ARVAS, por su sigla en inglés) y por lo menos un importador;
- c) Desde noviembre de 2018, la Dependencia Nacional del Ozono inició el proceso para hacer funcionar un sistema en línea, que se establecerá en junio de 2019, destinado a procesar solicitudes de permisos de importación. Asimismo, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo está estableciendo un sistema nacional de otorgamiento de licencias electrónico que incluya las SAO; esto permitirá el intercambio en línea de datos sobre las importaciones y la verificación independiente de las importaciones de refrigerantes que se hayan informado. Para supervisar el comercio y el uso de los HCFC, la Dependencia Nacional del Ozono trabaja en estrecha colaboración con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y la ARVAS para establecer un sistema de registro para todas las compras de refrigerantes, que se incluirán como parte del sistema en línea de Ministerio de Comercio, Industria y Turismo;
- (e) Semestralmente, desde 2018, la Aduana y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo comparten los datos sobre las importaciones de todos los refrigerantes y equipos de refrigeración y climatización con la Dependencia Nacional del Ozono.

Observaciones de la Secretaría

156. La Secretaría tomó nota con beneplácito de los esfuerzos realizados por el gobierno de Suriname para fortalecer el sistema de otorgamiento de licencias, observando que esos esfuerzos debían supervisarse cuidadosamente durante la eliminación de HCFC.

157. En respuesta a un pedido de aclaración sobre la función de la Dependencia Nacional del Ozono en el proceso de verificación de las importaciones, el PNUMA informó que, según la legislación nacional, la Oficina de Salud Pública era responsable de la inspección de remesas; las cartas de conformidad sobre las importaciones expedidas por la Dependencia Nacional del Ozono son necesarias para permitir las importaciones de los HCFC y, de este modo, la Dependencia Nacional del Ozono controla operacionalmente el proceso de las importaciones antes de que éstas se efectúen.

²⁹ La carta de conformidad es un requisito previo para la importación de los HCFC bajo el sistema de cuotas; la Dependencia Nacional del Ozono la expide a los importadores antes de importar HCFC.

158. El PNUMA informó que, para asegurar la precisión de los códigos del sistema armonizado y de las descripciones de productos en los Documentos Administrativos Únicos³⁰ para las importaciones, se propuso la capacitación de los oficiales y despachantes de aduanas, de ARVAS y otros interesados directos pertinentes sobre entradas de datos en dichos documentos; asimismo se proporcionaría una herramienta de referencia rápida para ayudar a los despachantes a poner los datos correctos en los Documentos Administrativos Únicos.

159. Con respecto a la cuestión de presentación periódica de datos y la conservación de dichos datos, el PNUMA informó que los importadores presentaban los datos anualmente basado en las cartas de conformidad; se delibera sobre el pedir a los importadores que informen los datos semestralmente. Además, la Dependencia Nacional del Ozono planea abordar un proceso semestral de información de ventas con los minoristas, con el apoyo de ARVAS.

160. En respuesta a un pedido de aclaración sobre las sanciones económicas o los incentivos para alentar a los importadores a seguir los procedimientos correctos al dar información precisa sobre las importaciones de HCFC, el PNUMA explicó que, si se observara la violación procesal, las peticiones de importación no se procesarían hasta que los importadores tomaran las medidas correctivas necesarias, de acuerdo con las reglas del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y de Aduanas.

161. El PNUMA también mencionó que su Programa de Asistencia al Cumplimiento apoyó al gobierno de Suriname en el diseño, examen y puesta en práctica de políticas y reglamentaciones sobre las cuestiones relativas a la detección y prevención del comercio ilícito; también se capacitó al oficial nacional del ozono sobre los procedimientos de aplicación del Protocolo de Montreal, inclusive la supervisión y la presentación de datos.

Recomendación de la Secretaría

162. El Comité Ejecutivo podría:

- a) Tomar nota del informe sobre los esfuerzos realizados por el gobierno de Suriname para fortalecer el sistema de supervisión y otorgamiento de licencias de los HCFC, presentado por el PNUMA, que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Reiterar la decisión 81/51 c) i) que establece que el Comité Ejecutivo consideraría la financiación bajo el último tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Suriname, sólo después de que el gobierno de Suriname hubiese abordado todas las cuestiones identificadas en el informe de verificación y tomado las medidas pertinentes, fortaleciendo de este modo los sistemas de otorgamiento de licencias y cuotas para las importaciones/exportaciones.

³⁰ Los importadores deben llenar un Documento Administrativo Único antes de que la Aduana libere las importaciones de HCFC.

Túnez: Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II) – pedido de cancelación del plan sectorial de climatización y actualización del Acuerdo (ONUDI, PNUMA y gobierno de Francia)

163. En nombre del gobierno de Túnez, la ONUDI, en calidad de organismo de ejecución principal y responsable del plan sectorial de climatización residencial de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC,³¹ presentó un pedido de cancelación del plan sectorial de climatización de dicho plan de gestión, y la actualización del Acuerdo firmado entre el gobierno y el Comité Ejecutivo para la reducción del consumo de los HCFC.

164. En su carta³² a la ONUDI, el gobierno de Túnez informó que después de evaluar la situación actual del sector de climatización, descubrió que las empresas beneficiarias tenían dificultades técnicas y financieras para convertirse a la tecnología alternativa acordada (es decir, R-290). En consecuencia, autorizaba a la ONUDI a cancelar 1 108 275 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo aprobados en principio para la ejecución del plan sectorial, y devolver el saldo asociado al plan sectorial. Además, el gobierno pidió que el período de ejecución del plan de gestión de eliminación de los HCFC se prolongase de 2018 a 2020 para terminar las actividades restantes bajo la etapa I.

165. La ONUDI indicó que el gobierno de Túnez convino en que el consumo asociado al sector de fabricación de equipos de aire acondicionado de 79,3 tm (4,36 toneladas PAO) se consideraría totalmente eliminado, y se deduciría del consumo admisible restante, además del consumo relacionado con el sector de servicios, según el Acuerdo original. El Cuadro 9 muestra el consumo actual de los HCFC en Túnez.

Cuadro 9. Consumo de los HCFC en Túnez (datos de 2014-2017 en virtud del Artículo 7, datos del programa de país de 2018)

HCFC	2014	2015	2016	2017	2018	Base
Toneladas métricas						
HCFC-22	610,43	629,75	463 562	501 535	471,13	709,34
HCFC-141b	8,46	8,46	0	8,25	0	14,57
Total (tm)	618,89	638,21	464 062*	509 785	471,13	723,91
Toneladas PAO						
HCFC-22	33,57	34,63	25,50	25,78	25,91	39,01
HCFC-141b	0,93	0,93	0	0,91	0	1,61
Total (toneladas PAO)	34,5	35,56	25,50	28,49	25,91	40,62

*HFC-123 (0,5 tm) informado en 2016.

166. Además, la ONUDI indicó que en la 84ª reunión se devolvería el saldo del plan sectorial de climatización de 900 489 \$EUA, que consiste en 340 237 \$EUA y los costos asociados a oficina de gestión de proyectos de 21 792 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 25 342 \$EUA para la ONUDI; y de 454 087 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 59 031 \$EUA para el gobierno de Francia, aprobado como parte del primero y segundo tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC.

³¹ La etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC para Túnez para el período de 2014 a 2018 para reducir el 15% por ciento de la base de consumo de HCFC, se aprobó en principio en la 72ª reunión, con un monto de 1 966 209 \$EUA, que consiste en 1 100 195 \$EUA, 77 014 \$EUA para la ONUDI; 100 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 13 000 \$EUA para el PNUMA, y de 600 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 76 000 \$EUA para el gobierno de Francia (decisión 72/36 a)).

³² Carta del 15 de marzo de 2019, enviada a la ONUDI por la Agencia Nacional para la Protección del Medio Ambiente de Túnez.

167. La ONUDI suministró un plan revisado para la ejecución de los restantes componentes de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC, que concluirán en 2020, de la manera siguiente:

- a) Conclusión de la adopción de la legislación subsidiaria para alinear el nuevo sistema de acreditación con los requisitos de la reglamentación europea sobre gases fluorados;
- b) Conclusión de la conversión de la empresa restante en el sector de solventes, y preparación de los informes de terminación de proyecto;
- c) Continuación de la capacitación para las autoridades aduaneras y otros interesados directos, junto con instructores provenientes del sector de servicios, sobre la identificación de refrigerantes;
- d) Continuación de las actividades de capacitación para instructores de escuelas de formación profesional para incluir los elementos requeridos de los módulos actualizados de capacitación práctica que se utilizarán para la futura formación de técnicos, y continuación de la capacitación de los técnicos;
- e) Continuación de la ejecución del programa de incentivos para el reemplazo de equipos destinado a fomentar el uso de nuevos refrigerantes alternativos, para usuarios finales seleccionados; y
- f) Continuación de los programas en curso de campañas de sensibilización que abordan prácticas y habilidades de servicio idóneas y seguras en el uso de refrigerantes alternativos.

168. La ONUDI propone distribuir la financiación de la etapa I, después de deducir la financiación para el plan sectorial de climatización y prolongar el Acuerdo de 2018 a 2020, según lo presentado en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Distribución revisada del tramo para la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC para Túnez

ORIGINAL						
Detalles	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Financiación convenida para el organismo de ejecución de principal (ONUUDI) (\$EUA)	512 885	478 896	0	108 414	0	1 100 195
Gastos de apoyo para el organismo de ejecución principal (\$EUA)	35 902	33 523	0	7 589	0	77 014
Financiación convenida para el organismo de ejecución cooperante (PNUMA) (\$EUA)	30 000	55 000	0	15 000	0	100 000
Gastos de apoyo para el organismo de ejecución cooperante (PNUMA) (\$EUA)	3 900	7 150	0	1 950	0	13 000
Financiación convenida para el organismo de ejecución cooperante (Francia) (\$EUA)	135 690	394 397	0	69 913	0	600 000
Gastos de apoyo para el organismo de ejecución cooperante (Francia) (\$EUA) *	17 187	49 957	0	8 856	0	76 000
Total de financiación acordada (\$EUA)	678 575	928 293	0	193 327	0	1 800 195
Total de gastos de apoyo de los organismos (\$EUA)	56 989	90 630	0	18 395	0	166 014
Total de gastos convenidos (\$EUA)	735 564	1 018 923	0	211 722	0	1 966 209
REVISADO						
	2014	2016	2018	2019	2020	Total

Financiación convenida para el organismo de ejecución de principal (ONUDI) (\$EUA)	376 920	71 038	0	57 500	0	505 458
Gastos de apoyo para el organismo de ejecución principal (\$EUA)	26 384	4 973	0	4 025	0	35 382
Financiación convenida para el organismo de ejecución cooperante (PNUMA) (\$EUA)	30 000	55 000	0	15 000	0	100 000
Gastos de apoyo para el organismo de ejecución cooperante (PNUMA) (\$EUA)	3 900	7 150	0	1 950	0	13 000
Financiación convenida para el organismo de ejecución cooperante (Francia) (\$EUA)	38 000	38 000		19 000		95 000
Gastos de apoyo para el organismo de ejecución cooperante (Francia) (\$EUA) **	4 940	4 940	0	2 470	0	12 350
Total de financiación acordada (\$EUA)	444 920	164 038		91 500		700 458
Total de gastos de apoyo de los organismos (\$EUA)	35 224	17 063		8 445		60 732
Total de gastos convenidos (\$EUA)	480 144	181 101		99 945		761 190

* Calculado sobre la base del costo total original del proyecto de 600 000 \$EUA

** Calculado como 13 por ciento basado en la financiación revisada de 95 000 \$EUA después de la devolución.

Observaciones de la Secretaría

Retiro del plan sectorial de climatización de la etapa I

169. Al examinar esta petición, la Secretaría observó que durante el examen de proyecto de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC, la falta de juegos de piezas sueltas con bajo potencial de calentamiento atmosférico disponibles en el mercado hizo que estos proyectos comenzasen sólo en 2016, es decir, dos años después de la aprobación del plan de gestión de eliminación de los HCFC. Dado que los juegos de piezas sueltas no estaban disponibles para 76ª reunión, cuando se aprobó el pedido del segundo tramo, la ejecución del plan sectorial de climatización se difirió. Después de considerar la disponibilidad de estos juegos, las cuatro empresas de climatización convirtieron sus operaciones usando juegos de piezas sueltas de R-410A desde 2017, con sus propios recursos, y pidieron la cancelación del plan sectorial de climatización.

Plan revisado de acción y distribución del financiamiento para la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC y presentación del tercer tramo

170. La Secretaría observó que el plan de acción suministrado por la ONUDI era una continuación de las actividades que se habían aprobado como parte del segundo tramo, e incluía las que se ejecutarían para el último tramo. Estas actividades apoyarán al país a mantener la reducción del consumo de los HCFC con el uso de prácticas idóneas de mantenimiento. La ONUDI presentará a la 84ª reunión el pedido del tercer tramo de la etapa I junto con la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC. La ONUDI aseguró que las actividades del sector de solventes y de servicios de refrigeración se ejecutaban; el progreso de estas actividades se examinará más cuando se presente el pedido para el tercero y último tramo.

Revisión del Acuerdo del plan de gestión de eliminación de los HCFC

171. Debido al retiro del plan sectorial de climatización de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC y del calendario revisado de financiación, se actualizaron los Apéndices 2-A y 8-A del Acuerdo firmado entre el gobierno de Túnez y el Comité Ejecutivo, y se agregó un nuevo apartado 16 para indicar que el Acuerdo actualizado reemplaza al suscrito en la 72ª reunión, conforme al anexo III del presente documento. El Acuerdo actualizado completo se adjuntará al informe final de la 83ª reunión.

Recomendación de la Secretaría

172. El Comité Ejecutivo podría querer:

- a) Tomar nota del pedido del gobierno de Túnez de retirar el plan sectorial de climatización residencial, ejecutado por la ONUDI y el gobierno de Francia, de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/72/36, observando que todas las empresas incluidas en el plan sectorial habían eliminado su consumo de HCFC-22 (4,36 toneladas PAO);
- b) Tomar nota además de:
 - i) Que el monto de 1 206 919 \$EUA, que comprende 513 275 \$EUA, y los costos asociados de la oficina de gestión de proyectos de 81 462 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 41 632 \$EUA para la ONUDI; y de 505 000 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 65 550 \$EUA, para el gobierno de Francia, aprobado en principio para el plan sectorial de climatización de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC, se suprimirían del Acuerdo firmado entre el gobierno de Túnez y el Comité Ejecutivo;
 - ii) El plan sectorial revisado de servicios de refrigeración incluido en la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC;
 - iii) Que la Secretaría del Fondo había actualizado el Apéndice 2-A del Acuerdo firmado entre el gobierno de Túnez y el Comité Ejecutivo, que figura en el Anexo III del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11, para reflejar el retiro del plan sectorial de climatización residencial ejecutado por la ONUDI y el gobierno de Francia y el calendario de financiamiento revisado, y que se había agregado un nuevo apartado 16 para indicar que el Acuerdo actualizado reemplazaba al suscrito en la 72ª reunión, y que el Apéndice 8-A había sido suprimido; y
- c) Pedir a la ONUDI y al gobierno de Francia que en la 84ª reunión devolvieran al Fondo Multilateral 900 489 \$EUA que consistían en 340 237 \$EUA y los costos asociados de la oficina de gestión de proyectos de 21 792 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 25 342 \$EUA para la ONUDI; y 454 087 \$EUA, más los gastos de apoyo del organismo de 59 031 \$EUA para el gobierno de Francia, asociados al plan sectorial de climatización aprobado como parte del primero y segundo tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de los HCFC.

PARTE V: PROYECTOS PILOTO PARA ALTERNATIVAS DE BAJO POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO (PCA) A LOS HCFC Y ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN URBANA (DECISIÓN 72/40)

Antecedentes

173. En la 74ª, 75ª y 76ª reuniones el Comité Ejecutivo aprobó tres estudios de factibilidad para sistemas de refrigeración urbana (República Dominicana, Egipto y Kuwait) y 17 proyectos piloto para tecnologías de bajo PCA, conforme a las decisiones XXV/5 y 72/40. Lo anterior incluía siete proyectos en el subsector refrigeración, climatización y ensamblaje (China, Colombia, Costa Rica, Kuwait, Arabia Saudita (dos), uno

global (Argentina y Túnez) y otro regional (Asia Occidental);³³ cinco en el sector espuma (Colombia, Egipto, Marruecos, Arabia Saudita, Sudáfrica y Tailandia), tres en el sector servicio técnico de equipos de refrigeración (Maldivas, Europa y Asia Central) y un proyecto mundial (África Oriental y el Caribe).

174. A la 82ª reunión se habían terminado y presentado al Comité Ejecutivo los informes finales de dos de los tres estudios de factibilidad (República Dominicana y Egipto) y de seis de los 17 proyectos piloto (China, Colombia (2), Costa Rica, Maldivas y Sudáfrica). Los informes finales correspondientes al restante estudio de factibilidad y a siete de los 11 proyectos piloto en curso se deberán presentar ante la 83ª reunión.

175. Los organismos bilaterales y de ejecución presentaron a la consideración de la 83ª reunión:

- a) Los informes finales de los proyectos piloto en Arabia Saudita (climatización, Banco Mundial) y Tailandia y del estudio de factibilidad de sistemas de refrigeración urbana en Kuwait (los informes completos se adjuntan en los Anexos IV, V y VI al presente documento); y
- b) Los informes de avance sobre la ejecución de nueve proyectos piloto.

176. Respecto de los informes de avance presentados a la 83ª reunión, la Secretaría recomienda cancelar un proyecto (Kuwait) y prorrogar la fecha de término de los otros seis en curso en Egipto, Europa y Asia Central, Marruecos, Arabia Saudita (2) y Asia Occidental, habida cuenta del estado de avance informado y de la avanzada etapa de ejecución en que se encuentran.

177. A continuación se presentan la descripción de cada informe y las correspondientes observaciones y recomendaciones de la Secretaría.

Egipto: Actividades de demostración de opciones de bajo costo para la conversión a tecnologías libres de SAO de microusuarios del sector espuma de poliuretano (PNUD)

Antecedentes

178. En la 76ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó un proyecto piloto para optimizar tecnologías libres de SAO en el sector espuma de poliuretano de Egipto. El proyecto, que debía aportar a la disponibilidad de dichas tecnologías y presentar opciones económicas de eliminación para microusuarios, se aprobó por un monto de 295.000 \$EUA más gastos de apoyo de 20.650 \$EUA para el PNUD. Se solicitó al Gobierno de Egipto y al PNUD llevar a término el proyecto dentro del lapso de 12 meses de su aprobación y presentar un completo informe final al más breve plazo tras su finalización (decisión 76/30).

179. En la 80ª reunión, el Comité Ejecutivo prorrogó la fecha de término hasta el 31 de diciembre de 2018, en el entendido de que no se permitiría requerir nuevas prórrogas, y solicitó al PNUD presentar el informe final a más tardar a la 83ª reunión (decisión 80/26(e)).

Informe de avance

180. Conforme a lo dispuesto en la decisión 80/26(e), el PNUD ha presentado a nombre del Gobierno de Egipto un informe final preliminar sobre el proyecto piloto. Si bien ya han concluido la mayoría de las actividades previstas, el informe final se presentará a la 84ª reunión, una vez que el proveedor de sistemas y una muestra de microusuarios hayan sometido los equipos a prueba.

³³ Proyecto de fomento de refrigerantes alternativos en países de altas temperaturas ambiente conocido como PRAHA-II.

181. El proyecto se ejecutó en dos partes: la primera consistió en la selección de equipos (definición de especificaciones, licitación, análisis de ofertas y adquisición) y la segunda en la optimización de sistemas de espuma integrados (seleccionar un proveedor de sistemas dispuesto a trabajar con estos equipos, adquirirlos al proveedor y probarlos en terreno con microusuarios).

182. La selección de equipos contempló un proceso de adquisición donde se definieron especificaciones expresas para los equipos móviles a licitar para microusuarios. Después de analizar las ofertas recibidas, se seleccionaron y adquirieron una máquina espumante de alta presión y dos de baja presión, una de ellas para espuma de piel integral. Las máquinas se distribuyeron a tres proveedores de sistemas para su evaluación, aspecto del proyecto que aún no concluye.

183. Los resultados de la licitación mostraron que un dispensador de espuma básico de tipo proyectado se puede comprar en 5.350 \$EUA en lugar de 10.000 \$EUA; que un dispensador básico tipo pulverizador/proyectado se puede comprar en 6.600 \$EUA en lugar de 10.000 \$EUA, y que un dispensador básico de espuma de piel integral se puede comprar en 18.480 \$EUA en lugar de 25.000-30.000 \$EUA.

184. El objetivo del componente químico del proyecto fue poner sistemas de espuma integrados de larga vida útil a disposición de microusuarios poco frecuentes. Esto se hizo tras ubicar y visitar al menos un fabricante más proveedores nacionales de sistemas interesados en distribuir o desarrollar productos similares. Estos últimos mostraron poco interés, dado que los sistemas en cuestión tenían un alto costo.

185. El PNUD indicó que los resultados del proyecto arrojaban que:

- a) Los dispensadores de espuma básicos se pueden conseguir a menor precio cuando las especificaciones están claramente definidas, lo que podría reducir los costos en equipamiento de futuros proyectos financiados por el Fondo para pequeños y microfabricantes de espuma; y
- b) No hubo interés en el uso de sustancias químicas integradas, las que se destinan a usos acotados (p. ej., rellenos en torno a postes eléctricos) poco comunes en países del artículo 5 y tienen un elevado costo de inversión.

Observaciones de la Secretaría

186. La Secretaría pidió aclarar el proceso de evaluación de los equipos seleccionados, notando que éstos aún no eran sometidos a prueba por el proveedor de sistemas o por la muestra de microusuarios. El PNUD replicó que las pruebas quedarían terminadas a fines de mayo de 2019, con un retraso causado por demoras en la entrega de los equipos. Para cautelar la eficacia de las pruebas, los proveedores de sistemas fueron informados de las especificaciones de los dispensadores. Una vez terminada esta etapa, los equipos serán nuevamente evaluados en las instalaciones de un pequeño usuario, actividad que se espera concluir en junio de 2019.

187. Sobre la base del informe presentado, la Secretaría tomó nota de lo siguiente:

- a) Si bien pareciera que el proceso de licitación permitió al PNUD conseguir máquinas espumantes móviles a bajo costo, su utilidad y eficiencia aún no han sido verificadas a través de pruebas con microusuarios; y
- b) Los sistemas integrados de espuma de poliuretano no son una alternativa comercialmente viable en países del artículo 5, dado que éstos se destinan a usos poco comunes en estos países y que su costo resulta demasiado elevado para los microusuarios.

188. La Secretaría tomó nota además de que el proyecto seguía inconcluso a diciembre de 2018 pese a habersele otorgado previamente una prórroga (decisión 80/26(e)). Ello no obstante, es importante concluir las pruebas y evaluación de los equipos de bajo costo, proceso que podrá arrojar conclusiones técnicas sobre su utilidad para microusuarios. El PNUD indicó que los ensayos en terreno con tres proveedores de sistemas y ciertos usuarios de espumas quedarán terminados en junio de 2019.

189. Tomando nota de que los ensayos en terreno de los equipos es la única actividad pendiente, la Secretaría recomienda conceder una prórroga con vistas a recibir un detallado informe final en la 84ª reunión. Dicho informe debe aportar detalles sobre la comparación de las especificaciones del equipo original respecto de las unidades optimizadas de bajo costo, su desempeño durante las pruebas, y recomendaciones sobre su utilidad para los microusuarios. Debe además informar sobre los sistemas de espuma utilizados para las pruebas y los resultados de la utilización de equipos de bajo costo. Habida cuenta de las actividades que restan por realizar, la finalización del proyecto no se debiese postergar más allá del 31 de julio de 2019.

Recomendación de la Secretaría

190. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota del informe final preliminar sobre el proyecto de demostración de opciones de bajo costo para la conversión a tecnologías libres de SAO en el sector espuma de poliuretano con microusuarios de Egipto, presentado por el PNUD y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- b) De forma excepcional, y tomando nota de los avances logrados, prorrogar la fecha de término del proyecto mencionado en el inciso a) anterior hasta el 31 de julio de 2019, en el entendido de que no se permitirá requerir nuevas prórrogas, y solicitar al PNUD presentar el informe final a más tardar a la 84ª reunión; y
- c) Solicitar al PNUD asegurarse de que el informe final del proyecto señalado en el inciso a) anterior se presente a la 84ª reunión y de que incluya detalles sobre la comparación de las especificaciones del equipo original frente a las unidades optimizadas de bajo costo, el desempeño de los equipos durante las pruebas, los sistemas de espuma utilizados para las pruebas, y recomendaciones sobre su utilidad para los microusuarios.

Región de Europa y Asia Central: Desarrollo de un centro regional de excelencia para capacitación, acreditación y demostración de refrigerantes alternativos de bajo PCA - informe de avance (Federación de Rusia)

Antecedentes

191. El Gobierno de la Federación de Rusia, actuando a nombre de los países de la región de Europa y Asia Central (EAC), presentó un informe de avance sobre el desarrollo de un centro regional de excelencia para capacitación, acreditación y demostración de refrigerantes alternativos de bajo PCA,³⁴ conforme a lo dispuesto en la decisión 82/22(f).

³⁴ El Comité Ejecutivo aprobó el proyecto en la 76ª reunión por un monto de 591.600 \$EUA más gastos de apoyo de 75.076 \$EUA para el Gobierno de la Federación de Rusia, conforme a lo dispuesto en la decisión 72/40, y solicitó a dicho Gobierno llevar a término el proyecto dentro del plazo de 36 meses desde su aprobación y presentar un completo informe final al más breve plazo tras su finalización (decisión 76/35).

192. El objetivo global del proyecto fue potenciar la capacidad técnica del sector refrigeración y climatización de los países de Europa del Este y Asia Central (EAC)³⁵ para superar las barreras que dificultan la adopción de refrigerantes de bajo PCA; mejorar las prácticas de servicio y mantenimiento; reducir los niveles de emisión de gases fluorados de los equipos de refrigeración y climatización en uso y familiarizar a técnicos y fabricantes con el diseño y operación ecoenergética de los equipos de refrigeración y climatización residencial, comercial e industrial. El Gobierno de la Federación de Rusia solicitó la colaboración de la ONUDI para la implementación del proyecto.

Informe de avance

193. El centro regional de excelencia previsto se está estableciendo en Armenia bajo la dirección del Ministerio de Protección de la Naturaleza y será inaugurado en septiembre de 2019. Una vez que entre en operaciones, el centro entregará servicios de capacitación y asesoría a países de la región EAC.

194. Se están llevando a cabo las siguientes actividades:

- a) Creación de un sitio web (<http://hvaccenter.am/>) como herramienta de difusión de los servicios del centro y de capacitación en línea;
- b) Desarrollo de programas de capacitación, acreditación y formación de instructores;
- c) Desarrollo de un currículum vocacional y académico común de estudios en refrigeración y climatización para su aplicación en cada país como parte de los planes de gestión para la eliminación de HCFC (finalizado); y
- d) Traducción al idioma ruso del anteproyecto de norma sobre gases fluorados armonizado con el reglamento 517/2014 de la Unión Europea y desarrollo de un sistema simplificado de acreditación técnica en gases fluorados que facilite la implementación de sistemas de acreditación en cada país de la región EAC (finalizado).

195. El Gobierno de la Federación de Rusia, por medio de la ONUDI, ha dado inicio a un proceso de licitación para ejecutar el proyecto de demostración de refrigerantes de bajo PCA y diseños ecoenergéticos.

Nivel de desembolso de fondos

196. A abril de 2019 se habían aprobado 591.600 \$EUA y desembolsado 366.596 \$EUA (62%).

Observaciones de la Secretaría

197. La Secretaría pidió aclarar la fecha de término del proyecto, haciendo notar que, según el informe, las actividades quedarían terminadas en noviembre de 2019, pese a que la fecha de término era junio de 2019. Se explicó que aunque el proyecto fue aprobado en 2016, la ONUDI sólo recibió los fondos del Gobierno de la Federación de Rusia en septiembre de 2017. El proyecto debiese concluir en diciembre de 2019.

198. En respuesta a la petición de aclaración de la Secretaría sobre la asistencia técnica prestada en el marco del proyecto, el Gobierno de la Federación de Rusia indicó que se estableció un consejo regional de asociaciones nacionales de refrigeración de los países beneficiarios; que se están desarrollando módulos de educación en línea sobre el uso de refrigerantes naturales y el correcto uso de sistemas a base de amoníaco,

³⁵Albania, Armenia, Bosnia y Herzegovina, Georgia, la República Kirguisa, Montenegro, Macedonia del Norte, República de Moldova, Serbia, Turquía y Turkmenistán.

CO₂ y HC como parte de las actividades de educación y capacitación en línea, y que se pondrán guías en línea sobre el uso de los módulos educativos, con traducción a los idiomas que corresponda.

199. La Secretaría tomó nota de los notables avances logrados en la ejecución del proyecto pese al retraso inicial, tomando nota además de que el centro se constituirá en un aporte al fortalecimiento del sector refrigeración y climatización en la región.

Recomendación de la Secretaría

200. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota del informe de avance sobre el desarrollo de un centro regional de excelencia para capacitación, acreditación y demostración de refrigerantes alternativos de bajo PCA en Europa y Asia Central, presentado por el Gobierno de la Federación de Rusia y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) De forma excepcional, y tomando nota de los avances logrados, prorrogar la fecha de término del proyecto, en el entendido de que no se permitirá requerir nuevas prórrogas, y solicitar el Gobierno de la Federación de Rusia presentar el informe final del proyecto mencionado en el inciso a) anterior a más tardar a la 85ª reunión.

Kuwait: Informe sobre proyecto piloto para evaluar el desempeño de tecnologías libres de HCFC y de bajo PCA en aplicaciones de climatización (PNUD)

Antecedentes

201. En la 76ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó un proyecto piloto para evaluar el desempeño de tecnologías libres de HCFC y de bajo PCA en aplicaciones de climatización en Kuwait,³⁶ por un monto de 293.000 \$EUA más gastos de apoyo de 20.510 \$EUA, conforme a lo dispuesto en la decisión 72/40.

202. El objetivo del proyecto era demostrar el desempeño de dos tipos de climatizadores disponibles para condiciones de alta temperatura ambiente: un sistema de aire acondicionado a base de HFC-32 de 8 toneladas de capacidad y un mini-refrigerador comercial a base de R-290 de 40 toneladas de capacidad a ser instalado en cuatro puntos escogidos en Kuwait. Se controlaría y evaluaría el desempeño de los compresores, condensadores y evaporadores y la eficiencia y consumo energético a fines de compararlos con equipos a base de HCFC-22 y R-410a de similar tamaño y capacidad.

203. El PNUD, a nombre del Gobierno de Kuwait, ha presentado un informe indicando no haber logrado ejecutar el proyecto pese a haberse realizado una activa búsqueda de proveedores de los equipos R-290 y HFC-32 propuestos, debido a que las ofertas recibidas en el proceso de licitación tenían costos que triplicaban el monto aprobado. Producto de ello, el PNUD y el Gobierno de Kuwait solicitan la cancelación del proyecto y reintegrar los saldos a la 84ª reunión.

Observaciones de la Secretaría

204. Al solicitar aclaración sobre las medidas adoptadas tras recibir las primeras ofertas de alto costo, el PNUD explicó que, tras consultas con la Unidad Nacional del Ozono y el Instituto de Investigación Científica de Kuwait (KISR), se resolvió reducir las sedes del proyecto de cuatro a dos y llamar a una nueva licitación, la que se declaró desierta tras recibirse sólo una oferta a un costo de 650.000 \$EUA. El PNUD agregó que su

³⁶ UNEP/OzL.Pro/ExCom/76/38.

reglamento financiero interno obliga a licitar toda adquisición, por lo que no fue posible comprar los equipos al único oferente pese a requerirse un número menor de unidades.

205. La Secretaría manifestó su inquietud respecto de la solicitud de cancelación, haciendo notar que la propuesta del proyecto había recibido una rigurosa evaluación y que el PNUD había asegurado que los equipos que se quería evaluar estaban disponibles. El PNUD explicó que durante la ejecución el precio de los equipos propuestos se convirtió en un problema, a lo que se sumaron inquietudes sobre la seguridad operativa de equipos de mayor capacidad en países que carecían de experiencia de uso y de una normativa al respecto. Fue por estos motivos que el proyecto no pudo realizarse y lo que llevó a solicitar su cancelación y el reintegro de los saldos remanentes. El informe financiero provisorio entregado mostró que no se habían hecho desembolsos. El PNUD aclaró que el reintegro de fondos debería efectuarse en la 84ª reunión, dado que el procedimiento de cierre del proyecto exigía la firma tanto del PNUD como del Gobierno de Kuwait.

Recomendación de la Secretaría

206. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno cancelar el proyecto piloto para evaluar el desempeño de tecnologías libres de HCFC y de bajo PCA en aplicaciones de climatización en Kuwait y solicitar al PNUD reintegrar, a la 84ª reunión, el monto de 293.000 \$EUA más gastos de apoyo de 20.510 \$EUA.

Marruecos: Proyecto de demostración del uso de tecnología de bajo costo, con pentano como agente espumante, para la conversión a tecnologías libres de SAO en la producción de espumas de poliuretano en pequeñas y medianas empresas (ONUDI)

207. En la 75ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó un proyecto de demostración del uso de tecnología de bajo costo, con pentano como agente espumante, para la conversión a tecnologías libres de SAO en la producción de espumas de poliuretano en Pymes de Marruecos,³⁷ por un monto de 280.500 \$EUA más gastos de apoyo de 19.635 \$EUA para la ONUDI (decisión 75/41).

208. El objetivo del proyecto era explorar la posibilidad de reducir los costos iniciales de capital diseñando una máquina de producción de espumas sencilla, compacta, normalizada y de fácil manejo, capaz de funcionar con equipos de pentano inflamable y sistemas de ventilación móvil que sirven a la fabricación de distintos productos. El proyecto tenía un plazo de ejecución de 16 meses.

209. En la 80ª reunión, el Comité Ejecutivo acordó prorrogar la fecha de término hasta el 31 de diciembre de 2018, en el entendido de que no se permitiría requerir nuevas prórrogas, y solicitó a la ONUDI presentar el informe final a más tardar a la 83ª reunión (decisión 80/26(f)).

210. La ONUDI, a nombre del Gobierno de Marruecos, ha presentado a la 83ª reunión un breve informe de avance que indica haberse encontrado proveedores para las máquinas espumantes y las sustancias químicas; que las sustancias y equipos se habían adquirido, recibido e instalado y que los procesos de inicio de actividades, puesta en servicio, ensayos y capacitación quedarían finalizados a fines del 2019.

Observaciones de la Secretaría

211. La ONUDI explicó que el importante retraso en la ejecución del proyecto se debió a que la Unidad Nacional del Ozono no estuvo disponible para participar en el estudio de determinación de posibles proveedores de polioles premezclados y de equipos de espuma a base de HC. Los equipos debían además instalarse en recintos recién edificados de una zona industrial que aún no entraba en operaciones al momento

³⁷ UNEP/OzL.Pro/ExCom/75/58.

de su recepción en 2018. La Secretaría tomó nota de que se hicieron importantes esfuerzos, de que la mayoría de las actividades previstas en el proyecto piloto se habían realizado, de que se había incurrido en gastos, y de los beneficios de llevar el proyecto a buen término y de compartir los resultados con los demás países del artículo 5. Tras debatir el tema con la ONUDI, se acordó que el proyecto debe quedar terminado en septiembre de 2019 y que la ONUDI debe presentar el informe final a la 84ª reunión.

Recomendación de la Secretaría

212. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota del informe de avance sobre el proyecto de demostración del uso de tecnología de bajo costo, con pentano como agente espumante, para la conversión a tecnologías libres de SAO en la producción de espumas de poliuretano en pequeñas y medianas empresas de Marruecos, presentado por la ONUDI y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- b) Prorrogar la fecha de término del proyecto mencionado en el inciso a) anterior hasta el 30 de septiembre de 2019, habida cuenta del avance de la ejecución y de la potencial replicabilidad de los resultados en países del artículo 5; y
- c) Solicitar a la ONUDI presentar el informe final del proyecto mencionado en el inciso a) anterior a la 84ª reunión y reintegrar todos los saldos remanentes a la 85ª reunión.

Arabia Saudita: Proyecto de demostración del uso de refrigerantes a base de HFO de bajo PCA en el sector climatización bajo condiciones de alta temperatura ambiente (ONUDI)

Antecedentes

213. La ONUDI, a nombre del Gobierno de Arabia Saudita, ha presentado a la 83ª reunión un informe de avance sobre el proyecto de demostración del uso de refrigerantes a base de HFO de bajo PCA en el sector climatización bajo condiciones de alta temperatura ambiente.

214. El proyecto se aprobó durante la 76ª reunión y tenía el objetivo de fabricar, probar y optimizar climatizadores modelo de bajo PCA que utilicen mezclas de HFO/HFC y R-290, previéndose hacer una prueba de fabricación más la conversión de una línea de producción, todo ello por un monto de 1.300.000 \$EUA más gastos de apoyo de 91.000 \$EUA para la ONUDI.

215. En la 80ª reunión, el Comité Ejecutivo acordó prorrogar la fecha de cierre del proyecto de mayo del 2018 al 31 de diciembre de 2018, en el entendido de que no se permitiría requerir nuevas prórrogas, y solicitó a los organismos de ejecución presentar el informe final a más tardar a la 83ª reunión (decisión 80/26(g)). A la 82ª reunión se presentó un escueto informe que daba cuenta de importantes avances en distintas actividades, incluyendo adquisición de equipos y recepción de componentes (compresores), manteniéndose pendiente la recepción de los equipos de producción y la fabricación de las primeras unidades R-290, actividades que debían quedar terminadas en diciembre de 2018.

Informe de avance

216. Aun cuando los equipos de producción fueron recibidos, su instalación se mantiene pendiente debido a que la empresa decidió trasladar de lugar la línea de producción. No obstante, la empresa sigue contemplando hacer una instalación preliminar de los equipos a fin de realizar pruebas de fabricación y

capacitar a su personal; el traslado de la línea se concretaría en septiembre de 2019. Aún faltan por hacer mayores ensayos y la optimización de las unidades. El término de las actividades y la realización de un taller de difusión de los resultados del proyecto están previstos para diciembre de 2019. Sobre la base de sus ensayos y de los resultados del proyecto PRAHA-II, la empresa optó por centrar la producción en equipos a base de R-290, si bien no descarta el uso a futuro de HFO y sus mezclas.

Observaciones de la Secretaría

217. Si bien los equipos fueron adquiridos y entregados a la empresa, previo al cierre del proyecto en diciembre de 2019 restan aún ciertas actividades. En vista de la avanzada etapa de ejecución del proyecto y de las potenciales implicancias de los resultados para varios países del artículo 5, la Secretaría recomienda prorrogar el proyecto hasta el 31 de diciembre de 2019, solicitar que el informe final se presente a la 85ª reunión y que todos los saldos remanentes sean reintegrados a más tardar a la 86ª reunión.

Recomendación de la Secretaría

218. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota del informe de avance sobre el proyecto de demostración del uso de refrigerantes a base de HFO de bajo PCA en el sector climatización bajo condiciones de alta temperatura ambiente en Arabia Saudita, presentado por la ONUDI y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- b) Prorrogar la fecha de término del proyecto mencionado en el inciso a) anterior al 31 de diciembre de 2019, habida cuenta del avance de la ejecución y de la potencial replicabilidad de los resultados en países del artículo 5; y
- c) Solicitar a la ONUDI presentar el informe final del proyecto mencionado en el inciso a) a más tardar en la 85ª reunión y reintegrar todos los saldos remanentes a la 86ª reunión.

Arabia Saudita: Proyecto de demostración en fabricantes de climatizadores para el desarrollo de equipos integrados y de ventana que usen refrigerantes de bajo PCA - informe final (Banco Mundial)

Antecedentes

219. En la 76ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó realizar un proyecto piloto con los fabricantes de climatizadores Saudi Factory for Electrical Appliances Co. Ltd (SFEA) y Petra Engineering Industries Co. Ltd. (Petra), por un monto de 796.400 \$EUA más gastos de apoyo de 55.748 \$EUA para el Banco Mundial. Al aprobar el proyecto, el Comité Ejecutivo solicitó al Gobierno de Arabia Saudita y al Banco Mundial llevar a término el proyecto hacia mayo de 2017 y presentar un completo informe final al más breve plazo tras su finalización (decisión 76/26(c)).

220. SFEA asumió el desarrollo de dos formatos (1.5 a 2 toneladas de refrigeración (TR)³⁸) de climatizadores de ventana a base de HFC-32 y R-290, en tanto que Petra debía desarrollar climatizadores integrados que combinan unidades de refrigeración comercial y de tratamiento de aire (11.4 a 28.4 TR), con iguales refrigerantes. Con posterioridad a la aprobación, el Banco Mundial informó que SFEA había resuelto retirarse del proyecto debido a dificultades con el suministro de compresores de 60 Hertz y la baja demanda nacional por climatizadores de ventana. Conforme a lo anterior, en la 82ª reunión se

³⁸ 1 TR equivale a 12.000 BTU/hr o 3.5 kW.

reintegraron 220.000 \$EUA más gastos de apoyo de 15.400 \$EUA para el Banco Mundial (decisión 82/22(b)(i)).

221. Tras recibir una puesta al día durante la 80ª reunión, el Comité Ejecutivo acordó prorrogar la fecha de término al 30 de septiembre de 2018, en el entendido de que no se permitiría requerir nuevas prórrogas, y solicitó al Banco Mundial presentar el informe final a más tardar en la 82ª reunión (decisión 80/26(h)). En la 82ª reunión, el Comité Ejecutivo instó al Banco a entregar el informe final del proyecto cuanto antes a fin de permitir su presentación a la 83ª reunión (decisión 82/22(b)(ii)).

222. Conforme a lo dispuesto en la decisión 82/22(b)(ii), el Banco Mundial, a nombre del Gobierno de Arabia Saudita, presentó el informe final del proyecto de demostración en fabricantes de climatizadores para el desarrollo de equipos integrados y de ventana que usen refrigerantes de bajo PCA (adjunto como Anexo IV al presente documento).

Informe de avance

223. Petra diseñó, fabricó y sometió a prueba seis prototipos de refrigeradores comerciales enfriados por aire a base de refrigerantes HFC-32 y R-290s con una capacidad de refrigeración de 40 kW, 70 kW y 100 kW. El diseño se ciñó a las normas de seguridad ISO-5149³⁹ e IEC -60335-2-40⁴⁰ y las pruebas se efectuaron a temperaturas de 35 °C, 46 °C y 52 °C. Los resultados se compararon con el R-410A, el que se probó como sucedáneo del HFC-32. En todos los casos, las unidades HFC-32 y R-290 mostraron un desempeño similar o mejor (en eficiencia y capacidad de refrigeración) al R-410A. Sin embargo, ciertas modificaciones de diseño necesarias para mitigar el riesgo de utilizar R-290 generaron un importante incremento en el costo de los equipos, el que en el caso del HFC-32 fue mínimo.

224. El proyecto demostró que los refrigeradores comerciales enfriados por aire se pueden diseñar y operar con refrigerantes de bajo PCA tales como HFC-32 y R-290 en una gama de capacidades y condiciones operativas, entre ellas las altas temperaturas ambiente. Debido a la aplicación y emplazamiento de las unidades, las exigencias de las actuales normas internacionales de seguridad no limitaron las cantidades de refrigerante inflamable utilizadas. Sin embargo, el uso de refrigerantes inflamables tales como el R-290 se vería seriamente restringido por las actuales normas de seguridad en la mayoría de las aplicaciones comerciales, lo que no es del caso para refrigerantes ligeramente inflamables como el HFC-32.

Observaciones de la Secretaría

Alcance y metodología

225. En cuanto al alcance del proyecto, el Banco Mundial aclaró que, a diferencia de lo que estaba previsto, el desempeño, la cantidad de carga y los precios fueron comparados con equipos a base de R-410A y no con equipos a base de HCFC-22, dado que los primeros son la norma en el mercado. Dado que el proyecto ya concluyó, no fue posible contar con una comparación con equipos HCFC-22. La Secretaría recordó que el proyecto fue aprobado en el marco de proyectos piloto para alternativas de bajo PCA a los HCFC, pero convino en que los equipos a base de R-410A son la tecnología predominante en el mercado actual, por lo que los resultados podrían ser útiles para la reducción de los HFC en países del artículo 5.

³⁹ Organización Internacional de Normalización (ISO) 5149: Sistemas de refrigeración y bombas de calor – Requisitos de seguridad y medio ambiente. En <https://www.iso.org/standard/54979.html>.

⁴⁰ Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) 60335-2-40: Aparatos electrodomésticos y análogos - seguridad. En <https://webstore.iec.ch/publication/31169>.

226. La metodología utilizada no comparó los equipos a base de R-410A con los prototipos fabricados para el proyecto, sino el desempeño de los prototipos a base de HFC-32 y R-290 respecto del prototipo a base de HFC-32 cargado con R-410A. Esto podría introducir un posible sesgo a favor del desempeño del HFC-32, dado que el modelo de referencia está optimizado para uso con este refrigerante.

227. El Banco Mundial proporcionó información adicional que comparaba, por un lado, una unidad de climatización estándar optimizada para R-410A y equipada con dos compresores idénticos a los del prototipo HFC-32, y por otro, el prototipo HFC-32 utilizando R-410A como sucedáneo y HFC-32. Como muestra el Cuadro 11, tanto la unidad R-410A estándar como el prototipo HFC-32 con R-410A como sucedáneo tuvieron un desempeño menor al del prototipo HFC-32 a temperaturas de 35 °C (T1) y 46 °C (T3). Aunque la diferencia a T1 fue relativamente menor, tanto el índice de eficiencia energética (IEE) como la capacidad de refrigeración con R-410A se degradaron notablemente en la condición T3 respecto del HFC-32. El prototipo HFC-32 con R-410A como sucedáneo tuvo un mejor desempeño que la unidad estándar R-410A bajo ambas condiciones.

Cuadro 11. Desempeño de la unidad de climatización estándar R-410A y del prototipo HFC-32

Equipo	IEE (BTU/Whr)		Capacidad de refrigeración (BTU/hr)	
	T1	T3	T1	T3
Unidad estándar R-410A	9.43	6.46	96.6	75.6
Prototipo HFC-32 con sucedáneo R-410A	9.57	6.55	97.8	79.9
Prototipo HFC-32 con HFC-32	9.96	7.90	105.4	99.7

228. En cuanto a si los resultados del proyecto afectan la opción tecnológica del proyecto autónomo de inversión en HFC para la conversión en Jordania⁴¹ de equipos similares a R-290 que se aprobó durante la 81ª reunión (decisión 81/62), el Banco Mundial aclaró que aunque Petra Jordania y Petra Arabia Saudita tienen un mismo dueño, son empresas independientes en cuanto a los aspectos financieros, de diseño, de personal, de producción y de alcance de las obras; la segunda sirve principalmente el mercado saudí y la opción de refrigerante depende de las aplicaciones de sus usuarios, en tanto que la primera exporta a 52 países con distintas especificaciones y demandas. Petra Jordania y Petra Arabia Saudita contemplan proseguir la investigación y desarrollo de productos R-290 y llevarlos al mercado.

229. La principal diferencia entre prototipos de una determinada capacidad fue el compresor. Para refrigerantes R-410A y HFC-32 se utilizaron compresores de tornillo de velocidad fija, en tanto que para el R-290 se usó un compresor semihermético, también de velocidad fija por no haber sido posible conseguir un equipo de la capacidad necesaria (igual o superior a 40 kW). El Banco Mundial hizo notar que las diferencias en el desempeño del R-290 pueden ser atribuibles en parte al compresor semihermético, el que en general es menos eficaz que el de tornillo utilizado con HFC-32 y R-410A.

230. El proyecto estableció que el uso de refrigerantes inflamables tales como el R-290 se vería seriamente restringido por las actuales normas de seguridad en la mayoría de las aplicaciones comerciales. El proyecto en Jordania contemplaba mantenerse dentro del límite de carga de 5 kg/circuito sin perder eficiencia energética utilizando múltiples circuitos independientes; el proyecto en Arabia Saudita no contemplaba el mismo método. El uso de múltiples circuitos independientes muy probablemente haga subir los costos de fabricación respecto de equipos que utilizan un circuito de refrigerante de mayor tamaño; sin embargo, no se ha estimado la envergadura de tal incremento. También es factible reducir la carga de refrigerante utilizando

⁴¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/40.

intercambiadores de microcanal, como se hizo en un proyecto piloto en Industrias Thermotar Ltda.⁴² Petra, sin embargo, prefiere desarrollar sus propios intercambiadores tipo tubo y aleta.

231. Dependiendo de la capacidad del equipo, la conversión a HFC-32 y R-290 redujo la carga de refrigerante respecto del R-410A entre 15-25% y 23-33%, respectivamente. Pese a esta reducción, y a diferencia de un estudio anterior sobre el tema,⁴³ el costo del condensador y evaporador se mantuvo igual para los tres refrigerantes. En particular, dada la reducción de la carga se podría esperar también una reducción en los materiales utilizados para fabricar el condensador y evaporador; es más, considerando la menor presión operativa del R-290 respecto del R-410A y del HFC-32, los intercambiadores R-290 podrían usar tubos de menor diámetro, generando un mayor ahorro en materiales. El Banco Mundial aclaró que el costo también depende del volumen de venta, el que actualmente es menor para los tubos de cobre de mayor diámetro que usa Petra. Asimismo, la utilización de tubos de menor diámetro exigiría una inversión adicional en montaje y maquinaria, haciendo que los costos de fabricación fueran también mayores. Por lo tanto, usen tubos estándar o de menor diámetro, los condensadores tienen un costo total comparable.

232. Considerando la menor carga y el precio del refrigerante respecto del R-410A, el costo de cargar las unidades fue un 50-57% menor con HFC-32 y un 25-44% mayor con R-290. El motivo del mayor costo es el precio del R-290 (12.25 \$EUA/kg) respecto del R-410A (6.55 \$EUA/kg). La transición de R-410A a HFC-32 incrementó el costo de los componentes principales entre 11 y 13%, dependiendo del tamaño de la unidad. Para la mayoría de los componentes principales la diferencia de costo entre HFC-32 y R-290 fue menor salvo en el caso del compresor, de costo tres veces mayor y que generó un importante incremento en el costo unitario respecto del HFC-32. El detector de fugas, obligatorio para el R-290 pero aparentemente no para el HFC-32, acentuó la diferencia.

233. El Banco Mundial también informó que el costo de equipar una unidad R-290 con componentes ATEX⁴⁴ casi duplica el costo de una unidad HFC-32. Sin embargo, a la Secretaría no le queda claro que esta notable diferencia tenga relevancia en la mayoría de las aplicaciones. En concreto, la directiva ATEX rige para equipos utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. Los equipos de climatización y refrigeración industrial y comercial utilizados en zonas peligrosas donde existen atmósferas potencialmente explosivas deben integrar componentes ATEX, independientemente de la inflamabilidad del refrigerante utilizado. El Banco señaló que podrían darse casos en que equipos de refrigeración industrial y comercial con refrigerante HC se puedan clasificar como zona peligrosa en caso de fugas de refrigerante y, por consiguiente, deban cumplir con la directiva ATEX. Esta situación podría darse además con sistemas que usan refrigerantes A2L, aunque debido a su menor inflamabilidad tales casos serían menos frecuentes.

234. A fin de manejar y ensayar los refrigerantes inflamables con mayor seguridad, Petra efectuó modificaciones menores a su laboratorio que tuvieron un costo de entre 15.000 \$EUA y 20.000 \$EUA.

⁴² <http://www.multilateralfund.org/Our%20Work/DemonProject/Document%20Library/8110p2-4Colombia%20RAC%201.pdf>.

⁴³ UNEP/OzL.Pro/ExCom/77/69.

⁴⁴ La norma Appareils destinés à être utilisés en ATmosphères EXplosibles (ATEX) especifica, entre otros, los equipos permitidos en entornos con atmósfera explosiva.

Recomendación de la Secretaría

235. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota, con beneplácito, del informe final sobre el proyecto de demostración en fabricantes de climatizadores para el desarrollo de equipos integrados y de ventana que usen refrigerantes de bajo PCA en Arabia Saudita, presentado por el Banco Mundial y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; e
- b) Invitar a los organismos bilaterales y de ejecución a tomar en consideración el informe mencionado en el inciso a) anterior al prestar asistencia a los países del artículo 5 para la preparación de proyectos de fabricación de climatizadores integrados que usen refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA).

Arabia Saudita: Proyecto de demostración de la eliminación de HCFC mediante el uso de HFO como agente espumante en aplicaciones de espuma proyectada bajo altas temperaturas ambiente (ONUDI)

Antecedentes

236. En la 76ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó el proyecto de demostración de la eliminación de HCFC mediante el uso de HFO como agente espumante en aplicaciones de espuma proyectada bajo altas temperaturas ambiente, por un monto de 96.250 \$EUA más gastos de apoyo de 8.663 \$EUA para la ONUDI, y solicitó al Gobierno de Arabia Saudita y la ONUDI llevar a término el proyecto en el lapso de 16 meses de su aprobación y presentar un completo informe final al más breve plazo tras su finalización (decisión 76/31).

237. En la 80ª reunión, el Comité Ejecutivo acordó prorrogar la fecha de término hasta el 31 de diciembre de 2018, en el entendido de que no se permitiría requerir nuevas prórrogas, y solicitó a la ONUDI presentar el informe final a más tardar a la 83ª reunión (decisión 80/26(i)).

238. El proyecto aprobado tenía el objetivo de demostrar las ventajas, aplicabilidad y replicabilidad del uso de HFO-1233zd(E) y HFO-1336mzz(Z) como agentes espumantes soplados con agua en el sector espumas proyectadas de poliuretano a alta temperatura ambiente y evaluar los menores costos de capital y operación que ofrecen en comparación con otras alternativas, utilizando para ello un agente espumante agua/elemento físico optimizado y menores factores de densidad y conductividad térmica.

Informe de avance

239. La ONUDI, a nombre del Gobierno de Arabia Saudita, ha presentado un detallado informe sobre el avance del proyecto. Si bien la mayoría de las actividades previstas ya han concluido, el informe final será presentado a la 84ª reunión, una vez realizadas las pruebas en terreno y un taller de difusión.

240. El proyecto se ejecutó en Sham Najd International, productor nacional de espuma rígida de poliuretano (PUR) y de espuma de poliisocianurato (PIR) proyectado para uso en aislación e impermeabilización de muros, techos, terrazas, cielos falsos y pisos en obras en construcción y terrenos industriales. El único agente espumante probado fue el HFO-1233zd(E) por no estar disponible en el comercio el HFO-1336mzz(Z) en las cantidades necesarias para un proyecto piloto a escala completa.

241. Sobre la base de los resultados de los ensayos, la formulación de espuma proyectada con HFO-1233zd(E) parece tener gran potencial como reemplazante de formulaciones a base de HCFC y HFC,

dado que posee similares atributos técnicos y físicos, un bajo PCA y cero PAO. A la fecha, las conclusiones del proyecto son las siguientes:

- a) La espuma proyectada a base de HFO-1233zd(E) y la espuma soplada con HCFC-141b tienen similar desempeño en cuanto a adherencia, conductividad térmica, estabilidad dimensional, pintabilidad, densidad total y resistencia a la compresión;
- b) Respecto de la formulación base, la superficie proyectada de la espuma de poliuretano como producto mostraba un mayor número de microorificios, los que sin embargo cumplían con las expectativas del cliente;
- c) El agente espumante alternativo no necesitó de nuevos equipos; todos los ensayos se hicieron utilizando los equipos convencionales de Sham Najd (Aplicador Graco E-XP1);
- d) Debido a su bajo punto de ebullición (19.5 °C), el HFO-1233zd(E) debe mezclarse en el reactor a temperaturas menores a 18 °C, de preferencia 15 °C, a fin de que no se pierda agente espumante durante la mezcla;
- e) En el poliol se pueden mezclar pequeñas cantidades de HFO-1233zd(E), dado que el punto de ebullición del poliol mezclado también será más bajo que el de la espuma soplada con HCFC-141b;
- f) El proveedor de sistemas y el usuario final guardaron los polioles premezclados en bodegas durante un total de cinco meses, sin observar cambios en cuanto a reactividad. La mezcla se debe almacenar a una temperatura máxima de 28 °C debido al bajo punto de ebullición del HFO-1233zd(E), lo que a mayor temperatura causaría su evaporación o ebullición. Las espumas a base de HFO-1233zd(E) necesitan aditivos especiales (tensioactivos y catalizadores) para impedir que se deteriore el poliol mezclado. El portador de catalizador permite una duración superior a ocho meses;
- g) El costo del sistema a base de HFO-1233zd(E) es mayor que el del HCFC-141b. En base a los precios entregados, los sobrecostos de operación ascienden a 4.30 \$EUA/kg, pero al considerar la menor conductividad térmica (mejor aislamiento) y menor densidad de la espuma producida con HFO-1233zd(E), los sobrecostos de operación bajan a 0.52 \$EUA/kg. Se espera reducirlos en el lapso de algunos años, a medida que baje el precio de HFO-1233zd(E) y suba el de HCFC-141b según disminuye su disponibilidad.

Observaciones de la Secretaría

Ensayos adicionales

242. Considerando que el informe será utilizado como referencia por otros países del artículo 5 para la elaboración e implementación de proyectos, la Secretaría abordó con la ONUDI la inclusión de detalles adicionales. La ONUDI acordó agregar diversos ensayos en terreno que no pudieron realizarse en la primera etapa, tales como de resistencia adhesiva, absorción de agua, contenido de celda cerrada, durabilidad de la resistencia térmica y resistencia de la compresión al envejecimiento o degradación, entre otros. Todas estas pruebas se efectuarán según la norma EN-14315 (Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación - productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) y poliisocianurato (PIR) proyectado in situ). Conforme a las políticas vigentes, el informe final vendrá acompañado de un análisis técnico independiente.

Disponibilidad de las formulaciones utilizadas en la demostración

243. Consultada sobre el origen de la formulación de los sistemas de espuma utilizados para probar el HFO-1233zd(E), y si las formulaciones estaban a disposición de cualquier proveedor de sistemas, la ONUDI indicó que la formulación utilizada para los ensayos iniciales fue desarrollada enteramente por Covestro y no estaba disponible a otros proveedores de sistemas. Los detalles de la formulación son de propiedad de los proveedores de sistemas, y por lo general tienen carácter reservado. Sin embargo, los proveedores de aditivos (Evonik y Momentive) y del agente espumante (Honeywell y Chemours) asesoran activamente a los proveedores de sistemas que deseen desarrollar sus propias formulaciones.

Prórroga del proyecto e informe final

244. La Secretaría tomó nota de que el proyecto no había concluido en diciembre de 2018, pese a la prórroga concedida por el Comité Ejecutivo (decisión 80/26(i)). No obstante, se han logrado importantes avances a nivel de pruebas de laboratorio y se ha entregado un completo conjunto de resultados. En cuanto a las actividades restantes (pruebas en terreno y taller de difusión), la ONUDI aclaró que el taller tendrá lugar en mayo de 2019 y que los ensayos en terreno se realizarían en mayo tras la recepción de materiales adicionales. Las pruebas se realizarán en las instalaciones de Sham Najd con tres formulaciones de sistemas de espuma y el informe final con los resultados estará disponible en octubre de 2019.

245. Tomando nota de los notables avances logrados, de los resultados de los ensayos de la tecnología y de la valiosa información adicional que es factible obtener de las pruebas en terreno bajo condiciones de alta temperatura ambiente, la Secretaría conviene en prorrogar el proyecto, con vistas a recibir el informe final detallado durante la 84ª reunión. Considerando el tiempo estimado de redacción del informe, la Secretaría recomienda prorrogar el proyecto al 31 de octubre de 2019.

Recomendación de la Secretaría

246. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota del informe sobre el avance de la ejecución del proyecto de demostración de la eliminación de HCFC mediante el uso de HFO como agente espumante en aplicaciones de espuma proyectada bajo altas temperaturas ambiente en Arabia Saudita, presentado por la ONUDI y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) De forma excepcional, y en vista de los importantes avances logrados, prorrogar la fecha de término del proyecto mencionado en el inciso a) anterior al 31 de octubre de 2019, en el entendido de que no se permitirán nuevas prórrogas, y solicitar a la ONUDI presentar el informe final a más tardar en la 84ª reunión.

Tailandia: Proyecto de demostración en proveedores de sistemas para formular polioles premezclados para aplicaciones de espumas de poliuretano proyectado utilizando un agente espumante de bajo PCA (Banco Mundial)

Antecedentes

247. En la 76ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó un proyecto de demostración en dos proveedores de sistemas de Tailandia para formular polioles premezclados para aplicaciones de espumas de poliuretano proyectado utilizando un agente espumante de bajo PCA, por un monto total de 352.550 \$EUA más gastos de apoyo de 24.679 \$EUA para el Banco Mundial (decisión 76/33).

248. Objetivos del proyecto:

- a) Fortalecer la capacidad de dos proveedores de sistemas para formular, probar y producir polioles premezclados a base de HFO (HFO-1233zd(E) y HFO-1336mzz(Z)) para Pymes del sector espuma de poliuretano proyectado;
- b) Validar y optimizar el uso de HFO soplado con CO₂ en aplicaciones de espuma proyectada para lograr un rendimiento térmico similar al del HCFC-141b con mínimos sobrecostos de operación (optimizar el índice de HFO en un 10%);
- c) Elaborar un análisis de los costos de las distintas formulaciones bajas en HFO versus el costo de las formulaciones a base de HCFC-141b; y
- d) Difundir los resultados de la evaluación a proveedores de sistemas en Tailandia y otros países.

249. El proyecto se ejecutó en las instalaciones de los proveedores de sistemas Bangkok Integrated Trading Co. Ltd. (BIT) y South City Polychem Co. Ltd. (SCP), los que suministran polioles (la mayoría a base de HCFC-141b) a clientes que los utilizan en distintas aplicaciones de espuma de poliuretano, incluyendo de espuma proyectada.

250. El Banco Mundial, a nombre del Gobierno de Tailandia, ha presentado el informe final del proyecto (adjunto en el Anexo V al presente documento). Sus conclusiones son las siguientes:

- a) BIT y SCP evaluaron respectivamente cinco y dos distintas formulaciones bajas en HFO (HFO-1233zd(E) y HFO-1336mzz(Z)), estableciendo una formulación final para evaluación en mayor detalle sobre la base de tiempo de reactividad, adherencia y contracción. El Cuadro 12 muestra el detalle de las formulaciones utilizadas por BIT y SCP en los ensayos finales, incluyendo aditivos y otros componentes.⁴⁵

Cuadro 12. Formulaciones utilizadas para evaluación como porcentaje del total (%)

Detalle	BIT			SCP		
	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Mezcla de poliol	24.9	35.7	35.4	24.9	35.7	35.4
Aditivos y catalizadores	1.3	4.6	5.7	1.3	4.6	5.7
Otros aditivos	6.0	6.7	5.4	6.0	6.7	5.4
Agente espumante	10.0	4.7	4.7	10.0	4.7	4.7
Isocianato	57.8	48.3	48.8	57.8	48.3	48.8
Total	100	100	100	100	100	100

- b) Las formulaciones de espuma proyectada con agentes espumantes a base de HFO equivalentes al 10% del poliol, con ajustes en el tipo de poliol y portador de catalizador, pueden entregar propiedades aceptables para el mercado nacional de espuma proyectada. Aunque la formulación HFO-1233zd(E) mostró inestabilidad, el informe indica que ello se puede resolver introduciendo un nuevo portador de catalizador;
- c) En términos de adherencia y tiempo de reactividad, las espumas proyectadas sopladas con HFO mostraron adherencias y tiempos de reactividad aceptables para el mercado. La

⁴⁵ Los principales parámetros considerados en la elección de las formulaciones fueron sus propiedades reactivas, contractivas y adhesivas.

densidad de la espuma proyectada hecha con fórmulas bajas en HFO fue ligeramente mayor que la formulación HCFC-141b base. También se observó un leve aumento en la resistencia a la compresión;

- d) Los factores K iniciales de las fórmulas bajas en HFO fueron mayores que los de la formulación HCFC-141b. Todas las propiedades de las espumas sopladas con HFO se mantuvieron bastante estables en el tiempo. El informe también indica que el incremento del factor K se situó dentro de un rango aceptable para el mercado nacional;
- e) Las dos fórmulas a base de HFO fueron homologadas según las pruebas de combustión previstas en las normas ASTM⁴⁶ 568 y 635;
- f) En condiciones climáticas iguales o mayores a 35 °C, el sistema a base de HFO-1233zd(E) podría necesitar almacenamiento controlado a fin de enfriar el poliol formulado;
- g) Sobre la base de las formulaciones, el precio de las fórmulas bajas en HFO (HFO-1233zd(E) y HFO-1336mzz(Z)) respecto de las formulaciones HCFC-141b fue respectivamente mayor en un 22 y un 38% en el caso de BIT y entre un 42 y un 46% en el caso de SCP. El precio de los sistemas a base de HCFC-141b fue de 1.93 \$EUA/kg para BIT y de 2.15 \$EUA/kg para SCP. El incremento porcentual en el precio de las formulaciones a base de HFO fue mayor para SCP en apenas un 5%; y
- h) Los usuarios que participaron en la demostración se mostraron satisfechos del desempeño general de las formulaciones en términos de tiempos de procesado, adherencia y otras propiedades físicas asociadas a la espuma proyectada.

251. El Cuadro 13 presenta los costos reales del probador de conductividad térmica y de los equipos de espuma proyectada adquiridos por los proveedores de sistemas con cargo al presupuesto. El precio de la máquina de espuma y del probador de conductividad fue negociado por cada empresa, lo que explica la diferencia. El informe financiero con todos sus elementos se adjuntará al informe de finalización.

Cuadro 13. Costo de los equipos de espuma proyectada y probador de conductividad térmica

Equipo	BIT		SCP	
	Aprobado (\$EUA)	Real (\$EUA)	Aprobado (\$EUA)	Real (\$EUA)
Máquina de espuma proyectada	40.000	43.675	40.000	41.692
Probador de conductividad térmica	5.000	29.821	5.000	22.253

252. Las conclusiones preliminares de ambos proyectos se presentaron en el 12° Taller Regional sobre SAO realizado por el Banco Mundial en Bangkok en febrero de 2018. Los resultados finales se presentaron al 13° Taller Regional sobre SAO realizado en Bangkok en febrero de 2019. Asistieron en cada ocasión más de 80 representantes de unidades nacionales del ozono y del sector espuma de China, Indonesia, Jordania, Malasia, Filipinas, Tailandia y Viet Nam. En Tailandia se hicieron otros tres talleres para difundir los resultados ante autoridades de gobierno, fabricantes de espuma proyectada, proveedores de equipos y de sustancias químicas. Algunos de los países participantes expresaron interés en utilizar estos resultados para desarrollar las formulaciones a base de HFO en sus respectivos mercados.

Observaciones de la Secretaría

⁴⁶ Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales.

253. La Secretaría tomó nota de que el plan original contemplaba presentar las conclusiones del proyecto a la 79ª reunión a fin de que se pudieran utilizar en la evaluación de la etapa II del plan de gestión para la eliminación de HCFC en Tailandia; sin embargo, los resultados no estuvieron disponibles a tiempo. El Banco Mundial explicó que el retraso inicial se debió a demoras en la obtención del suministro de HFO y a las modalidades administrativas del proceso de llegar a acuerdo con las empresas beneficiarias.

254. La Secretaría solicitó información adicional sobre la capacidad técnica de los proveedores de sistemas para desarrollar fórmulas bajas en HFO de bajo costo. El Banco Mundial informó que la limitada capacidad técnica de BIT hizo que el proceso de desarrollo de la formulación con HFO demorase más de lo esperado; ambos proveedores de sistemas se mostraron satisfechos con el desempeño general de los sistemas a base de HFO para aplicaciones en espuma proyectada. El proyecto les dio confianza en estos sistemas, haciendo notar que el desarrollo y ajuste de la formulación es un proceso continuo. El Banco informó también que las empresas no tuvieron mayores problemas para adquirir HFO y que no se esperan limitaciones en cuanto a su disponibilidad comercial.

255. La Secretaría solicitó información adicional sobre el motivo de que SCP y BIT tengan distintos coeficientes isocianato-poliol para formulaciones a base de HCFC y HFO. El Banco Mundial aclaró que ello se explica porque BIT y SCP utilizaron aditivos diferentes; ambas empresas pudieron vender las formulaciones a sus clientes y se están usando en el mercado. La Secretaría también tomó nota de que SCP, con mejores capacidades técnicas, puede ofrecer al mercado formulaciones a menor costo. El proyecto contó con la asesoría técnica de un experto internacional que capacitó al personal de las empresas sobre los aspectos teóricos de la tecnología de espuma de poliuretano y los procedimientos de ensayo. En cuanto a la mayor conductividad térmica de las fórmulas bajas en HFO, el Banco Mundial informó que ello se debe al mayor porcentaje de CO₂ en las celdas, y que la mayor conductividad térmica era considerada aceptable por los consumidores del mercado nacional de espuma proyectada.

256. Sobre la diferencia en los precios del agente espumante, polioles, otros aditivos e isocianato en cada empresa, el Banco Mundial informó que ello se debe a negociaciones de cada empresa con sus proveedores y al tipo de aditivos adquiridos; también aclaró que, por tratarse de pequeños proveedores de sistemas, a la fecha no cuentan con acceso a precios preferenciales para las distintas sustancias químicas.

257. En cuanto a la enorme diferencia entre el costo previsto y el costo real del probador de conductividad térmica, el Banco Mundial aclaró que la propuesta original subestimó el costo del probador del valor K, lo que explica que el precio real fuese tanto mayor al presupuestado. En las especificaciones de los equipos necesarios para realizar las pruebas no hubo cambios.

258. La Secretaría toma nota de que las tendencias recientes indican que el precio del HCFC-141b viene en aumento y debiera seguir aumentando a medida que los factores regulatorios reducen la oferta; tal es la tendencia que se observa en algunos países. Por su parte, el precio informado de las HFO podría variar e incluso disminuir según aumente la producción, pese a que no hay certeza respecto de cuándo ello podría ocurrir. Una baja significativa en el precio de las HFO más un mayor precio del HCFC-141b podría llevar el costo de formulaciones a base de HFO a un nivel comparable con las formulaciones a base de HCFC-141b.

Recomendación de la Secretaría

259. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota, con beneplácito, del informe final sobre el proyecto de demostración en dos proveedores de sistemas de espuma de Tailandia para formular polioles premezclados para aplicaciones de espumas de poliuretano proyectado utilizando un agente espumante de bajo

PCA, presentado por el Banco Mundial y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; e

- b) Invitar a los organismos bilaterales y de ejecución a tomar en consideración el informe final mencionado en el inciso a) anterior al prestar asistencia a los países del artículo 5 para la preparación de proyectos de espuma proyectada con HFO.

Región del Asia Occidental: Proyecto piloto de fomento del uso de refrigerantes alternativos para la climatización en países con altas temperaturas ambiente - informe de avance (PNUMA y ONUDI)

260. El PNUMA y la ONUDI, a nombre de los países del Asia Occidental⁴⁷ que participaron en el proyecto, presentaron un informe de avance sobre el proyecto piloto de fomento del uso de refrigerantes alternativos para la climatización en países con altas temperaturas ambiente del Asia Occidental, más conocido como el proyecto PRAHA-II.

261. El proyecto, aprobado durante la 76ª reunión, tenía por objeto profundizar los avances del proyecto PRAHA-I⁴⁸ de fomento de las alternativas de bajo PCA en el sector climatización de países con altas temperaturas ambiente del Asia Occidental a través de potenciar la capacidad de las partes de utilizar estas alternativas.

262. En la 80ª reunión, el Comité Ejecutivo acordó prorrogar el proyecto, el que originalmente debía terminar en noviembre de 2017, hasta el 31 de diciembre de 2018, en el entendido de que no se permitiría requerir nuevas prórrogas, y solicitó a los organismos de ejecución presentar el informe final a más tardar a la 83ª reunión (decisión 80/26(1)). A la 82ª reunión se presentó un escueto informe que daba cuenta de importantes avances en distintas actividades. Entre las pendientes se cuenta elaborar un modelo de evaluación de riesgo adecuado al régimen de uso y condiciones operativas de alta temperatura ambiente, el que debía quedar terminado en octubre de 2018, y ensayos y optimización con los prototipos desarrollados en el marco del proyecto PRAHA-I, actividades que debían terminar en noviembre de 2018.

263. Los países participantes, el PNUMA y la ONUDI han logrado importantes avances y finalizado muchas de las actividades previstas, aunque no todas. Está terminado el primer componente del proyecto; es decir, fortalecer la capacidad de la industria nacional para diseñar y probar productos que utilicen refrigerantes inflamables de bajo PCA. También ha habido importantes avances en el segundo y tercer componentes; es decir, evaluar y optimizar el prototipo construido en el marco del proyecto PRAHA-I y elaborar un modelo de evaluación de riesgo para países de alta temperatura ambiente. En cuanto a lo primero, se hizo una optimización inicial de los prototipos PRAHA-I y se evaluó su desempeño. En base a los resultados se seleccionaron tres prototipos para pruebas y evaluación adicionales; uno fue construido y los dos restantes estarán terminados en abril y mayo de 2019, respectivamente. Los ensayos quedarán terminados en junio de 2019, proceso que incluirá un análisis del desempeño del sistema de recarga de fugas en alternativas con alto deslizamiento de temperatura. En cuanto a lo segundo, se han recogido los datos necesarios para el modelo; el proceso de ensayo y validación se encuentra en curso y quedará terminado en septiembre de 2019.

264. Debido a dificultades en cerrar contrato con un laboratorio de pruebas, las actividades pendientes no pudieron concluirse en el plazo esperado, lo que motivó que a la 83ª reunión sólo se pueda presentar un

⁴⁷ Bahrein, Egipto, Kuwait, Qatar, Omán, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos. Este último país no recibió fondos; la industria emiratí construyó los prototipos y asistió a las sesiones del proyecto PRAHA con recursos propios.

⁴⁸ Aprobado en la 69ª reunión para ser ejecutado por el PNUMA y la ONUDI (UNEP/OzL.Pro/ExCom/69/19). El informe final se encuentra en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/76/10.

informe preliminar. En consecuencia, el PNUMA y la ONUDI solicitan una nueva prórroga del proyecto hasta el 15 de noviembre de 2019.

Observaciones de la Secretaría

265. Pese a los avances logrados, el proyecto no ha sido terminado de conformidad con las decisiones 80/26(l) y 82/22(g). En particular, resta finalizar la prueba de prototipos, analizar y validar los resultados de la optimización de los ensayos y los datos recogidos para el modelo de evaluación de riesgos, y hacer un simposio para difundir los resultados. Lo primero debiese estar terminado en junio de 2019 y lo segundo está planificado para septiembre u octubre de 2019.

266. En base a los avances logrados a la fecha y los probables beneficios que el proyecto terminado aportaría a los países de alta temperatura ambiente, la Secretaría recomienda prorrogar el proyecto hasta el 15 de noviembre de 2019, solicitando que el informe final sea presentado a la 84ª reunión y que la totalidad de los saldos remanentes se reintegren a más tardar a la 85ª reunión.

Recomendación de la Secretaría

267. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota del informe de avance sobre el proyecto de fomento del uso de refrigerantes alternativos para la climatización en países con altas temperaturas ambiente del Asia Occidental (PRAHA-II) presentado por el PNUMA y la ONUDI y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Prorrogar la fecha de término del proyecto mencionado en el inciso a) anterior hasta el 15 de noviembre de 2019 a objeto de terminar la prueba de los prototipos, validar los resultados de la optimización de los ensayos y el modelo de evaluación de riesgo y difundir los resultados del proyecto, y solicitar al PNUMA y la ONUDI presentar el informe final a más tardar en la 84ª reunión y reintegrar todos los saldos remanentes a la 85ª reunión.

Estudio de factibilidad de sistemas de refrigeración urbana

Kuwait: Estudio de factibilidad para la comparación de tres tecnologías sustitutivas para uso en climatización central - informe final (PNUMA y ONUDI)

268. El PNUMA y la ONUDI, a nombre del Gobierno de Kuwait, presentaron el informe final sobre el estudio de factibilidad, conforme a lo dispuesto en la decisión 82/24(b). El informe completo se adjunta como Anexo VI al presente documento.

269. El estudio demostró la factibilidad técnica de un sistema de agua enfriada combinado con refrigeración evaporativa para sistemas de climatización central en una escuela y una mezquita, utilizando tecnología de refrigeración evaporativa “directa/indirecta” de dos tiempos,⁴⁹ la que resultó ser la opción más idónea para las condiciones climáticas de Kuwait. Los estudios técnicos y económicos se hicieron sobre la base de requerimientos de capacidad instalada de 800 TR para la escuela y de 81 TR para la mezquita.

⁴⁹ En la primera fase el aire caliente exterior pasa a un intercambiador de calor que es enfriado por la evaporación producida en la parte externa. Durante esta fase inicial, el flujo de aire entrante se enfría sin elevar su humedad. En la segunda fase, el mismo flujo de aire pasa por una almohadilla empapada en agua que genera un enfriamiento adicional y permite que el aire capte más humedad.

270. El informe final resume las siguientes conclusiones:

- a) El costo de capital de instalar la tecnología sustitutiva híbrida en ambos recintos fue casi 50% mayor al de la tecnología convencional actualmente en uso (1.600 \$EUA/TR para la tecnología sustitutiva y 750 \$EUA/TR para la convencional);
- b) En ambos recintos, la tecnología sustitutiva generó un ahorro en el consumo energético cercano al 46% respecto de la tecnología convencional;
- c) Sobre la base de un análisis comparativo de los costos de capital y operación de ambas tecnologías, el estudio arrojó, en el caso de la escuela, una tasa interna de retorno (TIR) del 31% y un plazo de amortización de cuatro años para recuperar los costos de capital adicionales (680.000 \$EUA) de instalar la tecnología sustitutiva y, en el caso de la mezquita, una TIR del 35% y un plazo de amortización de dos años para recuperar los costos de capital adicionales (68.850 \$EUA);
- d) El estudio arrojó además que la combinación de las tecnologías sustitutiva y convencional generan un ahorro total cercano al 52% respecto del sistema eléctrico tradicional, y que se trata de una alternativa factible de adoptar en otros sistemas centrales del país.

Observaciones de la Secretaría

271. Al comparar el informe final con el informe preliminar presentado a la 82ª reunión, la Secretaría observó que contenía antecedentes más detallados sobre las actividades que habían quedado pendientes, en particular los avances de la etapa piloto del proyecto. El informe presenta datos recopilados en los dos recintos piloto, los que habían tenido resultados alentadores, así como la evaluación de la factibilidad técnica y económica del método aplicado, antecedente que no se presentó a la 82ª reunión dado que la etapa piloto aún no había terminado, y concluye que se trata de una opción que tiene buenas expectativas.

272. Sobre la base de los resultados obtenidos en los dos recintos piloto, la Autoridad Pública Kuwaití para el Bienestar Habitacional (KPAHW) estaría dispuesta a ajustar los procesos de licitación a fin de que los futuros inmuebles públicos puedan adoptar la tecnología de refrigeración evaporativa directa/indirecta de dos tiempos. La planificación futura incluye invertir en la tecnología sustitutiva e implementarla en un conjunto de otros inmuebles a contar del año 2020.

273. La ONUDI y el PNUMA reiteraron además que, después de finalizado el proyecto, el Gobierno de Kuwait hará llegar un informe actualizado sobre su ejecución en otros puntos del país.

Recomendación de la Secretaría

274. El Comité Ejecutivo podrá estimar oportuno:

- a) Tomar nota, con beneplácito, del informe final sobre el estudio de factibilidad para la comparación de tres tecnologías sustitutivas para uso en climatización central en Kuwait, presentado por el PNUMA y la ONUDI y recogido en el presente documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- b) Reiterar que el PNUMA y la ONUDI deben presentar el informe de finalización del estudio de factibilidad mencionado en el inciso a) anterior y reintegrar todo saldo restante a la 84ª reunión; e

- c) Instar al Gobierno de Kuwait a entregar a una futura reunión del Comité Ejecutivo, por intermedio del PNUMA y la ONUDI, un informe actualizado sobre las medidas adoptadas a raíz de los estudios de factibilidad.

PART VI: CAMBIO DEL ORGANISMO DE EJECUCIÓN PARA LA ETAPA II DEL PLAN DE GESTIÓN DE ELIMINACIÓN DE LOS HCFC Y LAS ACTIVIDADES DE FACILITACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE HFC PARA FILIPINAS

Filipinas: etapa II del PGEH y actividades de apoyo: solicitud de cambio de organismo de ejecución principal (Banco mundial)#

Antecedentes

275. En su 80ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó, en principio, la etapa II del PGEH para Filipinas por un monto de 2.750.057 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo por 192.504 \$EUA,^{50, 51} y las actividades de apoyo para la reducción de los HFC por un monto de 250.000 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo por 17.500 \$EUA,⁵² todo lo cual se ejecutará con la asistencia del Banco Mundial.

276. La Secretaría ha recibido del Gobierno de Filipinas⁵³ el pedido de que se transfiera, del Banco Mundial a la ONUDI, la etapa II del PGEH para Filipinas y las actividades de apoyo para la reducción de los HFC.

Observaciones de la Secretaría

277. En respuesta a la carta del Gobierno de Filipinas, la Secretaría consultó con el Banco Mundial para conocer el valor de los fondos no utilizados de los proyectos que sería necesario devolver al Fondo Multilateral y transferir a la ONUDI en la 83ª reunión. El Banco Mundial informó a la Secretaría de que el Acuerdo entre el Banco Mundial y el Gobierno de Filipinas con relación a la etapa II del PGEH no se había firmado; por lo tanto, se devolvería el monto total aprobado. Con respecto a las actividades de apoyo aprobadas en virtud de las contribuciones adicionales al Fondo Multilateral, el Banco Mundial informó de que se habían desembolsado 24.008 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo.

278. En el cuadro 14 figuran los fondos que se devolverían al Fondo Multilateral para que fueran transferidos a la ONUDI.

Cuadro 14. Fondos aprobados y fondos aprobados en principio para ser transferidos del Banco Mundial a la ONUDI

Proyecto	Código	Aprobados en la 80ª reunión (\$EUA)	Saldo a abril de 2019 (\$EUA)		
			Gastos del proyecto	Gastos de apoyo	Sub-total
Plan de gestión para la eliminación de los HCFC	PHI/PHA/80/INV/103	736.129	736.129	51.528	787.657
	PHI/PHA/80/TAS/102	273.894	273.894	19.173	293.067

⁵⁰ Decisión 80/60.

⁵¹ Se aprobó el primer tramo de la etapa II del PGEH por un monto de 1.010.023 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo por 70.701 \$EUA para el Banco Mundial (decisión 80/60(f)).

⁵² Decisión 80/52.

⁵³ Carta de 3 de abril de 2019 remitida a la Secretaría por la Dirección de Gestión Ambiental de Filipinas.

Proyecto	Código	Aprobados en la 80ª reunión (\$EUA)	Saldo a abril de 2019 (\$EUA)		
			Gastos del proyecto	Gastos de apoyo	Sub-total
(etapa II, primer tramo)					
Actividades de apoyo para la reducción de los HFC	PHI/SEV/80/TAS/01+	250.000	225.992	15.819	241.811
Saldo			1.236.015	86.520	1.322.535
Tramos de financiación de la etapa II aprobados en principio			1.740.034	121.802	1.861.836
Total			2.976.049	208.322	3.184.371

279. La Secretaría tomó nota de que el cambio en el organismo de ejecución en la etapa II del PGEH exigiría actualizar el Acuerdo entre el Gobierno y el Comité Ejecutivo, según lo expuesto en el Anexo VII del presente documento. El Acuerdo completo se añadirá como apéndice al informe final de la 83ª reunión.

Recomendaciones de la Secretaría

280. El Comité Ejecutivo podría considerar conveniente:

- a) Tomar nota del pedido del Gobierno de Filipinas de que se transfieran a la ONUDI todas las actividades de eliminación incluidas en la etapa II del plan de gestión para la eliminación de los HCFC (PGEH) y las actividades de apoyo para la reducción de los HFC que, según la planificación inicial, serían ejecutadas por el Banco Mundial;
- b) Con respecto a la etapa II del PGEH para Filipinas:
 - i) Tomar nota de que, en la 83ª reunión, el Banco Mundial ya había devuelto al Fondo Multilateral 1.010.023 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo por 70.701 \$EUA, correspondientes al primer tramo (PHI/PHA/80/INV/103 y PHI/PHA/80/TAS/102);
 - ii) Aprobar:
 - a. La transferencia a la ONUDI de 1.010.023 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo por 70.701 \$EUA aprobados para el Banco Mundial, correspondientes al primer tramo (PHI/PHA/80/INV/103 y PHI/PHA/80/TAS/102);
 - b. La transferencia del Banco Mundial a la ONUDI de la financiación de 1.740.034 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo por 121.802 \$EUA, aprobados en principio, correspondientes a los tramos de financiación segundo y tercero;
 - iii) Tomar nota de que la Secretaría del Fondo había actualizado el Acuerdo entre el Gobierno de Filipinas y el Comité Ejecutivo para la etapa II del PGEH, tal como

figura en el Anexo VII del presente documento, concretamente: el párrafo 9 y el Apéndice 2-A, sobre la base de la transferencia de los componentes del Banco Mundial a la ONUDI; y el párrafo 17, que se había añadido para indicar que el Banco Mundial había dejado de ser el organismo de ejecución principal en la 83ª reunión y que el Acuerdo actualizado reemplazaba el que se había concertado en la 80ª reunión;

- c) Con respecto a las actividades de apoyo para la reducción de los HFC aprobadas con arreglo a las contribuciones adicionales al Fondo Multilateral (PHI/SEV/80/TAS/01+):
- i) Tomar nota de que, en la 83ª reunión, el Banco Mundial ya había devuelto el saldo remanente de 225.992 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo por 15.819 \$EUA; y
 - ii) Aprobar la transferencia a la ONUDI del saldo remanente de 225.992 \$EUA, más gastos de apoyo al organismo por 15.819 \$EUA aprobados para el Banco Mundial.

PARTE VII: PEDIDOS DE AMPLIACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE APOYO

Pedidos de ampliación de las actividades de apoyo (PNUD, PNUMA, ONUDI y Banco Mundial)

281. En la 80ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó las actividades de apoyo para la reducción de los HFC para 59 países que operan al amparo del artículo 5;⁵⁴ y estableció la duración de los proyectos en 18 meses contados a partir de la fecha de aprobación. En la 81ª reunión, el Comité Ejecutivo decidió mantener el plazo de ejecución de 18 meses para esos proyectos, conforme a la decisión 79/46(d)(iii) y, de ser necesario, ampliar ese plazo por un máximo de 12 meses (hasta de 30 meses a partir de la aprobación del proyecto), si la Secretaría recibiera un pedido oficial de ampliación.⁵⁵

282. Conforme a la decisión 81/32(a), en nombre de 51 países que operan al amparo del artículo 5, los cuatro organismos de ejecución han presentado pedidos oficiales de ampliación de las actividades de apoyo cuya terminación está prevista para junio de 2019, según figura en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Pedidos de ampliación de las actividades de apoyo para la reducción de los HFC presentados a la 83ª reunión

País	Organismo de ejecución principal	Ampliación solicitada
Angola	ONUDI	12 meses
Armenia	PNUMA	12 meses
Bhután	ONUDI	12 meses
Bosnia y Herzegovina	ONUDI	12 meses
Burkina Faso	ONUDI	12 meses
Camerún	PNUD	12 meses
Chile*	PNUD	12 meses
China**	PNUD	12 meses
Colombia	ONUDI	12 meses
Congo	PNUD	12 meses
Costa Rica	PNUMA	12 meses
Dominica	PNUMA	12 meses

⁵⁴ Decisión 80/41.

⁵⁵ Decisión 81/32(a).

País	Organismo de ejecución principal	Ampliación solicitada
Ecuador	PNUMA	12 meses
Eritrea	PNUD	12 meses
Fiji	PNUMA	12 meses
Filipinas	PNUMA	12 meses
Gabón	ONUDI	12 meses
Gambia*	PNUMA	6 meses
Ghana	PNUMA	12 meses
Guatemala	PNUD	12 meses
Jamaica	PNUMA	12 meses
Kirguistán	PNUD	12 meses
Lesotho****	Banco Mundial	12 meses
Líbano	PNUMA	6 meses
Macedonia del Norte	PNUMA	12 meses
Malasia	PNUMA	12 meses
Maldivas****	ONUDI	12 meses
México**	PNUMA	12 meses
Mongolia	PNUMA	12 meses
Namibia	PNUMA	12 meses
Nigeria	ONUDI	12 meses
Palau	PNUD	12 meses
Perú	ONUDI	12 meses
República Dominicana	PNUMA	12 meses
Rwanda****	PNUMA	12 meses
San Vicente y las Granadinas	PNUMA	12 meses
Santa Lucía	PNUMA	12 meses
Senegal	ONUDI	12 meses
Serbia	ONUDI	12 meses
Somalia	PNUMA	12 meses
Sudán***	PNUMA	12 meses
Suriname	Banco Mundial	12 meses
Tailandia	PNUMA	12 meses
Togo	PNUD	12 meses
Trinidad y Tabago	ONUDI	12 meses
Túnez****	ONUDI	12 meses
Turkmenistán	PNUD	12 meses
Turquía	PNUMA	12 meses
Uruguay***	PNUMA	12 meses
Zambia	PNUMA	6 meses
Zimbabwe		

* El PNUMA y la ONUDI como organismos de ejecución cooperante

** El PNUMA como organismo de ejecución cooperante

*** La ONUDI como organismo de ejecución cooperante

**** El Gobierno de como organismo de ejecución cooperante

Observaciones de la Secretaría

283. La Secretaría tomó nota de que, en la 80ª reunión, se aprobaron todos los pedidos de ampliación de las actividades de apoyo cuya terminación estaba prevista para junio de 2019. Entre los motivos principales de la ampliación se mencionaron los siguientes: la necesidad de terminar las actividades planificadas; la

demora en comenzar la ejecución; y las dificultades en la coordinación entre las dependencias nacionales del ozono y los organismos de ejecución. La mayoría de los países pidieron una ampliación de 12 meses, mientras que Ghana, Lesotho y Zimbabwe señalaron que precisaban seis meses para terminar todas las actividades planificadas.

Recomendación de la Secretaría

284. El Comité Ejecutivo podría considerar conveniente:

- a) Tomar nota y examinar los pedidos de ampliación de las actividades de apoyo para la reducción de los HFC presentados por los respectivos organismos de ejecución para los 51 países que operan al amparo del artículo 5 enumerados en el Cuadro 15 del documento PNUMA/OzL.Pro/ExCom/83/11; y
- b) Ampliar el plazo de terminación de las actividades de apoyo para la reducción de los HFC hasta diciembre de 2019 para Ghana, Lesotho y Zimbabwe, y hasta junio de 2020 para Angola, Armenia, Bhután, Bosnia y Herzegovina, Burkina Faso, Camerún, Chile, China, Colombia, el Congo, Costa Rica, Dominica, Ecuador, Eritrea, Fiji, Filipinas, Gabón, Gambia, Guatemala, Jamaica, Kirguistán, Líbano, Macedonia del Norte, Malasia, Maldivas, México, Mongolia, Namibia, Nigeria, Palau, Perú, República Dominicana, Rwanda, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, Senegal, Serbia, Somalia, Sudán, Suriname, Tailandia, Togo, Trinidad y Tobago, Túnez, Turkmenistán, Turquía, Uruguay y Zambia, en el entendido de que no se volvería a pedir más ampliación de plazos y que, dentro de los seis meses siguientes a la fecha de terminación, los organismos bilaterales y de ejecución presentarían un informe final sobre las actividades de apoyo culminadas con arreglo a la decisión 81/32(b).

Anexo I

**PROYECTOS PARA LOS QUE SE PIDIERON INFORMES DE SITUACIÓN ADICIONALES
PARA SU PRESENTACIÓN A LA 84ª REUNIÓN**

País	Código	Organismo	Título del proyecto	Recomendaciones
Antigua y Barbuda	ANT/PHA/73/PRP/17	PNUMA	Preparación de un plan de gestión de eliminación HCFC (etapa II)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Antigua y Barbuda	ANT/SEV/73/INS/16	PNUMA	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fase V: 1/2015-12/2016)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Bahréin	BAH/PHA/68/INV/27	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, primer tramo) (eliminación de HCFC-22 en la fabricación de equipos de climatización centralizada, equipos de climatización de ventana en la empresa Awal Gulf)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
República Centrafricana (la)	CAF/SEV/68/INS/23	PNUMA	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fase VI: 1/2013-12/2014)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Chile	CHI/PHA/76/TAS/191	PNUMA	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II, primer tramo) (sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
República Popular Democrática de Corea (la)	DRK/PHA/73/INV/59	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, primer tramo) (eliminación de HCFC-141b en el sector de espumas de poliuretano en Pyongyang Sonbong and Puhung Building Materials)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución, incluyendo las actualizaciones sobre la reiniciación de las actividades
República Popular Democrática de Corea (la)	DRK/PHA/73/TAS/60	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, primer tramo) (vigilancia, servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución, incluyendo las actualizaciones sobre la reiniciación de las actividades
República Popular Democrática de Corea (la)	DRK/PHA/75/INV/62	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo) (eliminación de HCFC-141b en el sector de espumas de poliuretano en Pyongyang Sonbong and Puhung Building Materials)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución, incluyendo las actualizaciones sobre la reiniciación de las actividades
República Popular Democrática de Corea (la)	DRK/PHA/75/TAS/63	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo) (políticas-normativas, servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y vigilancia)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución, incluyendo las actualizaciones sobre la reiniciación de las actividades
República Popular Democrática de Corea (la)	DRK/PHA/77/INV/64	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, tercer tramo) (políticas-normativas, servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y vigilancia)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución, incluyendo las actualizaciones sobre la reiniciación de las actividades
República Popular	DRK/SEV/68/INS/57	PNUMA	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fases VI y VII: 1/2010-12/2013)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución, incluyendo las actualizaciones

País	Código	Organismo	Título del proyecto	Recomendaciones
Democrática de Corea (la)				sobre la reiniciación de las actividades
República Popular Democrática de Corea (la)	DRC/PHA/79/PRP/42	PNUD	Preparación de un plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados, incluyendo una actualización sobre la presentación relativa a la etapa II
República Democrática del Congo (la)	DRC/PHA/79/PRP/43	PNUMA	Preparación de un plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados, incluyendo una actualización sobre la presentación relativa a la etapa II
Dominica	DMI/SEV/80/INS/23	PNUMA	Asistencia de emergencia adicional para fortalecimiento institucional	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución atinente a la estrategia y plan de acción del que se tomó nota en la decisión 81/36
Etiopía	ETH/PHA/77/INV/28	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación alcanzada en la marcha de las actividades y de los volúmenes de financiación desembolsados
Etiopía	ETH/PHA/77/TAS/27	PNUMA	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Etiopía	ETH/SEV/77/INS/26	PNUMA	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fase VII 1/2017-12/2018)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Guatemala	GUA/PHA/75/TAS/50	PNUMA	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, tercer tramo)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Haití	HAI/PHA/76/INV/22	PNUD	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados y la culminación del acuerdo con el PNUD, y con el CAP del PNUMA a fin de facilitar asistencia para la rápida implantación de las actividades del proyecto
Haití	HAI/SEV/75/INS/20	PNUMA	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fase IV: 11/2015-10/2017)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
India	IND/SEV/76/INS/467	PNUD	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fase X: 4/2016-3/2018)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados

País	Código	Organismo	Título del proyecto	Recomendaciones
Irán (República Islámica del)	IRA/PHA/77/INV/226	PNUD	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II, primer tramo) (sector de espumas)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Iraq	IRQ/PHA/74/INV/23	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo) (sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Catar	QAT/PHA/65/INV/18	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, primer tramo) (sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución del proyecto, haciendo hincapié en que la terminación es para el 1 de julio de 2019 y en que el reembolso de los saldos remanentes para el 31 de diciembre de 2019
Catar	QAT/PHA/65/TAS/17	PNUMA	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, primer tramo) (sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución del proyecto, haciendo hincapié en que la terminación es para el 1 de julio de 2019 y en que el reembolso de los saldos remanentes para el 31 de diciembre de 2019
Catar	QAT/PHA/73/PRP/20	PNUMA	Preparación de un plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación atinente a la presentación de la etapa II, haciendo hincapié en que dicha presentación está demorada
Catar	QAT/PHA/73/PRP/21	ONUDI	Preparación de un plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación atinente a la presentación de la etapa II, haciendo hincapié en que dicha presentación está demorada
Catar	QAT/SEV/79/INS/22	ONUDI	Renovación de proyecto de fortalecimiento institucional (fase IV: 8/2017-7/2019)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Arabia Saudita	SAU/FOA/62/INV/13	ONUDI	Eliminación de HCFC-22 y HCFC-142b en la fabricación de tableros de poliestireno extruido en Al-Watania Plastics	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución, incluyendo una actualización sobre la subasta del equipo adquirido que tiene que venderse
Arabia Saudita	SAU/PHA/68/INV/17	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, primer tramo) (vigilancia, servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Arabia Saudita	SAU/PHA/72/INV/20	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo) (vigilancia, servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Arabia Saudita	SAU/PHA/75/INV/24	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, tercer tramo)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución

País	Código	Organismo	Título del proyecto	Recomendaciones
			(plan para el sector de espumas de poliuretano)	
Arabia Saudita	SAU/PHA/75/INV/25	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, tercer tramo) (vigilancia, servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Arabia Saudita	SAU/PHA/77/INV/31	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, cuarto tramo) (plan para el sector de espumas de poliuretano)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Arabia Saudita	SAU/PHA/77/TAS/32	PNUMA	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, cuarto tramo) (supervisión, capacitación de funcionarios de aduanas, vigilancia, servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Arabia Saudita	SAU/SEV/67/INS/15	PNUMA	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fase II: 7/2012-6/2014)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Somalia	SOM/PHA/77/INV/12	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo) (sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Somalia	SOM/PHA/77/TAS/13	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo) (seguridad adicional)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Sudán del Sur	SSD/PHA/77/TAS/04	PNUMA	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, primer tramo)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Sudán del Sur	SSD/SEV/76/INS/03	PNUMA	Proyecto de fortalecimiento institucional (fase I: 5/2016-4/2018)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Suriname	SUR/PHA/74/TAS/22	PNUMA	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, segundo tramo)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de los volúmenes de financiación desembolsados
Suriname	SUR/SEV/77/INS/25	PNUMA	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fase VI: 12/2016-11/2018)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución de los volúmenes de financiación desembolsados
República Árabe Siria (la)	SYR/FOA/61/PRP/102	PNUMA	Preparación para realizar actividades de inversión con miras a eliminar los HCFC (sector de espumas)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y la vigilancia y supervisión de la etapa I
República Árabe Siria (la)	SYR/PHA/55/PRP/97	ONUDI	Preparación de un plan de gestión de eliminación de los HCFC	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y la vigilancia y supervisión de la etapa I
República Árabe Siria (la)	SYR/REF/62/INV/103	ONUDI	Eliminación de HCFC-22 y HCFC-141b en la fabricación de equipos unitarios de climatización y de tableros rígidos de poliuretano para aislamiento en Al Hafez Group	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución

País	Código	Organismo	Título del proyecto	Recomendaciones
República Árabe Siria (la)	SYR/SEV/73/INS/104	ONUDI	Prórroga de fortalecimiento institucional (fase V: 1/2015-12/2016)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución
Túnez	TUN/FOA/77/PRP/72	ONUDI	Preparación para realizar actividades de inversión con miras a eliminar los HCFC (etapa II) (sector de espumas de poliuretano)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución de los volúmenes de financiación desembolsados, incluyendo una actualización sobre la presentación de la etapa II
Túnez	TUN/PHA/77/PRP/71	ONUDI	Preparación de un plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución de los volúmenes de financiación desembolsados, incluyendo una actualización sobre la presentación de la etapa II
Turquía	TUR/PHA/74/PRP/105	ONUDI	Preparación de un plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución de los volúmenes de financiación desembolsados, incluyendo una actualización sobre la presentación de la etapa II
Yemen	YEM/SEV/73/INS/43	PNUMA	Prórroga de proyecto de fortalecimiento institucional (fase VIII: 1/2015-12/2016)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados
Zambia	ZAM/PHA/77/INV/33	ONUDI	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa I, tercer tramo)	Pedir a la 84ª reunión un informe de la situación de la ejecución y de los volúmenes de financiación desembolsados

Annex II

Government of Cuba

**Pilot Demonstration Project on ODS-Waste
Management and Disposal**

Final report

Prepared by
Ozone Technical Office (OTOZ)

Implemented with assistance of the United Nations Development Programme - UNDP

Funded by the Multilateral Fund (MLF) for the Implementation of the Montreal Protocol

December 2nd, 2018

Contents

1. Summary of the project details as per the approval.....	3
2. Background	3
3. Implementation of the project	4
4. Description of the collection, storage and destruction	4
<i>4.1 Recovery and collection of ODS</i>	<i>4</i>
<i>4.2 Transport of the recovered refrigerant</i>	<i>6</i>
5. Description of the destruction process	8
<i>5.1 Selection of the destruction technology</i>	<i>8</i>
<i>5.2 Designated local facility</i>	<i>9</i>
6. Construction of the destruction facility.....	9
<i>6.1 Selection process of technology supplier</i>	<i>9</i>
<i>6.2 Civil work at the cement plant.</i>	<i>10</i>
7. Description of the destruction process	12
<i>7.1 Reception, storage and handling of ODS cylinders.</i>	<i>12</i>
<i>7.2 Station for preparing and injecting the ODS from the cylinders to the cement kilns.</i>	<i>12</i>
8. Start-up and operation of the destruction plant.....	13
9. Amount of ODS destroyed	13
10. Operation of the collection system.....	14
11. Challenges and lesson learnt during project implementation.....	14
<i>11.1 Challenges.....</i>	<i>14</i>
<i>11.2 Lesson learnt.....</i>	<i>15</i>

1. Summary of the project details as per the approval.

COUNTRY:	Cuba
IMPLEMENTING AGENCY:	UNDP
PROJECT TITLE:	Pilot Demonstration Project on ODS-Waste Management and Disposal
SECTOR:	ODS-Waste
Sub-Sector:	Refrigeration Servicing Sector
Date of Approval:	April 2011
PROJECT IMPACT:	8.8 Metric Tons of CFC-12
PROJECT DURATION:	36 months
LOCAL OWNERSHIP:	100 %
EXPORT COMPONENT:	0 %
REQUESTED MLF GRANT:	US\$ 525,200
IMPLEMENTING AGENCY SUPPORT COST:	US\$ 39,390 (7.5 %)
TOTAL COST OF PROJECT TO MLF:	US\$ 564,590
COST-EFFECTIVENESS:	US\$ 3.95/kg ODS (metric) based on complete destruction of recovered ODS Waste in Cuba. Not all will be destroyed during the 3-year demonstration project.
NATIONAL COORDINATING AGENCY:	Technical Ozone Office: Ministry of Science, Technology and the Environment.

2. Background

In 2006, Cuba introduced the *Energy Revolution Year* where one important component was to promote the complete substitution of old energy inefficient domestic refrigerators and air-conditioning units. The programme was actively supported by the National Ozone Unit (NOU) to ensure that the Ozone depleting substances (ODS) contained in those refrigerators were properly recovered, following best refrigeration practices. With this Energy Programme, between 2005 and 2010 over 2.757 million refrigerators and 276,000 air-conditioning units, on average 20 to 60 years

old, were de-manufactured and replaced with energy efficient units at a cost of over 700 million US dollars to the government of Cuba which funded the complete recollection, substitution and de-manufacturing programme.

At the 62nd meeting of the Executive Committee of the Multilateral fund, a Pilot demonstration project on ODS waste management and disposal, with UNDP as implementing agency; The funds provided by the Multilateral Fund were US\$ 525,200. The project sought to demonstrate a cost-effective way for the collection, storage and disposal unwanted ODS using a cement kiln.

3. Implementation of the project

The project worked in two aspects, 1) Strengthening the national system for refrigerant collection, and 2) Design and construction of a refrigerant disposal facility.

The project started in March 2011 with participation of the Ministry of Science, Technology and Environment (CITMA), Ministry of Construction (MINCON), Ministry of Internal Commerce (MINCIN), led by the Ozone Technical Office (OTOZ). Each of the involved entities designate a participant that supported the implementation of the project.

4. Description of the collection, storage and destruction

4.1 Recovery and collection of ODS

All refrigeration servicing workshops and maintenance brigades in the country, belonging to any of the organisms (OACE – Organismo de Administracion Central del Estado) are required to avoid the release to the atmosphere of refrigerant from equipment being serviced, repaired, substituted or dismantled and must recover this, store it in equipment loaned to them, and hand it over to the municipal workshops of the Ministry of Interior Commerce (MINCIN), Industrial Equipment and Services Enterprise (Empresa Industrial de Equipos y Servicios - EIESA) or others as previously agreed with the MINCIN. EIASA's workshops as well as the municipal MINCIN approved workshops are responsible for adequate handling and storage of ODS received.

The system is structured around 1,000 local level workshops. As there are 169 municipalities, one of the above mentioned 1,000 workshops acts as a municipal level center. The ODS recovered by the 1,000 workshops thus feeds into 169 municipal level workshops. There are 6 territorial workshops that serve as collection centers which cover the entire country, located in the main cities and provinces: Havana, Villa Clara, Santi Espíritu, Camagüey, Holguín and Santiago de Cuba.

The ODS refrigerants comes from all the service workshops regardless of the governmental sector where it comes from. The service workshops are responsible for taking and delivering the gas to the municipal collection centers, which inform the collection centers when they have significant quantities.

In the territorial workshops (collection centers), the cylinders brought by the service workshops are weighed, the gas they contain is then identified, and transferred to cylinders of greater capacity that exists in every collection center.

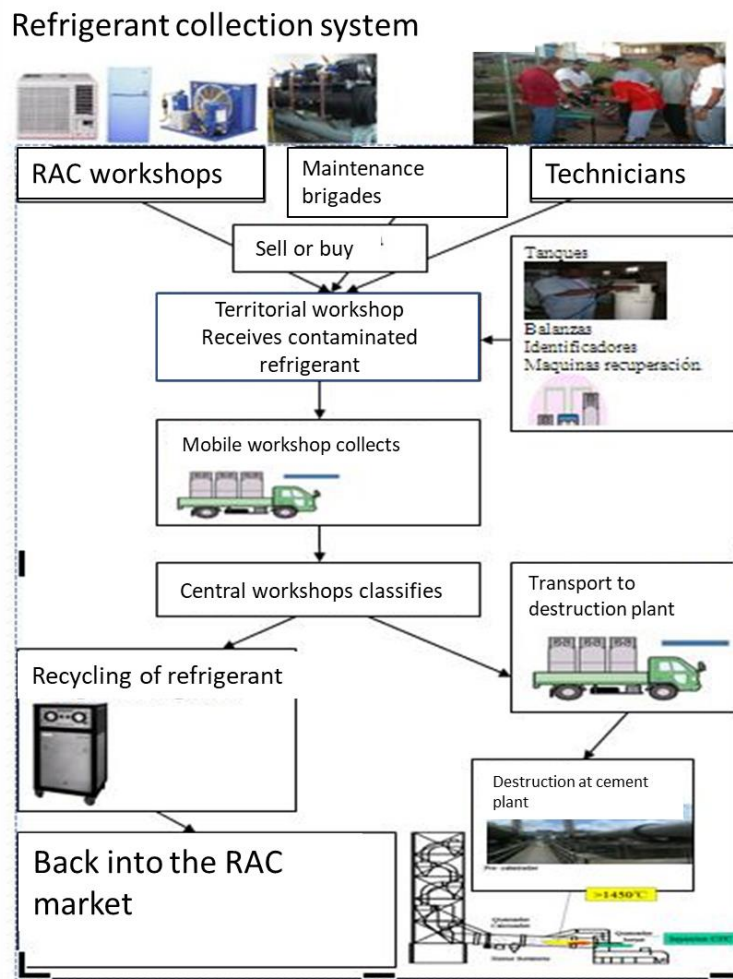
Once the recovered refrigerant is in the collection center, it is identified and its concentration measured, if its reading yields more than 98%, it is further recycled and cleaned in a refrigerant recycling machine, otherwise it will be destroyed in the cement plant.

All this process is registered in authorization books kept for this purpose where type of gas, quantity, origin and destination are registered.

All gases are transported independently of the origin and destination in a specialized vehicle designed for this purpose. The workshops inform the central warehouse when they have significant quantities for the change to collect the stored material.

A scheme of the refrigerant collection system is show below in figure 1.

Figure 1. Scheme of the refrigerant collection system.



4.2 Transport of the recovered refrigerant

One of the main challenges identified during the design of the project was the transport of the recovered refrigerant to the collection centers and to the destruction facility. To overcome this challenge the project team, led by OTOZ, and with support of the Spanish firm in charge of the design and installation of the destruction facility, MIESA EXPORTACIÓN SL, designed and acquire a specialized vehicle (mobile workshop).

The description and main characteristics of the vehicle for transfer of refrigerants are:

- Type of truck: Single cabin and short bed, closed, adjusted to the size of the equipment that is mounted, without free spaces or storage area.
- There has a rigid structure where the machines for transferring and recovering refrigerants, hose adapters and all electrical connections are mounted.
- Three (3) tanks: a) One (1) of 1-tonne for contaminated refrigerant, b) One (1) of 500 kg and c) One of 200 kg for recovered refrigerants are incorporated into the truck, with safety valve, pressure gauges, manhole for cleaning, oil drain valve, level of volumetric liquid and two (2) half-inch valves of liquid and steam with a maximum working pressure 30 Bar.
- Digital Balance 115v. Heavy, robust, anti-vibration work incorporated into the truck for weighing tanks and cylinders in transport equipment with capacity. 0-150 Kg Precision 0.1 kg.
- High capacity refrigerant transfer machine; Liquid 300 l/min, 110-volt, 3/8-inch sockets. Electric connection.
- High capacity Recovery Machine: Vapor 300 g/min. Liquid 7,500 g/min. 110-volt, 3/8-inch intakes. Electric connection.
- 8 flexible 3m hoses for extra strong high-pressure coolant and 3/8-inch ball valves on one end, SAE 1/2.
- 8 flexible hoses of 3/8 inch alternating red and blue specialized for refrigerants. Maximum operating pressure 600 PSIG.
- 3 flexible hoses of 15 cm. for extra strong high-pressure refrigerant and 1/2-inch ball valves on one male end and female connection, SAE 3/8.
- 3 flexible hoses of 15 cm. for extra strong high-pressure refrigerant and 3/8-inch ball valves on one end, and both female connections, SAE 1/2.
- With ample space to handle tanks from which the refrigerant is extracted or filled: 30 lb (13.6 Kg); 50 lb (22.5 Kg) and 60 Kg.
- Specifications standards: European standard for the transport and storage of refrigerants.

In the pictures below, an interior view of the mobile workshop can be seen.

Picture 1. Interior of the mobile workshop.



Picture 2. General view of the mobile workshop (Source: OTOZ).



Picture 3. Instruments inside the mobile workshop. (Source: OTOZ).



5. Description of the destruction process

5.1 Selection of the destruction technology

The technology chosen for the destruction of ODS in the demonstration project in Cuba was rotary cement kilns, this is one of the destruction and disposal technologies approved by the parties of the Montreal Protocol (Decision XIV/6, Annex VI: Approved destruction processes)¹.

During the initial phase of the project, a technical team of Cuba visited the Akoh cement plant, part of the group Sumitomo Osaka Cement Co. Ltd. in Japan to analyze the technology. This plant uses as feedstock waste and fuel alternative such as waste plastics, wood, sludge waste treatment plants, urban waste, waste oil, coal ash, used tires and CFCs.

After the visit, the technical team found that it was suitable for the country to adopt this approach for the disposal of ODS, as there were several cement kilns with dry and humid process, and that other technologies were not present in the country requiring high capital costs to set them up.

Rotary cement kilns provide an excellent technical option for the destruction of ODS given specific characteristics such as:

- High flame temperatures which can reach 1800-2000 C°;
- Long residence times, as a consequence of large kiln size and volumes, which can reach 6 seconds in the kiln per-se;
- No residues are generated in the form of either ashes or scoria.

Given the high temperatures and long residence times, these kilns are ideal media to destroy organic compounds of a high chemical stability such as CFCs and HCFCs. One of the main problems with their destruction is the emissions of acid gases, such as HCl and HF, but they can react with the calcium salts present in the feedstock, coming to form CaCl₂ and CaF₂ which become part of the clinker.

On the other hand, chlorine contained in these gases constitutes the main problem given that it can, not only affect the quality of the cement, but also the kiln itself. It is important to have a control ratio to avoid excesses of this gas in the hot gas flux of the kiln, as it could contribute to the unlimited thickening of the crust that adheres to the refractory coating, affecting the interior of the kiln, which can lead to reduced productivity. This effect is significantly more marked in dry process kilns, as they require installations for the development of the calcination stages and synthesis, which contribute to the gases recirculation inside the kiln and therefore they spend more time in direct contact with the solid and cause the volatile elements to increase their concentration as time passes; therefore, the negative effect created by the presence of Cl⁻ and F⁻ becomes increasingly marked.

So, to minimize this effect a cement kiln with a humid process was chosen for the demonstration project.

¹ <https://ozone.unep.org/en/handbook-montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer/976>

5.2 Designated local facility

In Cuba there is just one (1) cement plant that uses humid process in its manufacture. This facility, known as the Siguaney Cement Plant of the Grupo Empresarial del Cemento (Cement Business Group) under the Ministry of Construction, is located in the town of Siguaney located in the province of Sancti Spiritus, approximately 300 km to the South-East of Havana.

The cement kiln is 126 m long by 4 m diameter. With a production capacity of 500 ton of Clinker/day, using oil as fuel. The temperatures of operation are 1800-2000 °C in the freeboard and 6 seconds of gasses residence time, under alkaline atmosphere. Chlorine contents are present in the fuel and raw materials. Kiln has not an emission control. Other wastes processed at the kiln are used oils, sludge and obsolete medicines.

6. Construction of the destruction facility

6.1 Selection process of technology supplier

The acquisition of the equipment was contracted to a Spanish company and the assembly was executed by the Cuban part; the start-up was conducted by the Cuban part with support of the Spanish company.

The Company MIESA EXPORTACIÓN SL with address C / San Vicente, 8-48001 Bilbao (BIZKAIA), Spain, was hire as supplier of the project, with the objective of providing engineering, assembly and maintenance services of the equipment and automatic systems needed for the ODS destruction in the cement kiln.

The selection process was conducted by the Cuban Importing Company (EMED) according to the local regulations and processes. During the bidding process, EMED selected the Spanish company as it was the only one that comply with the technical requirements, offered the automatic system requested and agreed to adjust the automation of the gas burning line with the existing kiln in a joint work with designers from the Cuban counterparts as this one was a requirement made by the authorities.

The supplier provided the control panel (automatic cabinets, brand Siemens) and the PLC for the kiln with the whole installation and its accessories, automation of the gas burning line, supply lines (water, energy, air) and sanitary material for the swimming pool area.

In addition, all the necessary equipment for the transfer of stored gas, recovery machines, refrigerant gas identifiers, gas cylinder to recover, scales for weighing the gas and other supplies and accessories, were provided by the supplier.

6.2 Civil work at the cement plant.

It was necessary a building annexed to the area of the kiln automatic controls to locate the acquired equipment, the pool area of the cylinders, and a reception and storage area for the full and empty refrigerant cylinders.

It is also necessary to point out that in Cuba, the Environmental Law 81 of the Ministry of Science, Technology and Environment (CITMA) requires for this type of project the request for an environmental license during its execution, start-up and operation. This license mentions actions and activities of mandatory compliance.

It was also necessary to install a fire prevention system and certify it according to the Cuban norms for this type of installation; it is also part of the aforementioned conditions of the environmental license granted.

The construction process of the civil work is show in the pictures below.

Picture 4. Project team during the construction of the ODS disposal plant. (Source: OTOZ)



Picture 5. Construction of the ODS disposal plant (Source: OTOZ).



Picture 6. Installation of the control panels. (Source: OTOZ)



Picture 7. Assembly of supply lines (Source: OTOZ)



Picture 8. Storage area for cylinders (Source: OTOZ).



Picture 9. General view of the civil works of the disposal plant. (Source: OTOZ).



7. Description of the destruction process

7.1 Reception, storage and handling of ODS cylinders.

The cylinders with unwanted ODS arrive at the plant from two points:

- The stored ones of the Energy Program in Havana City.
- From the collection centers of the different part of the country.

The cylinders of CFCs and HCFCs are received in the plant and stored in a covered area destined for this purpose, at room temperature. There is a scale for the weighing of the same is identified the substance contained, as well as wheelbarrow to transport them.

All these processes are enabled in a registry to keep track of the amount and kind of ODS destroyed.

7.2 Station for preparing and injecting the ODS from the cylinders to the cement kilns.

As mentioned before, it is very important to control the injection ration of ODS into the cement kiln. The injection is control through an automatic process that was designed for the destruction of CFC and HCFC and its parameters are adjusted automatically in the control cabinet after deciding the destruction of one or the other.

In ODS dosing station, the cylinders are placed inside a pool at a temperature of 30°C, in order to facilitate the extraction of the vapor phase from the cylinder; then the cylinders are connected by threaded hoses and their corresponding valves to a manifold that allows the simultaneous coupling of several bullets to the kiln feeding system, to achieve the strict control of the dosing of the gas to the kiln. There is a regulating valve for pressure and flow. It also has an emergency valve for the automatic disconnection of the supply to the kiln in case of unexpected stops or failures in the operation.

In the case of CFC-11 (which is liquid at room temperature), air is injected into the cylinders and heated at its base to achieve evaporation and in this phase (gas) is introduced into the kiln.

The installation is equipped with a vacuum pump that is used sporadically to extract the gases from the cylinders when they have little content. There is a filter to separate the oil that may come with the gas, with the aim of not embedding in the pipes, the latter are coated with insulating material to maintain the temperature. In addition, it consists of a vaporizer to heat the water of the pool when the temperature is below 30°C, controlled by a temperature sensor facilitating the gas output of the cylinders.

The gas injection system has a complex system of valves to ensure that the quantities that are injected into the kiln are correct. The CFCs or HCFCs are injected at the entrance of the primary air fan of the kiln burner, by means of a 0.5-inch pipe. It is important to bear in mind that the

feeding of CFCs, or HCFCs to the kiln, is only done when the cement is being produced and when this process is stable.

For each type of refrigerant, a kiln dosage is guaranteed, as it is key to maintain the quality of the cement so the quantities of ODS to be destroyed are according to the calculation of the production load of the cement kiln. Due to the age of the kiln a maximum amount of 0.1 kg per tonne of cement is injected, which guarantees the complete destruction of the gases.

The installed system has a nominal destruction capacity of 10 tons/year, being the destruction capacity related to the production of cement.

8. Start-up and operation of the destruction plant

The destruction plant in Siguaney cement plant started in October 2015, but even before the commissioning of the disposal plant, it has faced different challenges that has delayed its start-up and limited its operation which has impacted the CFC and HCFC destroyed.

Among the challenges faced were:

- a) Delay in the approval of the environmental license: CFC and HCFC were two new type of waste to be treated in the cement kiln.
- b) Delay in the commissioning of the civil works and importation process of the system.
- c) Requirement to wait for a maintenance window in the kiln to conduct the trials and start the system.
- d) Breakage of parts of the technological process of cement manufacturing, such as valves, the mills, refractory bricks from the kilns. This goes through lengthy import procedures into the country.
- e) Problems with the supply chain of the raw material, for the types of cement that it produces.
- f) Problems in the country with the supply of fuel.
- g) Problems with the supply of water to the factory, due to the drought in that area of the country.
- h) Extension of technological breaks more than the time foreseen by the schedule.

9. Amount of ODS destroyed

The amount of ODS destroyed is presented in the next table; The low quantities destroyed respond to problems listed before and to the low production level of the plant, which is in line with the economic activity of the country.

Table 1. Amount destroyed by the ODS disposal plant.

Year	ODS destroyed	Amount (ton)
2015	R-12	0.308
	R-22	0.215

Year	ODS destroyed	Amount (ton)
2016	R-11	0.268
	R-12	0.259
2017		0.000
2018	R-12	0.695
total		1.745

During the end of 2016 and 2017, there were a severe drought in the area, so the complete operation of the cement plant stopped as it is based in a humid process; as the destruction of ODS is linked to the manufacture of cement, there was not destruction of ODS in 2017.

Currently the disposal plant is in operation and it is expected that continues destroying the collected ODS under Energy Programme and the implementation of the HCFC phase out management plan. OTOZ estimates that more than 80 tonnes of refrigerant are stored in a warehouse in Havana, guarded by the Ministry of Internal Trade (MINCIN), who is responsible for its storage, transportation and destruction in the factory.

10. Operation of the collection system

A refrigerant recovery and collection systems is in place, it is in charge of the Ministry of Internal Commerce (MINCIN), which coordinates the operation of the municipal and territorial workshops that conform the system. The MINCIN is also in charge of the mobile workshop used to transport the collected refrigerants between the different centers and the disposal plant.

In Cuba, transportation is a challenge, so the mobile workshops designed and acquired by the project is a key tool to complete the sound management of refrigerant within the country.

However, the collection system faces some challenges, such as:

- The smaller workshops do not deliver the amounts collected to the provincial centers.
- Many of the smaller workshops do not have the appropriate equipment for the collection of refrigerants.
- Limit the mixture of refrigerants at the time of recovery.
- The destruction of refrigerant involves a payment for its disposal to the cement plant. The cement company calculated the cost of destruction of \$ 6 per kilo.

11. Challenges and lesson learnt during project implementation

11.1 Challenges

Some of the challenges faced by the project during its implementation were:

- Lack of installed capacity in the smaller workshops to collect refrigerant.

- The installed controls of the cement kiln were quite old, so it was required additional training to kiln operators and to adapt solutions to make it work between the obsolete technology of the cement plant and the state-of-the-art technology of the automatic controls of the assembled disposal system.
- Breakage of parts of the plant that was necessary to import during the project that stopped the start-up process extending the project implementation time.
- Times of delay in the fuel supply of the plant due to country problems.
- Delay caused by the water supply in the territory caused by a severe drought. Other sectors of the industry and the population were prioritized for the water supply.
- Delay in the hiring and importation of resources by the Importing Company, resulting in delays in the physical and financial execution of the project not foreseen in the work plan.
- Delay by the Entity responsible for the recovery and transportation of refrigerant gases in implementing its technical and financial execution plan.
- Difficulties in the identification of laboratories available in Cuba for conducting a dioxins and furans analysis and difficulties in identifying laboratories abroad for contracting the analysis of these samples (There is no laboratory in Cuba for the analysis of this type). There are not the necessary sample collection points in the discharge chimney for the collection of the sample.

11.2 Lesson learnt.

The implementation of the project left some valuable lessons, such as:

- The selected technology of destruction of gases in cement plant depends on industrial processes, (these gases are injected into the kiln in the process of making cement, when this process is stopped, the destruction of gases is stopped and the scheduled schedule.
- It takes time for the necessary training of the specialists who receive the new technology.
- The coordination between the different parties or institutions involved in the project is complex and requires a lot of time. It is needed to be systematically checked, to resolve the difficulties that arise during execution and to monitor the progress of the tasks.
- The part that receives the new technology, in this case the cement plant, sometimes due to breakage, due to the non-existence of raw material in time and/or due to an increase in the number of unplanned technological breaks, lengthens the project implementation schedule, resulting in delays of the planned activities.
- Even if there is collected ODS waste in the country, the logistical arrangements for its transportation to the destruction plant are as important as the destruction plan itself.
- To adapt new controls and devices to an existing plant, especially to one with several years in operation, carries difficulties and delays. It is important to consider this parameter when selecting the location of a destruction facility.

Anexo III

**TEXTO PARA INCLUIR EN LA VERSIÓN ACTUALIZADA DEL ACUERDO ENTRE EL GOBIERNO DE TÚNEZ Y EL COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE HIDROCLOROFLUOROCARBONOS
(Los cambios pertinentes figuran en **negrita** para facilitar su consulta).**

16. El presente Acuerdo actualizado sustituye al Acuerdo alcanzado entre el Gobierno de Túnez y el Comité Ejecutivo en la 72ª reunión del Comité Ejecutivo.

APÉNDICE 2-A: LOS OBJETIVOS Y LA FINANCIACIÓN

Fila	Detalles específicos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
1.1	Calendario del Protocolo de Montreal para la reducción de las sustancias del Anexo C, Grupo I (toneladas PAO)	40,70	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63	n.c.
1.2	Consumo total máximo permitido para sustancias del Anexo C, Grupo I (toneladas PAO)	40,70	36,63	36,63	36,63	34,60	34,60	34,60	n.c.
2.1	Financiación convenida para el Organismo de Ejecución Principal (ONUDI) (\$EUA)	376 920	0	71 038	0	0	57 500	0	505 458
2.2	Gastos de apoyo para el Organismo de Ejecución Principal (\$EUA)	26 384	0	4 973	0	0	4 025	0	35 382
2.3	Financiación convenida para el Organismo de Ejecución Cooperante (PNUMA) (\$EUA)	30 000	0	55 000	0	0	15 000	0	100 000
2.4	Gastos de apoyo para el Organismo de Ejecución Cooperante (PNUMA, \$EUA)	3 900	0	7 150	0	0	1 950	0	13 000
2.5	Financiación convenida para el organismo de ejecución cooperante (Francia) (\$EUA)	38 000	0	38 000	0	0	19 000	0	95 000
2.6	Gastos de apoyo para el Organismo de Ejecución Cooperante (Francia) (\$EUA)	4 940	0	4 940	0	0	2 470	0	12 350
3.1	Financiación total convenida (\$EUA)	444 920	0	164 038	0	0	91 500	0	700 458
3.2	Total de gastos de apoyo (\$EUA)	35 224	0	17 063	0	0	8 445	0	60 732
3.3	Costo total acordado (\$EUA)*	480 144	0	181 101	0	0	99 945	0	761 190
4.1.1	Eliminación total convenida de HCFC-22 por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)								9,26
4.1.2	Eliminación de HCFC-22 por lograr en proyectos aprobados anteriormente (toneladas PAO)								0
4.1.3	Consumo admisible remanente de HCFC-22 (toneladas PAO)								29,75
4.2.1	Eliminación total convenida de HCFC-141b por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)								1,34
4.2.2	Eliminación de HCFC-141b por lograr en proyectos aprobados anteriormente (toneladas PAO)								0
4.2.3	Consumo admisible remanente de HCFC-141b (toneladas PAO)								0,27
4.3.1	Eliminación total convenida de HCFC-142b por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)								0
4.3.2	Eliminación de HCFC-142b por lograr en proyectos aprobados anteriormente (toneladas PAO)								0
4.3.3	Consumo admisible remanente de HCFC-142b (toneladas PAO)								0,04
4.4.1	Eliminación total convenida de HCFC-141b en polioles premezclados importados por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)								0
4.4.2	Eliminación de HCFC-141b en polioles premezclados importados por lograr bajo proyectos aprobados previamente (toneladas PAO)								0
4.4.3	Consumo admisible remanente de HCFC-141b en polioles premezclados importados (toneladas PAO)								5,02

Annex IV

**DEMONSTRATION PROJECT TO DEVELOP WINDOW AND PACKAGED AIR-
CONDITIONERS USING LOWER-GWP REFRIGERANT IN SAUDI ARABIA**

FINAL REPORT

Submitted by:

The World Bank

February 2019

Table of Contents

List of Tables	3
List of Figures	4
Executive Summary	5
I. Introduction	6
Objectives	6
II. Project Implementation	7
1. Software Development.....	7
2. Design and Manufacturing of Prototypes.....	8
ISO 5149	8
IEC 60335-2-40	11
Prototype Unit Design.....	11
Specific Design Features for Flammable Refrigerants	14
Other Design Features.....	14
Prototype Units	14
Refrigerant Charge Amounts	18
3. Testing	18
Test Procedure	18
Laboratory Modifications for Flammable Refrigerants	19
III. Performance Results.....	20
IV. Cost Analysis	23
V. Conclusions	25
VI. References	26
VII. Appendix A	27

List of Tables

Table 1: Properties of R-32, R-290 and R-410A	7
Table 2: Possible Applications of R-290 Prototypes	10
Table 3: Possible Applications of R-32 Prototypes	10
Table 4: Total Refrigerant Charge Amounts (kg) per Unit.....	18
Table 5: Testing Temperature Conditions (°C).....	19
Table 6: Cost Comparison of Refrigerant – 100 kW Unit	23
Table 7: Cost Comparison of Refrigerant – 70 kW Unit	23
Table 8: Cost Comparison of Refrigerant – 40 kW Unit	24
Table 9: Cost Comparison of Major Components - 100 kW Unit (US \$)	24
Table 10: Cost Comparison of Major Components - 70 kW Unit (US \$)	25
Table 11: Cost Comparison of Major Components - 40 kW Unit (US \$)	25

List of Figures

Figure 1: Software User Interface.....	9
Figure 2: Schematic of 100 kW Prototype Air-Cooled Chiller.....	11
Figure 3: Top and Side Views of 100 kW Prototype Air-Cooled Chiller.....	12
Figure 4: Schematic of 70 kW Prototype Air-Cooled Chiller.....	13
Figure 5: Top and Side Views of 70 kW Prototype Air-Cooled Chiller.....	13
Figure 6: Prototypes.....	15
Figure 7: R-32 Prototype with Markings	15
Figure 8: R-32 Unit with Scroll Compressor	16
Figure 9: R-290 Unit with Semi-Hermetic Compressor	16
Figure 10: R-290 Leak Sensor	17
Figure 11: NEMA 7 Electrical Panel Upgrade	17
Figure 12: Unit Test Setup.....	18
Figure 13: Control Alarm Panel and R-290 Sensors.....	19
Figure 14: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 40 kW Prototypes.....	20
Figure 15: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 70 kW Prototypes.....	20
Figure 16: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 100 kW Prototypes.....	21
Figure 17: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 35°C – 100 kW Prototypes.....	22
Figure 18: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 46°C – 100 kW Prototypes.....	22
Figure 19: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 52°C – 100 kW Prototypes.....	23

Executive Summary

This demonstration project was conducted in response to decision 76/26 of the Executive Committee of the Multilateral Fund (May 2016 meeting), asking for the development of window and packaged air-conditioners in Saudi Arabia using alternative refrigerants with lower global warming potential (GWP). The Multilateral Fund allocated US \$796,400 to two companies: Saudi Factory for Electrical Appliances Co. Ltd. would develop window AC prototypes while PETRA Engineering Industries (KSA) Co., Ltd would develop packaged air-conditioners. The window AC component was later withdrawn from the project after approval.

The project was carried out at PETRA Engineering Industries Company Saudi Arabia and consisted of designing, manufacturing and testing commercial air-cooled chillers using low GWP refrigerants R-32 and R-290. A total of six units were built (3 for R-290 and 3 for R-32) with cooling capacities of 40 kW, 70 kW and 100 kW. The design of the products was in accordance with the safety requirements of ISO-5149 and IEC-60335-2-40, given that both R-32 and R-290 are flammable refrigerants.

The air-cooled chillers were tested at a standard ambient condition of 35°C as well as at high ambient temperatures of 46°C and 52°C. Results were compared to the baseline refrigerant R-410A, which for this project was tested as a drop-in to R-32. In all cases, both R-32 and R-290 units showed similar or better performance (efficiency and cooling capacity) than R-410A. However, design changes necessary to mitigate the risk of using R-290 (highly flammable refrigerant) resulted in a significant increase in the cost of the chillers. The cost increase was minimal in the case of the mildly flammable refrigerant R-32.

The project demonstrated that commercial air-cooled chillers can be successfully designed and operated with low GWP alternative refrigerants such as R-32 and R-290 for a variety of cooling capacities and operating conditions (including high ambient temperatures). Requirements of current international safety standards did not limit the amount of flammable refrigerants used for this particular project because of the specific application and location of the chillers. However, it should be noted that in most commercial applications, the use of highly flammable refrigerants such as R-290 is severely restricted by current safety standards, which is not the case for mildly flammable refrigerants like R-32.

It is believed that findings from this project will help developing countries with high ambient temperature conditions accelerate their adoption and implementation of the Kigali Amendment.

I. Introduction

In 2007, the Parties to the Montreal Protocol agreed to accelerate the phase-out schedule for hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) in developing countries. More specifically, the Parties agreed to a freeze consumption in 2013 (based on average consumption of 2009-2010) followed by reductions of the baseline by 10%, 35%, 67.5% and 97.5% for years 2015, 2020, 2025 and 2030 respectively allowing 2.5% to continue during the period 2030 - 2040 as a service tail and a complete phase out by 2040.

The Article 5 parties, especially those in high-ambient conditions, face serious challenges in finding out suitable lower-GWP alternatives to replace HCFC-22 in air-conditioning applications while maintaining minimum energy performance standards. Although the Executive Committee has funded demonstration project to promote low-GWP alternatives for the A/C industry in high-ambient countries, there are gaps in testing lower-GWP refrigerants: R-32 and R-290 in window and packaged air-conditioners.

To address this gap, the Executive Committee of the Multilateral Fund (MLF)¹ at its 76th meeting in May 2016 approved a demonstration project in Saudi Arabia to develop window and packaged air-conditioners using low GWP alternative refrigerants. The MLF allocated US \$796,400, plus agency support costs of US \$55,748 for the World Bank. Funding from the Multilateral Fund has been specifically allocated to the two air-conditioning manufacturers in Saudi Arabia. Saudi Factory for Electrical Appliances Co. Ltd. would develop window AC prototypes while PETRA Engineering Industries (KSA) Co., Ltd would develop packaged air-conditioners.

After the approval of the project, Saudi Factory for Electrical Appliances Co. Ltd. did not participate in the development of window AC prototypes without providing any official explanation. The fund² related to the development cost of window AC prototypes has been returned to MLF at the 82nd meeting. The development of window AC using lower GWP refrigerant is expected to be covered by one of AC manufacturers as indicated by UNIDO at the 76th meeting.

PETRA Engineering Industries Company Saudi Arabia (hereinafter referred to as “PETRA”) confirmed its commitment to develop the packaged air-conditioners.

Objectives

The main objective of the demonstration project was to design, develop and test the performance of air-cooled chillers (integrated chiller and air-handling unit) using low GWP refrigerants R-32 and R-290 at 3 cooling capacities: 40 kW, 70kW, and 100 kW.

Both R-32 and R-290 are environmentally friendly refrigerants, with zero ozone depletion potential (ODP) and low GWP. Both refrigerants have excellent thermophysical properties and are considered good alternatives to R-410A (and R-22). However, both are flammable and

¹ Decision 76/26, May 24, 2016

² US \$220,000 plus agency support costs of US \$15,400

necessitate design modifications of the baseline R-410A product. Some properties of R-32, R-290 and R-410A are summarized in Table 1 below.

In order to achieve the project’s objectives, PETRA conducted the following tasks:

- Review R-32 and R-290 refrigerant properties.
- Integrate the refrigerant properties in the design software simulation model.
- Use the software simulation model to design the evaporator and condenser coils including circuiting, number of rows, tube diameters and fin spacing.
- Validate the simulation results through actual tests, before producing the prototypes.
- Select the main components (evaporator, condenser, fans and compressor) to achieve similar or better performance than the baseline R-410A unit. The design took into account specific characteristics of each refrigerant such as higher operating pressures and discharge temperatures of R-32.
- Address safety measures by considering the risk associated with the flammability of both R-32 (mildly flammable) and R-290 (highly flammable). The design of the units was consistent with the requirements of ISO-5149 for refrigerant quantities and IEC-60335-2-40 for electrical components and markings.

Table 1: Properties of R-32, R-290 and R-410A

Parameters	R-32	R-290	R-410A
Chemical name	Difluoromethane	Propane	-
Chemical formula or mass composition	CH ₂ F ₂	CH ₃ CH ₂ CH ₃	R-32/R-125 (50%/50%)
Safety group (ASHRAE 34)	A2L	A3	A1
Lower Flammability Limit (Kg/m ³)	0.307	0.038	-
Boiling point (°C)	-51.65	-42.11	-51.44
Critical Temperature (°C)	78.11	96.74	71.36
ODP	0	0	0
GWP _(AR4)	675	3	2,088

In total, six prototype units were manufactured: three with R-32 (at cooling capacities of 40 kW, 70 kW and 100 kW), and three with R-290. The units were tested at a standard ambient condition of 35°C as well as at high ambient temperatures of 46°C and 52°C. The results were compared to the baseline R-410A which was tested as a drop-in refrigerant to R-32.

II. Project Implementation

The project consisted of three phases: (1) software development; (2) design and fabrication of the prototypes; and (3) testing.

1. Software Development

New software was developed to simulate the performance of the R-32 and R-290 units. PETRA developed the software in 6 different stages as described below:

- a. **Data acquisition** – This stage consisted of acquiring scientific information by reviewing the latest scientific research papers, case studies, etc.
- b. **Design** – This is the most critical stage where the evaporator and condenser heat exchanger models are developed. The system’s coefficient of performance can be evaluated as a function of the heat exchanger design and various two-phase flow heat transfer and pressure drop for both R-32 and R-290 are investigated.
- c. **Implementation** – After the completion of the design phase, the algorithms are developed and translated into programming code language.
- d. **Testing** – This is a critical stage in the software development stage. The software is tested to assess if it meets its intended purpose and does what it is supposed to do. Errors are identified and corrected until the software is ready for operational use.
- e. **Deployment** – After completing the testing phase, the software is deployed to the technical/application team where it is used by engineers to design products. Any problem when operating the software is recorded and passed on to the support and maintenance team for appropriate action.
- f. **Support and Maintenance** – This is the last stage in the life cycle process where modifications are made to the software to correct faults, improve performance or adapt the software to a modified environment.

Finally, the software makes use of a user-friendly interface as shown in Figure 1.

2. Design and Manufacturing of Prototypes

The design of the prototype units presented unique challenges as both R-32 and R-290 are flammable refrigerants. According to ASHRAE 34 [1] or ISO 817 [2], the group safety classification for R-32 is A2L, where “A” stands for lower toxicity and “2L” for lower flammability (i.e. refrigerants with a burning velocity less or equal than 10 cm/s). On the other hand, R-290 has a safety classification A3, where “3” stands for higher flammability.

Several safety features had to be taken into consideration to limit the risk of using flammable refrigerants as described below.

ISO 5149

First, the refrigerant quantities used in the chillers had to be consistent with the requirements of ISO 5149 [3]. This refrigerant charge limit depends on the type of occupancy where the chillers will be installed (i.e. general, supervised or authorized occupancy), the safety classification of the refrigerant, the air conditioning system classification (direct, indirect etc.) and where the refrigerant containing components (i.e. compressors, heat exchangers etc.) are located (outdoor, mechanical room etc.).

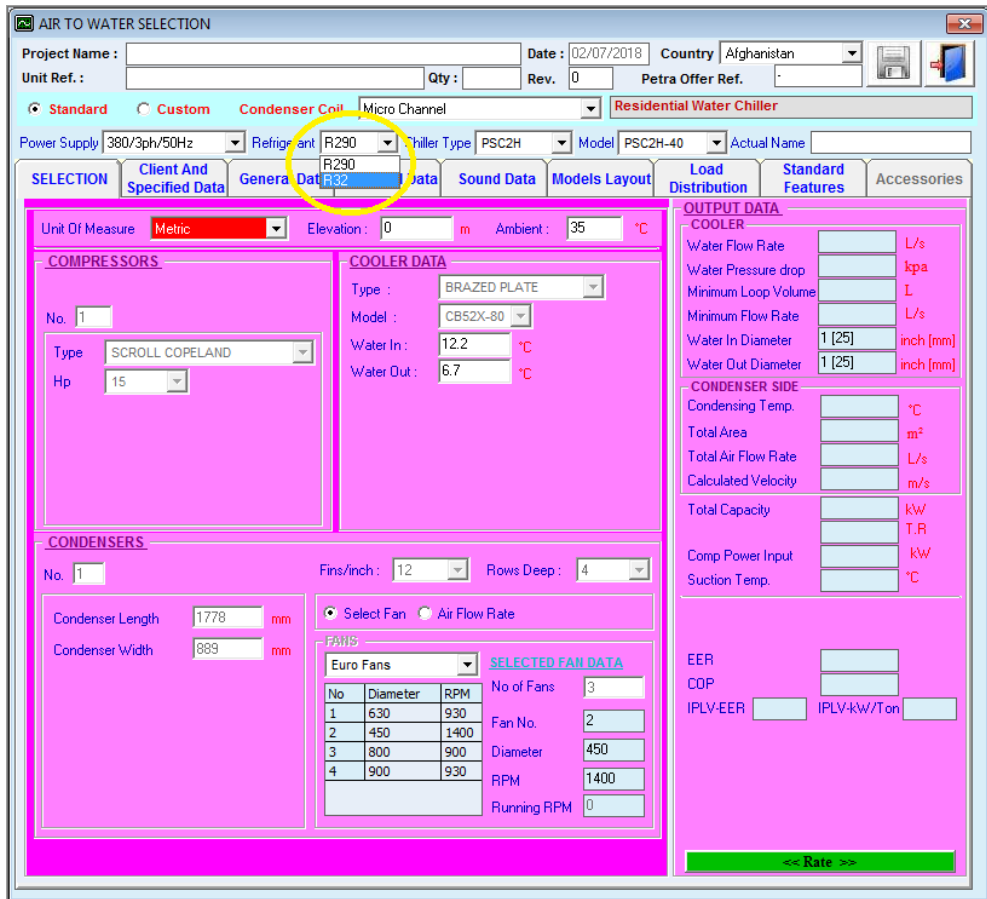


Figure 1: Software User Interface

During product development and testing, the air-cooled chillers were located in PETRA’s manufacturing facility (i.e. authorized occupancy). Consequently, according to ISO 5149 there were no refrigerant charge restrictions for both R-32 and R-290. However, had the intended use of the chillers be for general occupancies (such as hospitals, schools etc.), or supervised occupancies (such as office buildings etc.), the amount of flammable refrigerant would have been severely restricted for R-290 because of its highly flammable classification (i.e. “3”), to a point where the chillers would not be able to operate properly.

Based on ISO 5149 and refrigerant charges ranging from 4 – 5.5 kg per circuit (Table 4), the R-290 air-cooled chiller could be used for applications other than human comfort in supervised or authorized occupancies and when the equipment is located in an above ground machinery room. If the charge could be reduced to less than 5 kg per refrigeration circuit, they could be also used in all occupancy categories if the equipment is located in open air such as on the roof top.

On the other hand, the charge limit restriction would have been less constraining for R-32 because of its mildly flammable classification (i.e. “2L”). The following tables show possible applications for each occupancy category and location classification.

Table 2: Possible Applications of R-290 Prototypes

Occupancy category			Location classification			
			I ³	II ⁴	III ⁵	IV ⁶
General occupancy “a”: hotels, schools, restaurant	Human comfort		No (charge > 1 kg)		No ⁷	Yes ⁸ (charge < 5 kg)
	Other applications	Below ground	No (charge > 1 kg)		No (charge > 1 kg)	
		Above ground	No (charge > 1.5 kg)		Yes ⁸ (charge < 5 kg)	
Supervised occupancy “b”: Offices	Human comfort		No (charge > 1 kg)		No ⁹	
	Other applications	Below ground	No (charge > 1.5 kg)		No (charge > 1 kg)	
		Above ground	No (charge > 2.5 kg)		Yes (charge < 10 kg)	
Authorized occupancy “c”: manufacturing facilities	Human comfort		No (charge > 1 kg)		Yes ¹⁰	
	Other applications	Below ground	No (charge > 1.5 kg)		No (charge > 1 kg)	
		Above ground	Yes ¹¹ (charge < 10 kg)	Yes ¹¹ (charge < 25 kg)	Yes (no charge restriction)	

Table 3: Possible Applications of R-32 Prototypes

Occupancy category		Location classification			
		I	II	III	IV
General occupancy “a”: hotels, schools, restaurant	Human comfort	Yes ¹² (charge < 12 kg)		Yes (no charge restriction)	Yes (charge < 60 kg)
	Other applications	Yes ¹³ (charge < 12 kg)			
Supervised occupancy “b”: Offices	Human comfort	Yes ¹² (charge < 12 kg)			
	Other applications	Yes ¹³ (charge < 12 kg)	Yes ¹³ (charge < 25 kg)		
Authorized occupancy “c”: manufacturing facilities	Human comfort	Yes ¹² (charge < 12 kg)			
	Other applications	Yes ¹³ (charge < 12 kg)	Yes ¹³ (charge < 25 kg)		

³ The refrigerating system or refrigerant-containing parts are located in the occupied space

⁴ All compressors and pressure vessels are either located in a machinery room or in the open air; coil-type heat exchangers and pipework, including valves, can be located in an occupied space

⁵ All refrigerant-containing parts are located in a machinery room or open air

⁶ All refrigerant-containing parts are located in the ventilated enclosures

⁷ In accordance with occupancy “a” other applications

⁸ Only for 40 kW and 70 kW unit with charge not more than 5 kg

⁹ In accordance with occupancy “b” other applications

¹⁰ In accordance with occupancy “c” other applications

¹¹ Room volume larger than 526 m³ for 70 kW unit, 658 m³ for 40 kW unit, and 724 m³ for 100 kW unit

¹² Floor area larger than 19 m² for 70 kW unit, 29 m² for 40 kW unit, and 34m² for 100 kW unit and height of supply vent at 1.8m

¹³ Room volume larger than 73 m³ for 70 kW unit, 90 m³ for 40 kW unit, and 97 m³ for 100 kW unit

Occupancy category	Location classification			
	I	II	III	IV
< 1 person per 10 m ²	Yes ¹³ (charge < 50 kg)	Yes (no charge restriction)		

Tables 2 and 3 show possible applications of R-290 and R-32 that are germane to the chillers designed for this project. As such, the tables should not be viewed as universally applicable. Designers should always refer to ISO 5149 to ensure compliance with safety requirements.

IEC 60335-2-40

The prototype units were also designed to comply with the marking requirements of IEC 60335-2-40 [4]. These requirements are necessary to warn about the flammability hazard of both R-32 and R-290.

It should be noted that IEC 60335-2-40-2018 has also requirements on refrigerant charge limits, which in some instances may be different than the requirements of ISO 5149. However, given that the IEC standard was published in the first quarter of 2018 when the preliminary design of the units was well underway and almost complete, it was decided to stick with the refrigerant charge limit requirements of ISO 5149 instead.

Prototype Unit Design

A schematic of the 100 kW air-cooled chiller is shown in Figures 2 (general view) and 3 (top and side views). Both R-32 and R-290 units are the same except that scroll compressors were used for R-32 while semi-hermetic compressors were used for R-290 as scroll compressors were not yet available for this refrigerant. All components selected (expansion valves, solenoid valves etc.) were compatible with both R-32 and R-290.

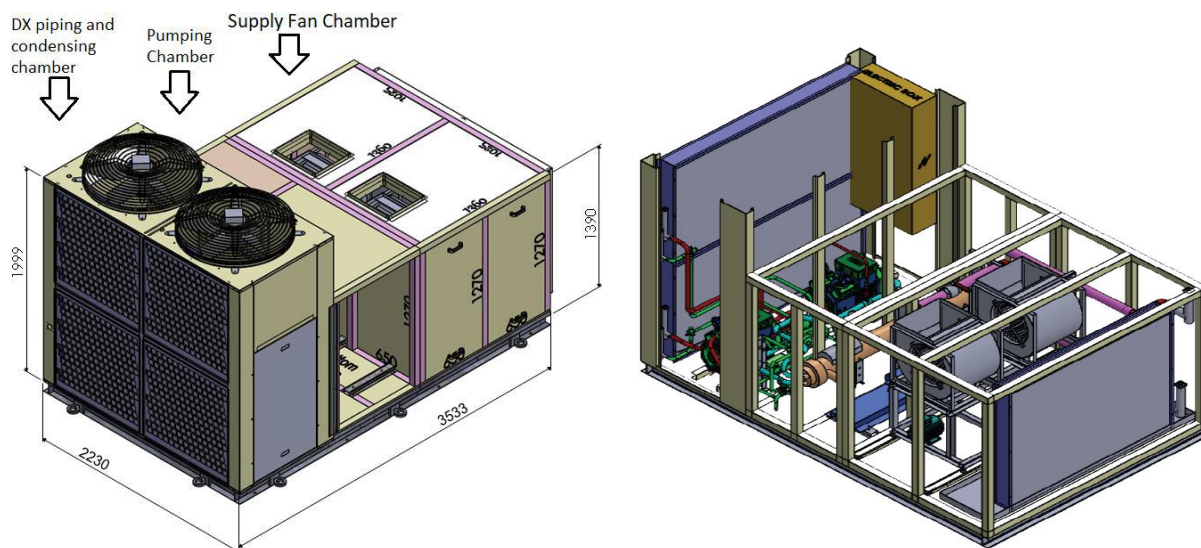


Figure 2: Schematic of 100 kW Prototype Air-Cooled Chiller

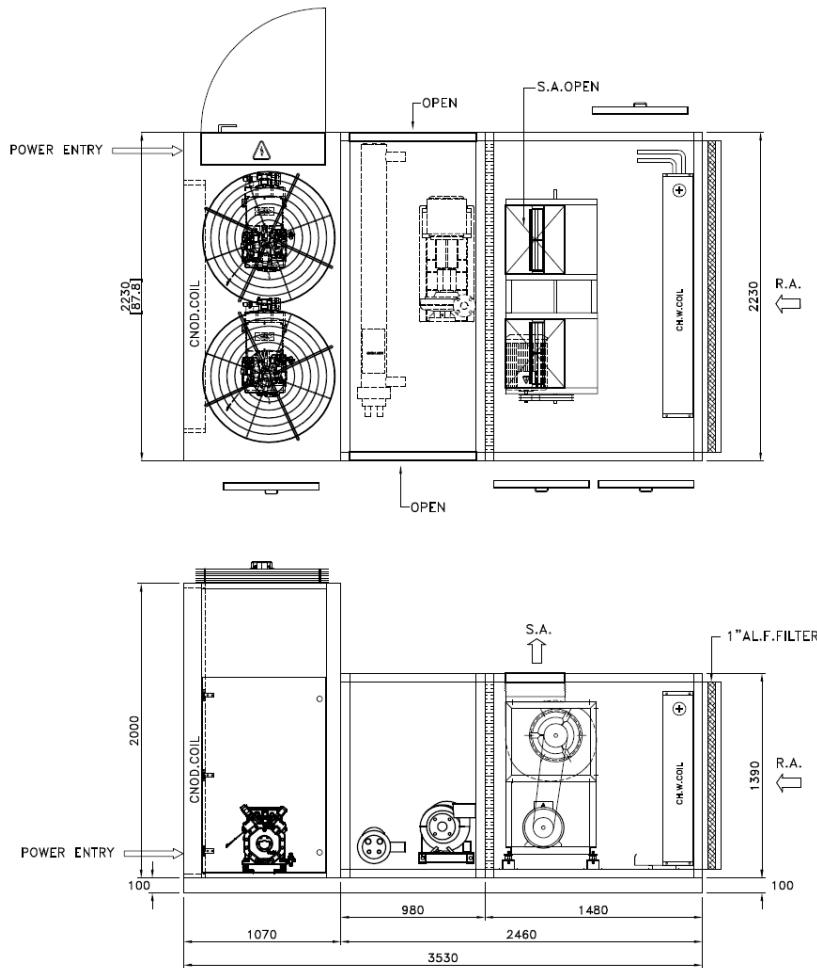


Figure 3: Top and Side Views of 100 kW Prototype Air-Cooled Chiller

As can be seen in the figures, the prototype units are of a hybrid design where the air-cooled chiller is connected with the air handlers in the same cabinet. By using an air-cooled chiller to generate chilled water and circulate it to the air handling unit via a water pump, any refrigerant leakage will be contained in the shell and tube heat exchanger and/or the finned tube cooling coil in the air handling unit so the main supply air stream will be safe from any flammable refrigerant leakage. Furthermore, PETRA separated the compressor and condenser in one chamber and shell and tube heat exchanger in another chamber to further minimize gas leakage to the air handling unit.

A schematic of the 70 kW air-cooled chiller is shown in Figures 4 (general view) and 5 (top and side views). The 40 kW units have the same dimensions but are equipped with only one compressor.

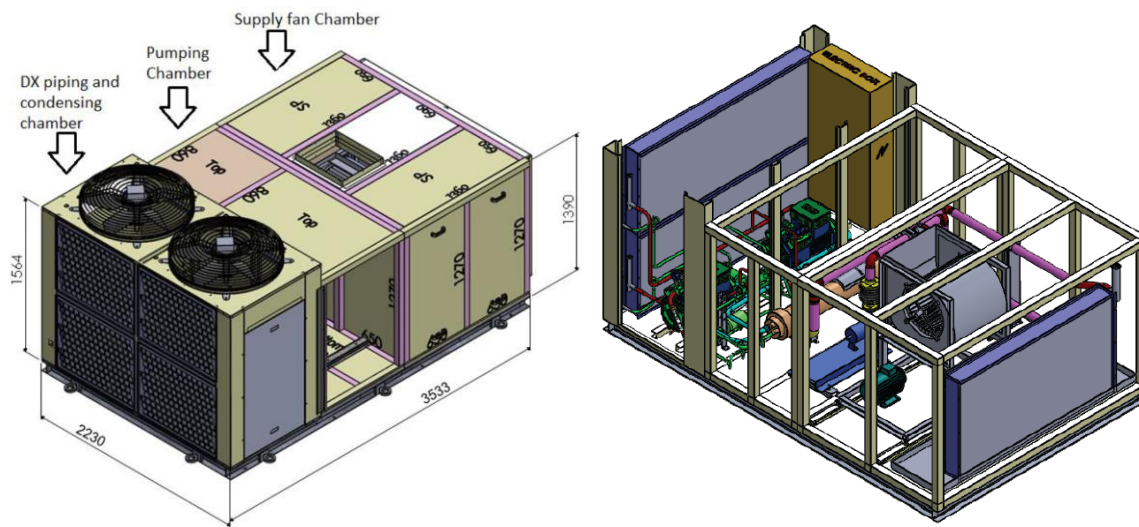


Figure 4: Schematic of 70 kW Prototype Air-Cooled Chiller

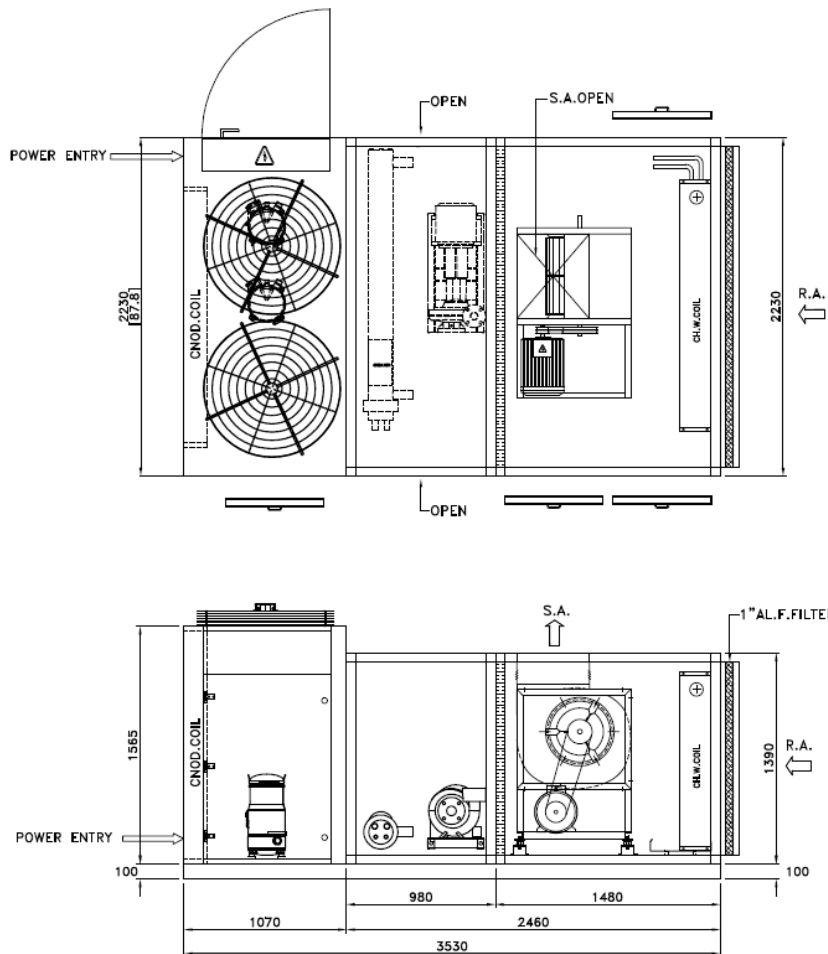


Figure 5: Top and Side Views of 70 kW Prototype Air-Cooled Chiller

Specific Design Features for Flammable Refrigerants

DX piping and condensing chamber

- Reduce number of junction boxes inside the chamber to reduce ignition source.
- Reduce number of welding joints as much as possible to prevent leakage.
- Use of automatic shut-off valves (liquid solenoid valves) to isolate parts of the refrigeration circuit when a leak occurs.
- Use of more than one independent refrigerant circuit on high capacity units to reduce refrigerant losses in case of a major leak.
- For R-290 units, installation of leak detector sensors to detect, in the event of a leak, the concentration of flammable refrigerants and immediately shut off the unit while operating the axial fans only to move the refrigerant out of the unit.

Electrical enclosure

- The electrical enclosure is located on the opposite end of the welding joints of the condenser
- NEMA 4X electrical enclosure is used to provide a degree of protection to unauthorized access and a degree of protection of the equipment inside the enclosure against ingress of solid foreign objects.
- Installation of air flow switches insides the electrical panel to ensure that the panel always has a positive pressure.
- Emergency push button switch on the electrical panel door to immediate disconnect the power.
- Electrical conduits sealed with silicone to prevent flammable refrigerant to enter the enclosure in case of leakage.
- For the location classification and requirement according ATEX such as Class 1, Division 1, Group A, B, C, or D as defined in NFPA 70, the prototype can be fitted with NEMA 7 enclosure.

Other Design Features

- Electrical safety capsule on both discharge and suctions side of the compressor to protect the compressor and refrigeration system from unsafe high and low pressure conditions. A pressure relief valve is installed as mechanical protection to control high excessive pressure as additional protection to electrical mechanical capsule. This is particularly important for high ambient temperature countries like Saudi Arabia.

Finally, all prototype units were designed to meet the minimum energy efficiency standards currently in place in Saudi Arabia [5].

Prototype Units

Petra manufactured 6 prototype units, 3 units using R-32 at cooling capacities of 40 kW, 70 kW and 100 kW, and 3 other units using R-290 (same cooling capacities), some are shown in the following figures.



Figure 6: Prototypes



Figure 7: R-32 Prototype with Markings



Figure 8: R-32 Unit with Scroll Compressor



Figure 9: R-290 Unit with Semi-Hermetic Compressor



Figure 10: R-290 Leak Sensor



Figure 11: NEMA 7 Electrical Panel Upgrade

Refrigerant Charge Amounts

Each prototype unit was charged with the amount of refrigerant needed to achieve suitable superheat and sub-cooling temperatures. Table 4 shows the refrigerant charge amounts for each unit including the baseline R-410A.

Table 4: Total Refrigerant Charge Amounts (kg) per Unit

Capacity	No. of refrigeration circuit	R-410A	R-32	R-290
100 kW	2	16	12	11
70 kW	2	12	9	8
40 kW	1	6.5	5.5	5

3. Testing

After completing the production of the six prototype units, they were installed and tested one by one in PETRA's testing facility. PETRA's testing facility has a total area of more than 840 m² and is fully equipped to accurately test the units according to AHRI and ASHRAE industry standards. The facility has a thermal room capable of testing air-cooled chillers at various water flow rates and ambient temperatures. The facility has also a sound room equipped with instruments capable of measuring sound pressure levels.

Test Procedure

The test setup was prepared according to AHRI 550/590 [6] as shown in Figure 12, with air flow measurement station to measure air flow rate and air sampler tree to measure ambient, return and supply air dry and wet bulb temperatures.



Figure 12: Unit Test Setup

The tests involved measurements of net capacity (kW or Btu/h) and efficiency (COP in W/W or EER in Btu/W.h) when operating under specified design conditions according to AHRI 550/590, and were carried out under steady state conditions within the tolerances specified in the procedure.

All tests were conducted in the calorimeter laboratory to enable ambient and return air temperatures at conditions shown in Table 5 below.

Table 5: Testing Temperature Conditions (°C)

Rating conditions	Indoor section		Outdoor section	
	Dry Bulb	Wet Bulb	Dry Bulb	Wet Bulb
T ₁	27.0	19.0	35.0	24.0
T ₃	29.0	19.0	46.0	24.0
T ₃ ⁺	29.0	19.0	52.0	24.0

Laboratory Modifications for Flammable Refrigerants

PETRA made minor modifications to its laboratory to safely handle and test flammable refrigerants. More specifically, PETRA added an alarm panel to detect R-290 (Figure 13) and control the exhaust fan in case the concentration of the refrigerant in the laboratory suddenly increases.



Figure 13: Control Alarm Panel and R-290 Sensors

III. Performance Results

Figure 14 to Figure 16 show variations in Energy Efficiency Ratio (EER) and cooling capacity for the 40 kW, 70 kW and 100 kW prototypes for refrigerants R-290, R-32 and R-410A at three ambient temperatures of 35°C, 46°C and 52°C.

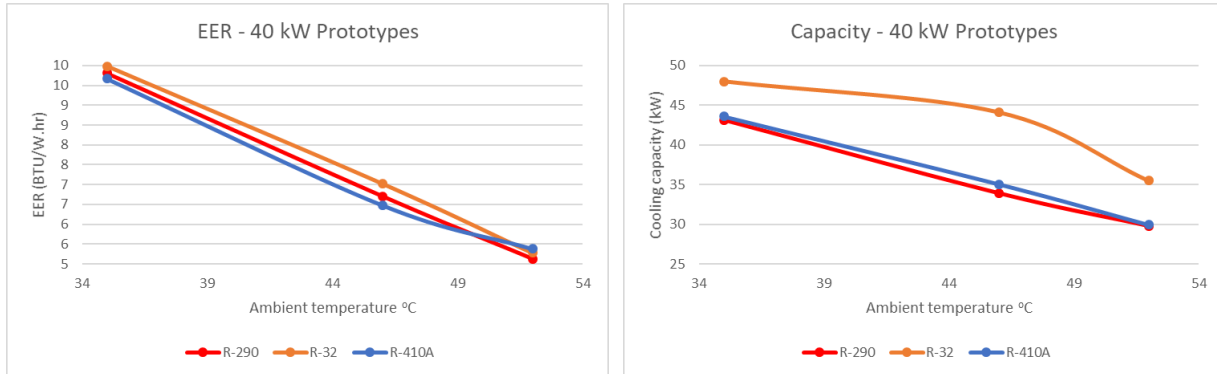


Figure 14: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 40 kW Prototypes

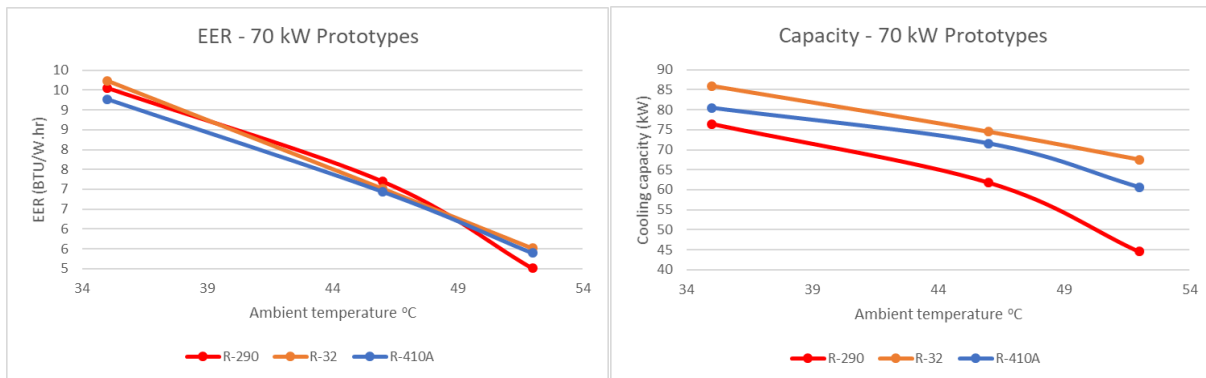


Figure 15: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 70 kW Prototypes

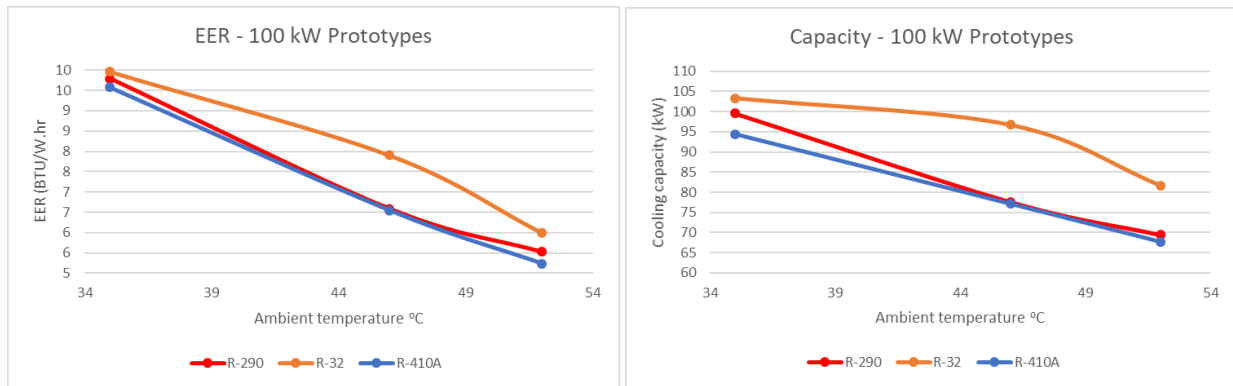


Figure 16: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 100 kW Prototypes

As expected, all refrigerants experienced degradation in Energy Efficiency Ratio (EER) and cooling capacity when the ambient temperature increases. When comparing EER, both R-32 and R-290 had slightly better performance than the baseline R-410A at T1 and T3 condition but R-32 EER is lower than R-290 and R-410A at 52°C condition. The only exception is the 100 kW prototype where R-32 has better EER than both R-290 and R-410A at all testing conditions. In terms of cooling capacity, all R-32 prototypes have higher capacity than both R-290 and R-410A at each testing conditions. Comparing cooling capacity of R-410A and R-290 prototypes, the 40 kW and 100 kW have similar cooling capacity while the 70 kW R-410A has higher capacity than R-290 prototype. It should be noted that the performance of R-290 could be attributed to the semi-hermetic compressors which, in general, are less efficient than the scroll compressors used with R-32 and R-410A.

Figures 17, 18 and 19 illustrate the low GWP refrigerants' relative performance to the baseline R-410A for the 100 kW prototypes at the ambient temperatures of 35°C, 46°C and 52°C respectively. These figures give a better visualization of the performance of R-32 and R-290 relative to the baseline R-410A. Results in the upper right quadrant of the chart indicate a better efficiency and a better cooling capacity than R-410A. As can be seen from the figures, R-32 experienced a higher capacity and efficiency than R-410A for all three ambient temperatures. On the other hand, the R-290 prototype's performance was very similar to R-410A. As mentioned before, with better compressors, R-290 would have performed better. It should be stressed again that R-410A was tested as a drop in to R-32 and that the unit was not optimized for that refrigerant. Detailed test reports are included in Appendix A.

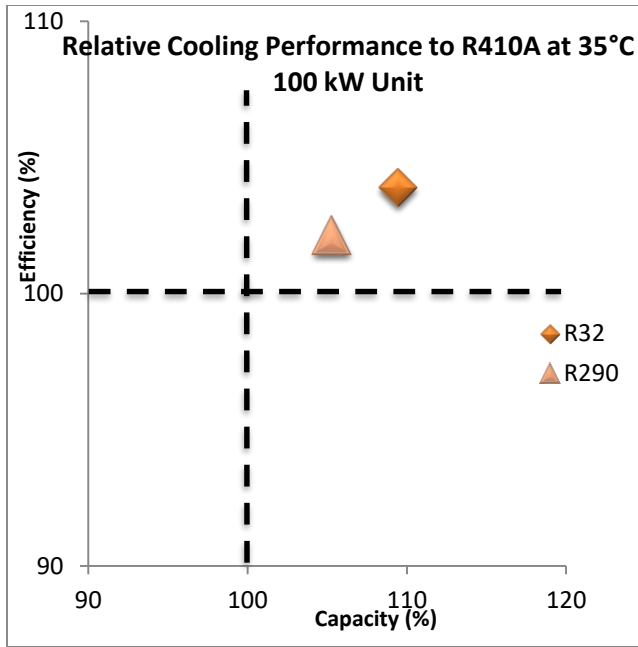


Figure 17: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 35°C – 100 kW Prototypes

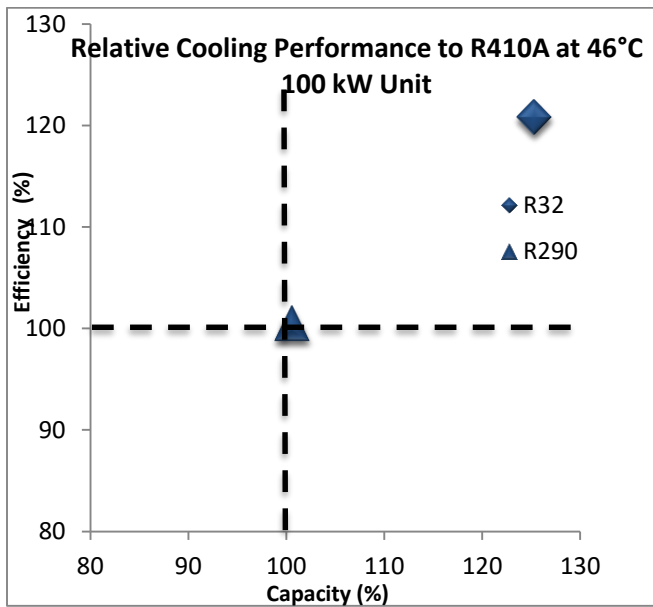


Figure 18: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 46°C – 100 kW Prototypes

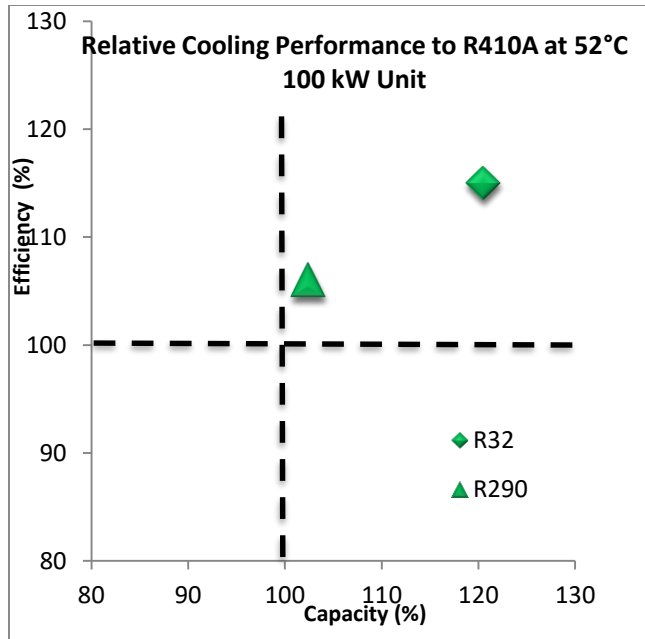


Figure 19: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 52°C – 100 kW Prototypes

IV. Cost Analysis

An analysis was conducted to compare the cost of the low GWP alternative refrigerants and the major components of the chillers to the baseline R-410A. Tables 6, 7 and 8 indicate that the cost of charging the units with R-290 is 25 to 44% higher than R-410A. On the other hand, the cost of charging R-32 is about 50 to 57% less. The higher cost of R-290 is attributed to a weak demand for this refrigerant in the GCC countries and in particular Saudi Arabia.

Table 6: Cost Comparison of Refrigerant – 100 kW Unit

	R-410A	R-32	R-290
Refrigerant charge (kg)	16	12	11
Charge ratio to R-410A (%)		75%	68.8%
Unit cost (\$/kg)	6.55	4.44	12.25
Cost of Refrigerant (\$)	104.8	53.33	134.75
Cost ratio to R-410A (%)		50.88%	128.58%

Table 7: Cost Comparison of Refrigerant – 70 kW Unit

	R-410A	R-32	R-290
Refrigerant charge (kg)	12	9	8
Charge ratio to R-410A (%)		75%	66.7%
Unit cost (\$/kg)	6.55	4.44	12.25
Cost of Refrigerant (\$)	78.6	40.0	98.0
Cost ratio to R-410A (%)		50.89%	124.68%

Table 8: Cost Comparison of Refrigerant – 40 kW Unit

	R-410A	R-32	R-290
Refrigerant charge (kg)	6.5	5.5	5
Charge ratio to R-410A (%)		84.6%	76.9%
Unit cost (\$/kg)	6.55	4.44	12.25
Cost of Refrigerant (\$)	42.58	24.42	61.25
Cost ratio to R-410A (%)		57.35%	143.85%

Table 9 compares the cost of major components of the 100 kW chiller using R-32 and R-290 to the baseline R-410A. The last column in the table reflects the cost of the components designed to meet the European Directive 2014/34/EU also known as “ATEX Equipment Directive” [7]. The ATEX Directive covers equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres. It specifies safety requirements and conformity assessment procedures that are to be applied before products are sold on the EU market.

Table 9: Cost Comparison of Major Components - 100 kW Unit (US \$)

Major Components – 100 kW Unit	R-410A Unit (baseline)	R-32 Unit	R-290 Unit	R-290 Unit with ATEX Components
Compressor (2)	1,821	1,821	6,286	10,686
Condenser coil	2,560	2,560	2,560	2,560
Evaporator heat exchanger	1,829	1,829	1,829	1,829
Water Pump, water coil and supply fan	6,691	6,691	6,691	10,036
Expansion valve (2)	123	123	196	196
Electrical panel and cables	2,054	4,414	4,414	13,242
Piping (2)	693	640	693	693
Pressure relief valve (2)	275	275	246	246
Filter drier (2)	275	275	275	275
Solenoid valve (2)	156	156	156	467
Leak detector R-290 (2)	0	0	544	1,632
TOTAL (US \$)	16,477	18,784	23,890	41,862
Percentage increase to R-410A unit	0%	14%	45%	154%

Results from Table 9 show that the exception of the electrical panel, the cost of R-32 components is very similar to R-410A. Overall, the cost is 14% higher than R-410A, mainly due to upgrade electrical panel. On the other hand, R-290 components are more expensive resulting in an overall cost increase of 45% over R-410A. This increase is mainly due to the high cost of the R-290 semi-hermetic compressor. The ATEX requirements increase significantly the cost of R-290 components; more than 150% over the cost of R-410A. However, while the cost of R-290 components is relatively high today, this cost could decrease if production increases in the future.

Cost comparisons for the 70 and 40 kW chillers can be found in Tables 10 and 11 respectively.

Table 10: Cost Comparison of Major Components - 70 kW Unit (US \$)

Major Components – 70 kW Unit	R-410A Unit (baseline)	R-32 Unit	R-290 Unit	R-290 Unit with ATEX Components
Compressor (2)	1,493	1,493	5,155	8,763
Condenser coil	2,099	2,099	2,099	2,099
Evaporator heat exchanger	1,500	1,500	1,500	1,500
Water Pump, water coil and supply fan	6,259	6,259	6,259	9,389
Expansion valve (2)	101	101	161	161
Electrical panel and cables	1,684	3,619	3,619	10,858
Piping (2)	568	525	568	568
Pressure relief valve (2)	275	275	246	246
Filter drier (2)	275	275	275	275
Solenoid valve (2)	156	156	156	467
Leak detector R-290 (2)	0	0	544	1,632
TOTAL (US \$)	14,411	16,302	20,582	32,828
Percentage increase to R-410A unit	0%	13%	43%	128%

Table 11: Cost Comparison of Major Components - 40 kW Unit (US \$)

Major Components – 40 kW Unit	R-410A Unit (baseline)	R-32 Unit	R-290 Unit	R-290 Unit with ATEX Components
Compressor	911	911	3,143	5,343
Condenser coil	1,280	1,280	1,280	1,280
Evaporator heat exchanger	915	915	915	915
Water Pump, water coil and supply fan	5,896	5,896	5,896	8,844
Expansion valve (2)	62	62	98	98
Electrical panel and cables	1,027	2,207	2,207	6,621
Piping (2)	347	320	347	347
Pressure relief valve (2)	138	138	123	123
Filter drier (2)	138	138	138	138
Solenoid valve (2)	78	78	78	234
Leak detector R-290 (2)	0	0	544	1,632
TOTAL (US \$)	10,789	11,943	14,768	25,573
Percentage increase to R-410A unit	0%	11%	37%	137%

V. Conclusions

This project successfully demonstrated that commercial air-cooled chillers can be designed and operated with flammable low GWP alternative refrigerants for a variety of cooling capacities and operating conditions, including high ambient temperatures. A total of six units were built with cooling capacities of 40 kW, 70 kW and 100 kW. The design of the products was in accordance with the safety requirements of ISO-5149 and IEC-60335-2-40.

The air-cooled chillers were tested at a standard ambient condition of 35°C as well as at high ambient temperatures of 46°C and 52°C. In all cases, both R-32 and R-290 units showed similar or better performance (efficiency and cooling capacity) than the baseline R-410A chiller. The design changes necessary to mitigate the risk of using R-32 resulted in a marginal increase in the cost of the chillers. However, the cost increase was significantly higher in the case of the highly flammable refrigerant R-290. It is expected that both the cost of the R-32 and R-290 chillers will decrease in the future as production increases.

Requirements of current international safety standards did not limit the amount of flammable refrigerants used for this particular project because of the specific application and location of the chillers. However, it should be noted that in most commercial applications, the use of highly flammable refrigerants such as R-290 is severely restricted by current safety standards, which is not the case for mildly flammable refrigerants like R-32.

Finally, it is believed that findings from this project will help developing countries with high ambient temperature conditions accelerate their adoption and implementation of the Kigali Amendment.

VI. References

- 1- ANSI/ASHRAE 34, 2016, *Designation and Safety Classification of Refrigerants*, ASHRAE, Atlanta, Georgia, USA.
- 2- ISO 817, 2014, *Refrigerants -- Designation and safety classification*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- 3- ISO 5149, 2014, *Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements —Part 1: Definitions, classification and selection criteria*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- 4- IEC 60335-2-40, 2018, *Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-40: Particular requirements for electrical heat pumps, air-conditioners and dehumidifiers*, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.
- 5- SASO 2874, 2016, *Air-Conditioners – Minimum Energy Performance Requirements and Testing Requirements*, Saudi Standards, Metrology and Quality Organization, Riyadh, Saudi Arabia.
- 6- AHRI 550/590, 2018, *Performance Rating of Water-chilling and Heat Pump Water-heating Packages Using the Vapor Compression Cycle*, Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute, Arlington, Virginia, USA.
- 7- Directive 2014/34/EU, 2014, *Harmonization of the laws of the Member States Relating to Equipment and Protective Systems Intended for Use in Potentially Explosive Atmospheres*, European Union, Brussels, Belgium.

VII. Appendix A

Test reports for all prototypes and low GWP alternatives as well as the baseline R-410A are shown in the following tables.

Test Results: 100 kW Prototype (R-32) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 453.51
		S-T	Volts 453.95
		R-T	Volts 456.45
	Current	R	Amps 58.83
		S	Amps 61.75
		T	Amps 59.39
	Watts	R	KW 13.27
		S	KW 13.77
		T	KW 12.97
		Total KW	KW 40.00
Power Factor		---	0.85
Total Power Exclude pump & fan		KW	35.40
Frequency		Hz	60.49
COOLER	Water In	°C	10.42
	Water Out	°C	4.99
	Temperature Drop 1	°C	5.43
	Flow Rate	GPM	72.90
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.80
	Return Air Wet Bulb	°C	19.28
	Supply Air Dry Bulb	°C	15.04
	Supply Wet Bulb	°C	13.17
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	35.33
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	92.90
	Liquid Temp.	°C	45.34
	Suction Temp.	°C	7.08
	Discharge Pressure	[psi]	407.70
	Liquid Pressure	[psi]	402.87
	Suction Pressure	[psi]	104.67
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	91.04
	Liquid Temp.	°C	47.06
	Suction Temp.	°C	7.77
	Discharge Pressure	[psi]	423.66
	Liquid Pressure	[psi]	413.93
	Suction Pressure	[psi]	105.54

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	7.71
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft ³	62.436
	water Flow Rate	ft ³ /hr	584.86
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.87
	Enthalpy out	KJ/KG	37.110
	Air Flow Rate	ft ³ /min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	359767
		KW	105.4
		TR	30.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	352556
		KW	103.3
		TR	29.4
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.96
	COP	w/w	2.92
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-32) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 452.12
		S-T	Volts 452.52
		R-T	Volts 454.64
	Current	R	Amps 66.85
		S	Amps 70.64
		T	Amps 67.33
	Watts	R	KW 15.38
		S	KW 16.03
		T	KW 14.95
		Total KW	KW 46.35
Power Factor		---	0.87
Total Power Exclude pump & fan		KW	41.75
Frequency		Hz	60.46
COOLER	Water In		°C 12.03
	Water Out		°C 6.88
	Temperature Drop 1		°C 5.15
	Flow Rate		GPM 72.70
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C 29.15
	Return Air Wet Bulb		°C 19.00
	Supply Air Dry Bulb		°C 16.21
	Supply Wet Bulb		°C 13.23
	Air Flow rate		CFM 10256
Condenser	Ambient		°C 45.92
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C 109.84
	Liquid Temp.		°C 55.17
	Suction Temp.		°C 9.48
	Discharge Pressure		[psi] 501.27
	Liquid Pressure		[psi] 501.17
	Suction Pressure		[psi] 111.34
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C 107.70
	Liquid Temp.		°C 56.78
	Suction Temp.		°C 10.20
	Discharge Pressure		[psi] 520.35
	Liquid Pressure		[psi] 511.27
	Suction Pressure		[psi] 111.05

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.		°C 9.45
	Specific Heat		Btu/lbm·°F 1.008
	Density		lbm/ft^3 62.428
	water Flow Rate		ft^3/hr 583.26
Air Side	Enthalpy in		KJ/KG 53.87
	Enthalpy out		KJ/KG 37.250
	Air Flow Rate		ft^3/min 10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	340037
		KW	99.7
		TR	28.3
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	329926
		KW	96.7
		TR	27.5
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	7.90
	COP	w/w	2.32
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-32) @52°C Condition

TEST Results				
Parameter			Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	452.31
		S-T	Volts	452.72
		R-T	Volts	454.74
	Current	R	Amps	72.89
		S	Amps	77.31
		T	Amps	73.49
	Watts	R	KW	16.92
		S	KW	17.71
		T	KW	16.46
		Total KW	KW	51.09
Power Factor			---	0.87
Total Power Exclude pump & fan			KW	46.49
Frequency			Hz	60.51
COOLER	Water In		°C	13.59
	Water Out		°C	9.22
	Temperature Drop 1		°C	4.37
	Flow Rate		GPM	72.80
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.23
	Return Air Wet Bulb		°C	18.82
	Supply Air Dry Bulb		°C	17.91
	Supply Wet Bulb		°C	13.99
	Air Flow rate		CFM	10256
Condenser	Ambient		°C	51.80
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	117.99
	Liquid Temp.		°C	60.76
	Suction Temp.		°C	11.94
	Discharge Pressure		[psi]	561.23
	Liquid Pressure		[psi]	562.55
	Suction Pressure		[psi]	119.86
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	117.60
	Liquid Temp.		°C	62.68
	Suction Temp.		°C	12.77
	Discharge Pressure		[psi]	588.42
	Liquid Pressure		[psi]	578.44
	Suction Pressure		[psi]	119.05

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	11.41
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.417
	water Flow Rate	ft^3/hr	584.06
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.28
	Enthalpy out	KJ/KG	39.240
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	289310
		KW	84.8
		TR	24.1
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	278710
		KW	81.7
		TR	23.2
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.00
	COP	w/w	1.76
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-410A) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 453.89
		S-T	Volts 454.27
		R-T	Volts 456.57
	Current	R	Amps 56.74
		S	Amps 59.45
		T	Amps 57.05
	Watts	R	KW 12.73
		S	KW 13.15
		T	KW 12.37
		Total KW	KW 38.25
Power Factor		---	0.84
Total Power Exclude pump & fan		KW	33.65
Frequency		Hz	60.50
COOLER	Water In	°C	10.71
	Water Out	°C	5.66
	Temperature Drop 1	°C	5.05
	Flow Rate	GPM	72.70
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.85
	Return Air Wet Bulb	°C	19.51
	Supply Air Dry Bulb	°C	15.59
	Supply Wet Bulb	°C	14.02
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	35.16
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	72.55
	Liquid Temp.	°C	43.96
	Suction Temp.	°C	7.77
	Discharge Pressure	[psi]	388.76
	Liquid Pressure	[psi]	382.02
	Suction Pressure	[psi]	102.71
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	70.08
	Liquid Temp.	°C	44.37
	Suction Temp.	°C	7.17
	Discharge Pressure	[psi]	417.69
	Liquid Pressure	[psi]	406.09
	Suction Pressure	[psi]	104.40

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	8.19
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.434
	water Flow Rate	ft^3/hr	583.26
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.61
	Enthalpy out	KJ/KG	39.380
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	333695
		KW	97.8
		TR	27.8
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	322184
		KW	94.4
		TR	26.8
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.57
	COP	w/w	2.81
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-410A) @T3 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	452.58
		S-T	Volts	452.98
		R-T	Volts	455.35
	Current	R	Amps	65.44
		S	Amps	67.84
		T	Amps	63.36
	Watts	R	KW	14.88
		S	KW	15.44
		T	KW	14.49
		Total KW	KW	44.81
	Power Factor		---	
Total Power Exclude pump & fan		KW		40.21
Frequency		Hz		60.48
COOLER	Water In		°C	13.19
	Water Out		°C	9.06
	Temperature Drop 1		°C	4.13
	Flow Rate		GPM	72.60
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	26.26
	Return Air Wet Bulb		°C	19.20
	Supply Air Dry Bulb		°C	17.69
	Supply Wet Bulb		°C	14.76
	Air Flow rate		CFM	10256
Condenser	Ambient		°C	45.92
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	86.68
	Liquid Temp.		°C	54.65
	Suction Temp.		°C	11.33
	Discharge Pressure		[psi]	488.66
	Liquid Pressure		[psi]	486.04
	Suction Pressure		[psi]	114.86
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	83.82
	Liquid Temp.		°C	55.91
	Suction Temp.		°C	10.03
	Discharge Pressure		[psi]	529.55
	Liquid Pressure		[psi]	517.50
	Suction Pressure		[psi]	113.26

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	11.13
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.418
	water Flow Rate	ft^3/hr	582.46
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.62
	Enthalpy out	KJ/KG	41.360
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	272656
		KW	79.9
		TR	22.7
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	263226
		KW	77.1
		TR	21.9
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.55
	COP	w/w	1.92
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-410A) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 452.48
		S-T	Volts 452.77
		R-T	Volts 455.18
	Current	R	Amps 70.34
		S	Amps 73.13
		T	Amps 68.09
	Watts	R	KW 16.17
		S	KW 16.82
		T	KW 15.75
		Total KW	KW 48.74
Power Factor		---	0.88
Total Power Exclude pump & fan		KW	44.14
Frequency		Hz	60.50
COOLER	Water In	°C	14.47
	Water Out	°C	10.85
	Temperature Drop 1	°C	3.62
	Flow Rate	GPM	72.80
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.15
	Return Air Wet Bulb	°C	18.90
	Supply Air Dry Bulb	°C	18.74
	Supply Wet Bulb	°C	14.96
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	51.50
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	95.85
	Liquid Temp.	°C	60.43
	Suction Temp.	°C	13.03
	Discharge Pressure	[psi]	552.17
	Liquid Pressure	[psi]	550.15
	Suction Pressure	[psi]	117.73
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	91.89
	Liquid Temp.	°C	60.72
	Suction Temp.	°C	11.14
	Discharge Pressure	[psi]	584.35
	Liquid Pressure	[psi]	572.26
	Suction Pressure	[psi]	114.22

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.66
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.408
	water Flow Rate	ft^3/hr	584.06
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.54
	Enthalpy out	KJ/KG	41.900
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	239717
		KW	70.3
		TR	20.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	231067
		KW	67.7
		TR	19.3
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.23
	COP	w/w	1.53
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-290) @T1 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.27
		S-T	Volts	453.94
		R-T	Volts	455.94
	Current	R	Amps	60.79
		S	Amps	62.70
		T	Amps	61.80
	Watts	R	KW	12.97
		S	KW	13.38
		T	KW	12.94
		Total KW	KW	39.29
Power Factor		---		0.81
Total Power Exclude pump & fan		KW		34.69
Frequency		Hz		60.52
COOLER	Water In		°C	10.35
	Water Out		°C	5.06
	Temperature Drop 1		°C	5.29
	Flow Rate		GPM	72.90
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	27.00
	Return Air Wet Bulb		°C	19.40
	Supply Air Dry Bulb		°C	14.90
	Supply Wet Bulb		°C	13.56
	Air Flow rate		CFM	10256
Condenser	Ambient		°C	35.46
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	69.99
	Liquid Temp.		°C	39.41
	Suction Temp.		°C	8.57
	Discharge Pressure		[psi]	248.14
	Liquid Pressure		[psi]	241.92
	Suction Pressure		[psi]	56.25
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	67.94
	Liquid Temp.		°C	39.52
	Suction Temp.		°C	6.73
	Discharge Pressure		[psi]	243.09
	Liquid Pressure		[psi]	237.48
	Suction Pressure		[psi]	59.74

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	7.71
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.436
	water Flow Rate	ft^3/hr	584.86
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.27
	Enthalpy out	KJ/KG	38.160
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	350492
		KW	102.7
		TR	29.2
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	339653
		KW	99.5
		TR	28.3
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.79
	COP	w/w	2.87
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-290) @T3 Condition

TEST Results					
Parameter		Unit	Reading		
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	452.73	
		S-T	Volts	453.36	
		R-T	Volts	455.51	
	Current	R	Amps	67.29	
		S	Amps	69.78	
		T	Amps	68.94	
	Watts	R	KW	14.70	
		S	KW	15.30	
		T	KW	14.78	
		Total KW	KW	44.78	
	Power Factor		---	0.83	
	Total Power Exclude pump & fan		KW	40.18	
Frequency		Hz	60.48		
COOLER	Water In		°C	12.27	
	Water Out		°C	8.15	
	Temperature Drop 1		°C	4.12	
	Flow Rate		GPM	72.60	
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	28.89	
	Return Air Wet Bulb		°C	19.30	
	Supply Air Dry Bulb		°C	16.74	
	Supply Wet Bulb		°C	14.81	
	Air Flow rate		CFM	10256	
Condenser	Ambient		°C	45.50	
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	74.11	
	Liquid Temp.		°C	48.42	
	Suction Temp.		°C	8.18	
	Discharge Pressure		[psi]	297.17	
	Liquid Pressure		[psi]	290.70	
Compressor Data 2	Suction Pressure		[psi]	62.75	
	Discharge Temp.		°C	74.74	
	Liquid Temp.		°C	47.59	
	Suction Temp.		°C	10.98	
	Discharge Pressure		[psi]	334.14	
	Liquid Pressure		[psi]	330.71	
Suction Pressure		[psi]	62.28		

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	10.21
	Specific Heat	Btu/lbm.°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.424
	water Flow Rate	ft^3/hr	582.46
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.87
	Enthalpy out	KJ/KG	41.530
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	271953
		KW	79.7
		TR	22.7
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	264814
		KW	77.6
		TR	22.1
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.59
	COP	w/w	1.93
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-290) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 452.93
		S-T	Volts 453.33
		R-T	Volts 455.33
	Current	R	Amps 70.63
		S	Amps 73.46
		T	Amps 72.33
	Watts	R	KW 15.58
		S	KW 16.25
		T	KW 15.62
		Total KW	KW 47.45
Power Factor		---	0.84
Total Power Exclude pump & fan		KW	42.85
Frequency		Hz	60.45
COOLER	Water In	°C	13.69
	Water Out	°C	9.98
	Temperature Drop 1	°C	3.71
	Flow Rate	GPM	72.90
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.42
	Return Air Wet Bulb	°C	19.52
	Supply Air Dry Bulb	°C	17.87
	Supply Wet Bulb	°C	15.57
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	52.01
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	81.24
	Liquid Temp.	°C	54.74
	Suction Temp.	°C	10.61
	Discharge Pressure	[psi]	341.76
	Liquid Pressure	[psi]	335.48
	Suction Pressure	[psi]	67.78
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	80.26
	Liquid Temp.	°C	53.74
	Suction Temp.	°C	13.19
	Discharge Pressure	[psi]	367.74
	Liquid Pressure	[psi]	366.24
	Suction Pressure	[psi]	69.00

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	11.84
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.414
	water Flow Rate	ft^3/hr	584.86
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.59
	Enthalpy out	KJ/KG	43.660
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	245973
		KW	72.1
		TR	20.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	236824
		KW	69.4
		TR	19.7
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.53
	COP	w/w	1.62
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-32) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 453.51
		S-T	Volts 454.20
		R-T	Volts 455.71
	Current	R	Amps 50.46
		S	Amps 48.12
		T	Amps 49.84
	Watts	R	KW 11.04
		S	KW 10.62
		T	KW 11.24
		Total KW	KW 32.90
Power Factor		---	0.84
Total Power Exclude pump & fan		KW	30.10
Frequency		Hz	60.49
COOLER	Water In	°C	9.87
	Water Out	°C	4.62
	Temperature Drop 1	°C	5.26
	Flow Rate	GPM	62.90
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.49
	Return Air Wet Bulb	°C	19.60
	Supply Air Dry Bulb	°C	14.25
	Supply Wet Bulb	°C	13.06
	Air Flow rate	CFM	8068
Condenser	Ambient	°C	35.22
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	99.27
	Liquid Temp.	°C	45.23
	Suction Temp.	°C	11.48
	Discharge Pressure	[psi]	427.41
	Liquid Pressure	[psi]	421.68
	Suction Pressure	[psi]	104.60
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	100.02
	Liquid Temp.	°C	44.11
	Suction Temp.	°C	12.73
	Discharge Pressure	[psi]	440.95
	Liquid Pressure	[psi]	434.95
	Suction Pressure	[psi]	100.67

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	7.24
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.438
	water Flow Rate	ft^3/hr	504.63
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.62
	Enthalpy out	KJ/KG	36.850
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	300394
		KW	88.0
		TR	25.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	293114
		KW	85.9
		TR	24.4
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.74
	COP	w/w	2.85
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-32) @T3 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	452.34
		S-T	Volts	453.20
		R-T	Volts	454.63
	Current	R	Amps	58.69
		S	Amps	55.72
		T	Amps	58.08
	Watts	R	KW	13.07
		S	KW	12.55
		T	KW	13.35
		Total KW	KW	38.97
Power Factor		---		0.86
Total Power Exclude pump & fan			KW	36.17
Frequency			Hz	60.48
COOLER	Water In		°C	10.92
	Water Out		°C	6.32
	Temperature Drop 1		°C	4.60
	Flow Rate		GPM	62.80
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	28.61
	Return Air Wet Bulb		°C	19.13
	Supply Air Dry Bulb		°C	15.17
	Supply Wet Bulb		°C	13.52
	Air Flow rate		CFM	8068
Condenser	Ambient		°C	45.87
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	120.56
	Liquid Temp.		°C	56.10
	Suction Temp.		°C	12.32
	Discharge Pressure		[psi]	551.61
	Liquid Pressure		[psi]	546.27
	Suction Pressure		[psi]	111.01
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	119.90
	Liquid Temp.		°C	54.58
	Suction Temp.		°C	15.30
	Discharge Pressure		[psi]	557.59
	Liquid Pressure		[psi]	551.59
	Suction Pressure		[psi]	107.53

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	8.62
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.432
	water Flow Rate	ft^3/hr	503.83
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.31
	Enthalpy out	KJ/KG	38.040
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	262584
		KW	77.0
		TR	21.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	254074
		KW	74.5
		TR	21.2
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	7.02
	COP	w/w	2.06
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-32) @52°C Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	450.93
		S-T	Volts	452.00
		R-T	Volts	453.08
	Current	R	Amps	65.67
		S	Amps	63.94
		T	Amps	66.46
	Watts	R	KW	14.88
		S	KW	14.52
		T	KW	15.12
		Total KW	KW	44.52
Power Factor		---		0.86
Total Power Exclude pump & fan		KW		41.72
Frequency		Hz		60.50
COOLER	Water In		°C	11.64
	Water Out		°C	7.44
	Temperature Drop 1		°C	4.20
	Flow Rate		GPM	62.60
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.19
	Return Air Wet Bulb		°C	19.42
	Supply Air Dry Bulb		°C	16.51
	Supply Wet Bulb		°C	14.45
	Air Flow rate		CFM	8068
Condenser	Ambient		°C	51.80
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	126.40
	Liquid Temp.		°C	59.38
	Suction Temp.		°C	14.60
	Discharge Pressure		[psi]	595.49
	Liquid Pressure		[psi]	590.33
	Suction Pressure		[psi]	114.02
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	125.17
	Liquid Temp.		°C	58.14
	Suction Temp.		°C	16.77
	Discharge Pressure		[psi]	602.08
	Liquid Pressure		[psi]	596.08
	Suction Pressure		[psi]	111.98

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	9.54
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.428
	water Flow Rate	ft^3/hr	502.23
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.25
	Enthalpy out	KJ/KG	40.500
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	239021
		KW	70.1
		TR	19.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	230338
		KW	67.5
		TR	19.2
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.52
	COP	w/w	1.62
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-410A) @T1 Condition

TEST Results					
Parameter			Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.48	
		S-T	Volts	454.27	
		R-T	Volts	456.10	
	Current	R	Amps	49.79	
		S	Amps	47.44	
		T	Amps	49.37	
	Watts	R	KW	10.85	
		S	KW	10.46	
		T	KW	11.11	
		Total KW	KW	32.41	
	Power Factor			---	0.84
Total Power Exclude pump & fan			KW	29.61	
Frequency			Hz	60.43	
COOLER	Water In			°C	10.41
	Water Out			°C	5.50
	Temperature Drop 1			°C	4.91
	Flow Rate			GPM	63.20
Air condition	Return Air Dry Bulb			°C	26.68
	Return Air Wet Bulb			°C	19.50
	Supply Air Dry Bulb			°C	14.78
	Supply Wet Bulb			°C	13.51
	Air Flow rate			CFM	8068
Condenser	Ambient			°C	35.53
Compressor Data 1	Discharge Temp.			°C	82.12
	Liquid Temp.			°C	41.82
	Suction Temp.			°C	10.19
	Discharge Pressure			[psi]	433.96
	Liquid Pressure			[psi]	425.77
Compressor Data 2	Suction Pressure			[psi]	106.13
	Discharge Temp.			°C	80.68
	Liquid Temp.			°C	43.33
	Suction Temp.			°C	11.73
	Discharge Pressure			[psi]	437.66
	Liquid Pressure			[psi]	431.56
Suction Pressure			[psi]	103.46	

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	7.96
	Specific Heat	Btu/lbm.°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.435
	water Flow Rate	ft^3/hr	507.04
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.61
	Enthalpy out	KJ/KG	38.030
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	282038
		KW	82.7
		TR	23.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	274531
		KW	80.5
		TR	22.9
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.27
	COP	w/w	2.72
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-410A) @T3 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.11
		S-T	Volts	453.94
		R-T	Volts	455.70
	Current	R	Amps	57.22
		S	Amps	54.32
		T	Amps	56.79
	Watts	R	KW	12.71
		S	KW	12.22
		T	KW	13.04
		Total KW	KW	37.97
Power Factor		---	0.86	
Total Power Exclude pump & fan		KW	35.17	
Frequency		Hz	60.45	
COOLER	Water In		°C	11.92
	Water Out		°C	7.49
	Temperature Drop 1		°C	4.43
	Flow Rate		GPM	62.80
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.05
	Return Air Wet Bulb		°C	19.24
	Supply Air Dry Bulb		°C	15.73
	Supply Wet Bulb		°C	13.89
	Air Flow rate		CFM	8068
Condenser	Ambient		°C	46.49
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	99.08
	Liquid Temp.		°C	53.25
	Suction Temp.		°C	13.02
	Discharge Pressure		[psi]	556.60
	Liquid Pressure		[psi]	549.79
Compressor Data 2	Suction Pressure		[psi]	113.13
	Discharge Temp.		°C	97.21
	Liquid Temp.		°C	53.82
	Suction Temp.		°C	15.03
	Discharge Pressure		[psi]	551.21
Liquid Pressure		[psi]	545.21	
Suction Pressure		[psi]	109.28	

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	9.70
	Specific Heat	Btu/lbm.°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.427
	water Flow Rate	ft^3/hr	503.83
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.66
	Enthalpy out	KJ/KG	39.020
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	252808
		KW	74.1
		TR	21.1
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	244236
		KW	71.6
		TR	20.4
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.94
	COP	w/w	2.04
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-410A) @52°C Condition

TEST Results					
Parameter			Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.72	
		S-T	Volts	454.68	
		R-T	Volts	456.08	
	Current	R	Amps	61.51	
		S	Amps	58.40	
		T	Amps	61.05	
	Watts	R	KW	13.78	
		S	KW	13.25	
		T	KW	14.12	
		Total KW	KW	41.15	
	Power Factor			---	0.87
Total Power Exclude pump & fan			KW	38.35	
Frequency			Hz	60.49	
COOLER	Water In			°C	14.71
	Water Out			°C	10.93
	Temperature Drop 1			°C	3.78
	Flow Rate			GPM	62.70
Air condition	Return Air Dry Bulb			°C	29.42
	Return Air Wet Bulb			°C	19.02
	Supply Air Dry Bulb			°C	18.66
	Supply Wet Bulb			°C	14.52
	Air Flow rate			CFM	8068
Condenser	Ambient			°C	51.53
Compressor Data 1	Discharge Temp.			°C	106.99
	Liquid Temp.			°C	60.66
	Suction Temp.			°C	21.52
	Discharge Pressure			[psi]	607.20
	Liquid Pressure			[psi]	599.55
Compressor Data 2	Suction Pressure			[psi]	121.60
	Discharge Temp.			°C	105.13
	Liquid Temp.			°C	60.04
	Suction Temp.			°C	19.31
	Discharge Pressure			[psi]	609.40
	Liquid Pressure			[psi]	603.40
Suction Pressure			[psi]	118.00	

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.82
	Specific Heat	Btu/lbm.°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.406
	water Flow Rate	ft^3/hr	503.03
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.92
	Enthalpy out	KJ/KG	40.670
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	215592
		KW	63.2
		TR	18.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	206914
		KW	60.6
		TR	17.2
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.40
	COP	w/w	1.58
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-290) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.74
		S-T	Volts 455.01
		R-T	Volts 457.20
	Current	R	Amps 47.37
		S	Amps 48.60
		T	Amps 47.95
	Watts	R	KW 9.97
		S	KW 10.22
		T	KW 9.92
		Total KW	KW 30.12
Power Factor		---	0.80
Total Power Exclude pump & fan		KW	27.32
Frequency		Hz	60.49
COOLER	Water In	°C	11.63
	Water Out	°C	6.86
	Temperature Drop 1	°C	4.77
	Flow Rate	GPM	62.10
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	27.31
	Return Air Wet Bulb	°C	19.50
	Supply Air Dry Bulb	°C	15.02
	Supply Wet Bulb	°C	13.85
	Air Flow rate	CFM	8085
Condenser	Ambient	°C	35.56
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	67.71
	Liquid Temp.	°C	40.63
	Suction Temp.	°C	15.76
	Discharge Pressure	[psi]	244.23
	Liquid Pressure	[psi]	236.60
Compressor Data 2	Suction Pressure	[psi]	56.83
	Discharge Temp.	°C	65.42
	Liquid Temp.	°C	44.40
	Suction Temp.	°C	11.55
	Discharge Pressure	[psi]	222.11
	Liquid Pressure	[psi]	213.44
	Suction Pressure	[psi]	50.49

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	9.24
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.429
	water Flow Rate	ft^3/hr	498.22
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.60
	Enthalpy out	KJ/KG	38.930
	Air Flow Rate	ft^3/min	8085
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	269448
		KW	79.0
		TR	22.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	260869
		KW	76.5
		TR	21.7
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.55
	COP	w/w	2.80
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-290) @T3 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	454.32
		S-T	Volts	454.74
		R-T	Volts	456.76
	Current	R	Amps	49.67
		S	Amps	51.15
		T	Amps	50.32
	Watts	R	KW	10.62
		S	KW	10.92
		T	KW	10.56
		Total KW	KW	32.10
Power Factor		---		0.81
Total Power Exclude pump & fan		KW		29.30
Frequency		Hz		60.47
COOLER	Water In		°C	12.85
	Water Out		°C	8.96
	Temperature Drop 1		°C	3.89
	Flow Rate		GPM	62.10
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.16
	Return Air Wet Bulb		°C	19.77
	Supply Air Dry Bulb		°C	16.13
	Supply Wet Bulb		°C	15.31
	Air Flow rate		CFM	8085
Condenser	Ambient		°C	46.04
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	76.31
	Liquid Temp.		°C	48.40
	Suction Temp.		°C	18.28
	Discharge Pressure		[psi]	286.08
	Liquid Pressure		[psi]	279.37
	Suction Pressure		[psi]	60.23
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	75.40
	Liquid Temp.		°C	52.47
	Suction Temp.		°C	13.60
	Discharge Pressure		[psi]	282.87
	Liquid Pressure		[psi]	275.00
	Suction Pressure		[psi]	58.84

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	10.91
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.420
	water Flow Rate	ft^3/hr	498.22
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	56.44
	Enthalpy out	KJ/KG	42.960
	Air Flow Rate	ft^3/min	8085
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	219661
		KW	64.4
		TR	18.3
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	210949
		KW	61.8
		TR	17.6
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	7.20
	COP	w/w	2.11
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-290) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 453.97
		S-T	Volts 454.18
		R-T	Volts 456.43
	Current	R	Amps 50.93
		S	Amps 52.44
		T	Amps 51.57
	Watts	R	KW 10.96
		S	KW 11.26
		T	KW 10.89
		Total KW	KW 33.11
Power Factor		---	81.00
Total Power Exclude pump & fan		KW	30.31
Frequency		Hz	60.49
COOLER	Water In	°C	13.01
	Water Out	°C	10.20
	Temperature Drop 1	°C	2.81
	Flow Rate	GPM	62.30
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.24
	Return Air Wet Bulb	°C	19.58
	Supply Air Dry Bulb	°C	17.06
	Supply Wet Bulb	°C	16.39
	Air Flow rate	CFM	8085
Condenser	Ambient	°C	51.68
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	80.83
	Liquid Temp.	°C	53.24
	Suction Temp.	°C	19.80
	Discharge Pressure	[psi]	334.11
	Liquid Pressure	[psi]	327.98
	Suction Pressure	[psi]	62.66
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	80.10
	Liquid Temp.	°C	57.17
	Suction Temp.	°C	15.06
	Discharge Pressure	[psi]	327.32
	Liquid Pressure	[psi]	319.75
	Suction Pressure	[psi]	60.31

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	11.61
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.415
	water Flow Rate	ft^3/hr	499.82
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.79
	Enthalpy out	KJ/KG	46.080
	Air Flow Rate	ft^3/min	8085
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	159207
		KW	46.7
		TR	13.3
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	151952
		KW	44.5
		TR	12.7
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.01
	COP	w/w	1.47
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	5%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	5%

Test Results: 40 kW Prototype (R-32) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.31
		S-T	Volts 454.64
		R-T	Volts 457.21
	Current	R	Amps 26.89
		S	Amps 28.17
		T	Amps 27.29
	Watts	R	KW 6.18
		S	KW 6.43
		T	KW 6.10
		Total KW	KW 18.71
Power Factor		---	0.86
Total Power Exclude pump & fan		KW	16.41
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In		°C 14.71
	Water Out		°C 10.17
	Temperature Drop 1		°C 4.54
	Flow Rate		GPM 39.90
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C 26.22
	Return Air Wet Bulb		°C 19.40
	Supply Air Dry Bulb		°C 15.90
	Supply Wet Bulb		°C 14.60
	Air Flow rate		CFM 5900
Condenser	Ambient		°C 35.24
Compressor Data	Discharge Temp.		°C 100.63
	Liquid Temp.		°C 47.48
	Suction Temp.		°C 11.29
	Discharge Pressure		[psi] 492.93
	Liquid Pressure		[psi] 489.31
	Suction Pressure		[psi] 126.38

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.		°C 12.44
	Specific Heat		Btu/lbm·°F 1.009
	Density		lbm/ft^3 62.409
	water Flow Rate		ft^3/hr 320.11
Air Side	Enthalpy in		KJ/KG 55.30
	Enthalpy out		KJ/KG 40.960
	Air Flow Rate		ft^3/min 5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	164766
		KW	48.3
		TR	13.7
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	163760
		KW	48.0
		TR	13.6
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.98
	COP	w/w	2.93
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	1%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-32) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.49
		S-T	Volts 455.93
		R-T	Volts 458.14
	Current	R	Amps 33.25
		S	Amps 35.20
		T	Amps 33.79
	Watts	R	KW 7.82
		S	KW 8.21
		T	KW 7.70
	Total KW		KW
Power Factor		---	0.88
Total Power Exclude pump & fan		KW	21.42
Frequency		Hz	60.51
COOLER	Water In	°C	16.09
	Water Out	°C	11.81
	Temperature Drop 1	°C	4.28
	Flow Rate	GPM	39.70
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.42
	Return Air Wet Bulb	°C	19.49
	Supply Air Dry Bulb	°C	17.20
	Supply Wet Bulb	°C	15.09
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	45.19
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	119.92
	Liquid Temp.	°C	57.99
	Suction Temp.	°C	15.67
	Discharge Pressure	[psi]	628.25
	Liquid Pressure	[psi]	626.47
	Suction Pressure	[psi]	134.72

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	13.95
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.010
	Density	lbm/ft^3	62.397
	water Flow Rate	ft^3/hr	318.51
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.48
	Enthalpy out	KJ/KG	42.300
	Air Flow Rate	ft^3/min	5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	154747
		KW	45.4
		TR	12.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	150513
		KW	44.1
		TR	12.5
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	7.03
	COP	w/w	2.06
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-32) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.43
		S-T	Volts 455.90
		R-T	Volts 458.06
	Current	R	Amps 36.41
		S	Amps 36.77
		T	Amps 35.65
	Watts	R	KW 8.42
		S	KW 8.52
		T	KW 8.30
	Total KW		KW
Power Factor		---	0.88
Total Power Exclude pump & fan		KW	22.94
Frequency		Hz	60.51
COOLER	Water In	°C	16.91
	Water Out	°C	13.42
	Temperature Drop 1	°C	3.49
	Flow Rate	GPM	39.80
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.49
	Return Air Wet Bulb	°C	19.07
	Supply Air Dry Bulb	°C	18.16
	Supply Wet Bulb	°C	15.51
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	51.90
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	126.40
	Liquid Temp.	°C	63.10
	Suction Temp.	°C	16.10
	Discharge Pressure	[psi]	635.10
	Liquid Pressure	[psi]	632.20
	Suction Pressure	[psi]	142.40

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	15.17
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.010
	Density	lbm/ft^3	62.386
	water Flow Rate	ft^3/hr	319.31
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.09
	Enthalpy out	KJ/KG	43.480
	Air Flow Rate	ft^3/min	5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	126422
		KW	37.1
		TR	10.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	121164
		KW	35.5
		TR	10.1
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.28
	COP	w/w	1.55
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-410A) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.94
		S-T	Volts 455.19
		R-T	Volts 457.85
	Current	R	Amps 25.62
		S	Amps 26.78
		T	Amps 25.96
	Watts	R	KW 5.85
		S	KW 6.06
		T	KW 5.76
	Total KW		KW
Power Factor		---	0.86
Total Power Exclude pump & fan		KW	15.37
Frequency		Hz	60.46
COOLER	Water In	°C	14.32
	Water Out	°C	10.18
	Temperature Drop 1	°C	4.14
	Flow Rate	GPM	40.10
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.44
	Return Air Wet Bulb	°C	19.47
	Supply Air Dry Bulb	°C	16.50
	Supply Wet Bulb	°C	15.10
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	35.56
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	83.36
	Liquid Temp.	°C	47.93
	Suction Temp.	°C	14.27
	Discharge Pressure	[psi]	474.30
	Liquid Pressure	[psi]	470.11
	Suction Pressure	[psi]	124.16

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.25
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.411
	water Flow Rate	ft^3/hr	321.71
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.52
	Enthalpy out	KJ/KG	42.500
	Air Flow Rate	ft^3/min	5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	150997
		KW	44.3
		TR	12.6
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	148686
		KW	43.6
		TR	12.4
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.67
	COP	w/w	2.83
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-410A) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.61
		S-T	Volts 455.00
		R-T	Volts 457.51
	Current	R	Amps 29.46
		S	Amps 30.96
		T	Amps 29.91
	Watts	R	KW 6.85
		S	KW 7.15
		T	KW 6.76
		Total KW	KW 20.75
Power Factor		---	0.87
Total Power Exclude pump & fan		KW	18.45
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In	°C	16.96
	Water Out	°C	13.59
	Temperature Drop 1	°C	3.37
	Flow Rate	GPM	39.90
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	28.92
	Return Air Wet Bulb	°C	19.32
	Supply Air Dry Bulb	°C	19.28
	Supply Wet Bulb	°C	15.86
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	46.16
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	100.66
	Liquid Temp.	°C	57.25
	Suction Temp.	°C	18.50
	Discharge Pressure	[psi]	589.98
	Liquid Pressure	[psi]	586.74
	Suction Pressure	[psi]	128.13

Unit Performance Calculations		
Parameter	Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C 15.28
	Specific Heat	Btu/lbm·°F 1.010
	Density	lbm/ft^3 62.385
	water Flow Rate	ft^3/hr 320.11
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG 54.93
	Enthalpy out	KJ/KG 44.460
	Air Flow Rate	ft^3/min 5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr 122386
		KW 35.9
		TR 10.2
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr 119565
		KW 35.0
		TR 10.0
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr 6.48
	COP	w/w 1.90
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage 2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590 4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-410A) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.99
		S-T	Volts 456.58
		R-T	Volts 458.73
	Current	R	Amps 30.08
		S	Amps 31.72
		T	Amps 30.56
	Watts	R	KW 7.02
		S	KW 7.35
		T	KW 6.92
		Total KW	KW 21.29
Power Factor		---	0.87
Total Power Exclude pump & fan		KW	18.99
Frequency		Hz	60.50
COOLER	Water In		°C 17.42
	Water Out		°C 14.48
	Temperature Drop 1		°C 2.94
	Flow Rate		GPM 39.80
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C 29.14
	Return Air Wet Bulb		°C 19.16
	Supply Air Dry Bulb		°C 20.08
	Supply Wet Bulb		°C 16.21
	Air Flow rate		CFM 5900
Condenser	Ambient		°C 51.90
Compressor Data	Discharge Temp.		°C 103.74
	Liquid Temp.		°C 58.78
	Suction Temp.		°C 19.38
	Discharge Pressure		[psi] 606.45
	Liquid Pressure		[psi] 604.02
Suction Pressure		[psi] 134.49	

Unit Performance Calculations			
Parameter	Unit	READING	
Water Prop	Mean Temp.	°C 15.95	
	Specific Heat	Btu/lbm·°F 1.011	
	Density	lbm/ft^3 62.379	
	water Flow Rate	ft^3/hr 319.31	
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG 54.40	
	Enthalpy out	KJ/KG 45.460	
	Air Flow Rate	ft^3/min 5900	
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr 106522	
		KW 31.2	
		TR 8.9	
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr 102093	
		KW 29.9	
		TR 8.5	
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr 5.38	
	COP	w/w 1.58	
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-290) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.85
		S-T	Volts 455.10
		R-T	Volts 457.35
	Current	R	Amps 26.84
		S	Amps 27.55
		T	Amps 27.18
	Watts	R	KW 5.72
		S	KW 5.87
		T	KW 5.70
	Total KW		KW
Power Factor		---	0.81
Total Power Exclude pump & fan		KW	14.99
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In	°C	14.64
	Water Out	°C	10.50
	Temperature Drop 1	°C	4.14
Flow Rate		GPM	39.70
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.47
	Return Air Wet Bulb	°C	18.95
	Supply Air Dry Bulb	°C	15.66
	Supply Wet Bulb	°C	14.66
	Air Flow rate	CFM	6008
Condenser	Ambient	°C	35.44
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	78.36
	Liquid Temp.	°C	42.21
	Suction Temp.	°C	13.90
	Discharge Pressure	[psi]	289.01
	Liquid Pressure	[psi]	286.76
Suction Pressure		[psi]	62.87

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.57
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.408
water Flow Rate		ft^3/hr	318.51
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.79
	Enthalpy out	KJ/KG	41.140
	Air Flow Rate	ft^3/min	6008
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	149645
		KW	43.9
		TR	12.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	147105
		KW	43.1
		TR	12.3
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.82
	COP	w/w	2.88
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-290) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.44
		S-T	Volts 455.54
		R-T	Volts 457.93
	Current	R	Amps 29.77
		S	Amps 30.48
		T	Amps 30.23
	Watts	R	KW 6.45
		S	KW 6.63
		T	KW 6.47
		Total KW	KW 19.55
Power Factor		---	0.82
Total Power Exclude pump & fan		KW	17.25
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In	°C	16.96
	Water Out	°C	13.64
	Temperature Drop 1	°C	3.32
	Flow Rate	GPM	39.70
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.28
	Return Air Wet Bulb	°C	18.99
	Supply Air Dry Bulb	°C	18.17
	Supply Wet Bulb	°C	15.65
	Air Flow rate	CFM	6008
Condenser	Ambient	°C	45.06
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	89.97
	Liquid Temp.	°C	54.49
	Suction Temp.	°C	18.18
	Discharge Pressure	[psi]	364.19
	Liquid Pressure	[psi]	363.75
	Suction Pressure	[psi]	71.22

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	15.30
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.010
	Density	lbm/ft^3	62.385
	water Flow Rate	ft^3/hr	318.51
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.83
	Enthalpy out	KJ/KG	43.880
	Air Flow Rate	ft^3/min	6008
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	119966
		KW	35.2
		TR	10.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	115707
		KW	33.9
		TR	9.6
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.71
	COP	w/w	1.97
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-290) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.23
		S-T	Volts 455.36
		R-T	Volts 457.73
	Current	R	Amps 33.83
		S	Amps 34.05
		T	Amps 33.43
	Watts	R	KW 7.38
		S	KW 7.43
		T	KW 7.33
	Total KW		KW
Power Factor		---	0.83
Total Power Exclude pump & fan		KW	19.84
Frequency		Hz	60.49
COOLER	Water In	°C	17.68
	Water Out	°C	14.74
	Temperature Drop 1	°C	2.94
	Flow Rate	GPM	39.80
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.43
	Return Air Wet Bulb	°C	19.10
	Supply Air Dry Bulb	°C	19.23
	Supply Wet Bulb	°C	16.20
	Air Flow rate	CFM	6008
Condenser	Ambient	°C	52.10
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	94.90
	Liquid Temp.	°C	59.21
	Suction Temp.	°C	20.37
	Discharge Pressure	[psi]	404.13
	Liquid Pressure	[psi]	401.00
	Suction Pressure	[psi]	74.77

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	16.21
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.011
	Density	lbm/ft^3	62.376
	water Flow Rate	ft^3/hr	319.31
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.19
	Enthalpy out	KJ/KG	45.450
	Air Flow Rate	ft^3/min	6008
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	106385
		KW	31.2
		TR	8.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	101636
		KW	29.8
		TR	8.5
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.12
	COP	w/w	1.50
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Annex V

**DEMONSTRATION PROJECT AT FOAM SYSTEM HOUSES IN THAILAND TO
FORMULATE PRE-BLENDED POLYOL FOR SPRAY POLYURETHANE FOAM APPLICATIONS
USING LOW-GWP BLOWING AGENTS**

WORLD BANK REPORT
SUBMITTED ON BEHALF OF THE ROYAL GOVERNMENT OF THAILAND

April 22, 2019

Introduction

1. The demonstration project at two foam system houses to formulate pre-blended polyol for spray polyurethane (PU) foam applications using low-global warming potential (GWP) blowing agent was submitted by the World Bank on behalf of the Royal Thai Government to the 75th meeting of the Executive Committee (ExCom) and resubmitted for the ExCom's approval at the 76th meeting. At the 76th meeting, the ExCom approved the project at a total cost of US \$355,905.
2. The project was prepared consistent with the decision of the Meeting of the Parties (Dec. XIX/6) whereby there was a concern of the availability of validated cost effective and environmentally sound technologies to phase out HCFC-141b in the different foam applications in Article 5 countries.
3. The PU foam sector in Thailand comprises of 215 enterprises using 1,723 metric tons (MT) of HCFC-141b, in the manufacturing of rigid PU foam, including spray foam applications. Stage I of the HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) of Thailand addressed 1,517 MT of HCFC-141b using in all PU foam applications, excluding consumption in the spray foam sub-sector due to the absence of low-GWP alternatives for this sub-sector. According to Stage II HPMP, the current HCFC-141b consumption in the spray foam sub-sector reduces from 349.1 MT in 2010 to 286.65 MT in 2017. The total HCFC-141b consumption is distributed among 102 spray foam enterprises of which, 71 enterprises were established prior to September 2007. Existing spray foam companies and their consumption is shown in Table 1.

Table 1: Summary of Spray Foam Companies and their Average HCFC-141b Consumption

	No. of Companies	No. of Eligible Companies	Total HCFC-141b Consumption
Companies consume more than 10 MT	5	5	216.34
Companies consume more than 2 but less than 10 MT	10	8	52.41
Companies consume less than 2 MT	87	58	17.90
Total	102	71	286.65

4. The Stage II HPMP including funding for phasing out HCFC-141b in the spray foam was approved at the 82nd ExCom Meeting. The total funding provided for the spray foam sector, which is the only PU foam applications using HCFC-141b in Thailand, under the Stage II HPMP is US \$1,732,597 to be released to Thailand from 2018 – 2022.

Background

5. For developing countries, the proven technical options to replace HCFC-141b as a blowing agent for PU rigid foam are mainly limited to high GWP HFCs as HFC-245fa or HFC-365mfc/HFC-227ea blend, which have GWP values of 1030 and 965, respectively (100 years ITH, IPCC 4th Assessment Report 2008). Recent publications show promising results with the new unsaturated HFC/HCFC blowing agents, commonly known as HFOs, that exhibit GWP values lower than 10 (Bodgan, 2011; Costa, 2011). These options present themselves as viable alternatives not only their low GWP but also their better safety performance in comparison with hydrocarbon technology. Flammability is the critical barrier to the spray foam applications where most foam applicators are small and medium scale enterprise and the nature of the applications where significant leakage of blowing agents make hydrocarbon unacceptable.

6. The project was designed to evaluate two HFO molecules as co-blowing agents with CO₂ generated from the water-isocyanate reaction: HFO-1336mzz(Z) and HFO-1233zd(E) as per the project proposal that was approved by the ExCom. Figures 1 and 2 show the chemical formulas of the blowing agents evaluated in this project. The physical properties of the two HFO molecules are summarized in Table 2.

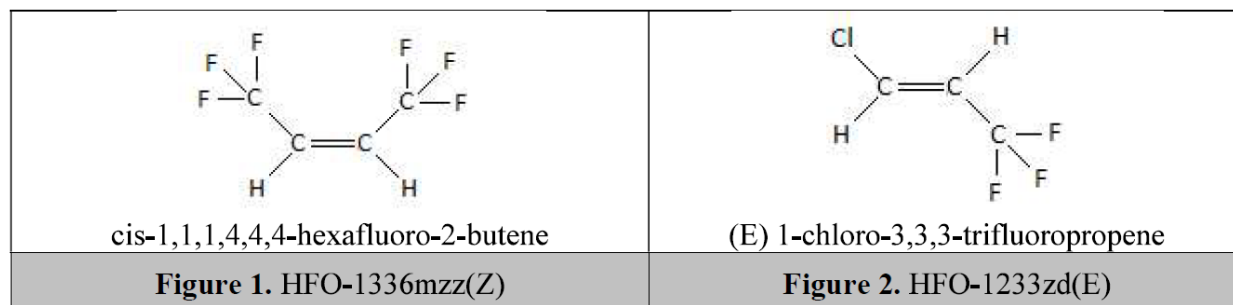


Table 2: Physical Properties of HCFC-141b and HFOs

Property	HCFC-141b	HFO-1336mzz(Z)	HFO-1233zd(E)
Suppliers	-	Chemours	Arkema
Boiling Point (°C)	32	33	19
Thermal Conductivity of Gas (Mw/m.K) at 25oC	9.5	10.7	10
ODP	0.11	0	0
GWP	782	2	1

Project Objectives

- To strengthen the capacity of two local system houses to formulate, test and produce pre-blended polyol using HFOs (namely, HFO-1336mzz(Z) and HFO-1233zd(E)) for small and medium-sized enterprises (SMEs) in the PU spray foam sector;
- To validate and optimize the use of HFOs co-blown with CO₂ for spray foam applications to achieve a similar thermal performance to that of HCFC-141b with minimum incremental operating costs (to optimize the HFO ratio to 10 per cent);
- To prepare a cost analysis of the different HFO-reduced formulations versus HCFC-141b-based formulations; and
- To disseminate the results of the assessment to system houses in Thailand and other countries.

7. The approved demonstration project selected Bangkok Integrated Trading (BIT) and South City Petroleum, which are the two major suppliers of HCFC-141b pre-blended polyol to spray foam enterprises in Thailand. The two companies have different baseline technical capacities. BIT is a small-scaled system house with one chemist in its research team, while South City Petroleum is a much larger chemical company with a variety of products in addition to polyol systems. South City Petroleum has more than 4 chemists in their research and development team.

8. The project started on November 13, 2017 after the sub-grant agreements were signed by the enterprises and Government Savings Bank (GSB), the financial agent for the Multilateral Fund supported projects in Thailand. The implementation of the project was completed on December 15, 2018.

Project Implementation

Table 3. Project Implementation Timeframe

Activities	Actual Date
Planning for system development and verification testing	December 2017
Specification of foaming equipment and site preparation	July 2018
Procurement and installation of equipment at the system houses	July 2018
Raw materials acquisition	September 2018
Trials/testing/analysis	December 2018
Report and Review meeting.	December 2018
Technology dissemination workshop	December 2018
End of formula development	Mid of December 2018
Project completion (External testing completion)	Mid of January 2019
Submission of PCR	February 2019

Experimental

Experimental Design

9. At the beginning of the project, an international expert on foam formulations visited the two companies and provided them with technical training on the theory of the PU foam technology, and the basic concept for conducting the experiments. However, the actual design and implementation of the experiment was the responsibility of each system house. Therefore, the actual research and development process was varied from one company to another depending on the baseline technical capacity and the final formulations could be different as they were designed to meet the need of the different groups of clients.

10. In general, the experiments were conducted in three stages. The first stage was to determine blend stability of different formulations. The second stage was to determine the lowest percentages of the blowing agents in the blended polyol that provide desirable reactivity including cream time, gel time, and tact-free time. Once these percentages were determined, additional tests were done to determine physical properties of the foam products. These physical properties were density, K-factor, compressive strength, and dimension stability. The properties of new formulations were compared with the baseline HCFC-141b formulations.

Bangkok Integrated Trading

11. To determine the optimum percentage of the new blowing agents, reactivity tests were carried out for 5 different percentages by weight of blowing agent to polyol (i.e., 5%, 10%, 15%, 20% and 25%). Compositions of raw materials are shown in Tables 4 and 5.

Table 4: Compositions of raw materials in HFO-1233zd(E) blended polyol formulation

Percentage of Blowing Agent	5%	10%	15%	20%	25%
Polyol (kg)	18	18	18	18	18
Water (kg)	0.558	0.486	0.414	0.342	0.27
Blowing Agent: 1233zd(E) (kg)	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5

Table 5: Compositions of raw materials in HFO-1336mzz(Z) blended polyol formulation

Percentage of Blowing Agent	5%	10%	15%	20%	25%
Polyol (kg)	18	18	18	18	18
Water (kg)	0.63	0.54	0.45	0.36	0.27
Blowing Agent: 1336mzz(Z) (kg)	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5

12. The detailed foam formulations for HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) developed by BIT for this demonstration project are summarized in Tables 6 and 7. Each formulation consisted of polyol, blowing agent, catalyst and additive, and isocyanate. For this demonstration project, BIT used a blend of sucrose-initiated polyol, Mannich-initiated polyol and polyester-initiated polyol. In addition, a combination of at least three catalysts were used to achieve desirable blowing, gelling and trimerization reactions. The test results provided initial indications on the optimal percentages of the blowing agents which did not severely affect the reactivity of the formulation. Once the optimal percentages were determined, further refinement of formulations were carried out to address other foam properties. The final percentage of the blowing agents may be slightly different from these initial tests.

Table 6: Foam system formulation for various percentage of HFO-1233zd(E) blowing agent and cost impact

Ingredients/HFO-1233zd(E)	5%	10%	15%	20%	25%	HCFC-141b
Blend of polyols, parts by weight	100	100	100	100	100	100
Catalyst package, parts by weight	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.44
HFO-1233zd(E), parts by weight	5.97	11.93	17.90	23.86	29.83	30.14
Iso/polyol index	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
HFO mole fraction in cell gas	0.18	0.34	0.47	0.59	0.70	0.85
HFO percent in foam, %	2.01	4.06	6.15	8.28	10.45	9.88
Cost of PU system, US\$/kg*	2.18	2.39	2.61	2.83	3.06	2.15
Reduction percent, %	79.64	58.85	37.70	16.15	-5.80	

*Best estimates based on the initial formulations provided by the enterprise.

Table 7: Foam system formulation for various percentage of HFO-1336mzz(Z) blowing agent and cost impact

Ingredients/HFO-1336mzz(Z)	5%	10%	15%	20%	25%	HCFC-141b
Blend of polyols, parts by weight	100	100	100	100	100	100
Catalyst package, parts by weight	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	5.44

HFO-1336mzz(Z), parts by weight	6.33	12.65	18.98	25.30	31.63	30.14
Iso/polyol index	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
HFO mole fraction in cell gas	0.14	0.27	0.40	0.52	0.65	0.85
HFO percent in foam, %	2.01	4.09	6.24	8.46	10.76	9.88
Cost of PU system, US\$/kg*	2.22	2.60	3.00	3.41	3.83	2.15
Reduction percent, %	79.64	58.60	36.85	14.34	-8.95	

*Best estimates based on the initial formulations provided by the enterprise.

13. Reactivities of all the formulations shown in Tables 6 and 7 were conducted by using cup tests. The following parameters were measured: (i) cream time; (ii) gel time; (iii) tact-free time; and (iv) free-rise density. The results of these tests are shown in Table 8.

Table 8: Results of Reactivity Tests for both blowing agents

Blowing Agent	HFO-1233zd (E)					HFO-1336mzz (Z)				
	5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%
Cream time (sec)	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
Gel time (sec)	9	9	10	10	10	9	9	9	9	9
Tact-free-time (sec)	15	16	16	16	16	15	16	15	16	15
Free-rise Density (Kg/m ³)	35.5	35.5	35.5	35.6	35.6	36.7	36.7	36.75	36.7	36.7

14. Based on the results of the reactivity tests, all foam formulations exhibited similar and acceptable cream time, gel time, tact-free-time and free-rise density for both HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z). Additional tests on adhesion and foam shrinkage were conducted. The 5% formulations for both HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) provided poor performance on the adhesion and shrinkage. At the 10% level and higher, the HFO-1336mzz(Z) blown foam rendered acceptable adhesion performance, and shrinkage was found to be limited. Through the evaluation of foam adhesion and shrinkage, the final percentages of blowing agent of 13% and 10% were selected for HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) formulations, respectively.

Table 9. Experimental Design

Factors (Independent Variables)	Levels
	Bangkok Integrated Trading
Type of HFO	HFO-1336mzz(Z)
	HFO-1233zd(E)
Mole fraction of HFO into the gas cells (reduction percent of HFO compared to HCFC-141b formulation)	0.85 (0%)
	0.35 (59%) HFO-1336mzz(Z)
	0.45 (47%) HFO-1233zd(E)

15. BIT's baseline HCFC-141b foam formulation having 0.85 mole fraction in the gas cells was used as a reference standard. Three specimens for each blowing agents were produced. The objective of BIT is to reduce HFO in the formulation in order to maintain price competitiveness to the extent possible when comparing with HCFC-141b formulation. The 10% HFO-1336mzz(Z) formulation results in the reduction of the mole fraction of the blowing agent in the gas cells to 0.35, which is equivalent to 59% reduction compared to HCFC-141b. Similarly, the 13% HFO-1233zd(E) formulation reduces the mole fraction of the blowing agent in the gas cells to 0.45, which is equivalent to 47% reduction compared to HCFC-141b formulation.

16. The isocyanate/polyol index is 115/100 for HFO-1336mzz(Z) and 115/100 for HFO-1233zd(E). The gel time and the free rise density are kept constant for all the experiments.

Responses and Test Methods

17. Table 10 summarizes the responses and associated test methods employed for determining the respective responses.

Table 10. Responses and Test Methods Employed by Bangkok Integrated Trading

Table 8 Responses and Test Methods: Bangkok Integrated Trading		
Property	Test	Testing Laboratory
Reactivity at machine	Visual	In-house
Density	ASTM D-1622	In-house
K-Factor	ASTM C-518	In-house
Compressive strength	ASTM D-1621	In-house
Adhesion strength	Metal Sheet and Roof Tile	In-house
Dimensional stability	ASTM D-2126	In-house
Aging (*)	K-Factor	ASTM C-518
	Compressive Strength	ASTM D-1621
Fire Performance	ASTM D-568-77, ASTM D-635-03	KMUTT

(*) K-Factor and Compressive Strength: 2 weeks, 3 weeks, 1 month

Preparation of Foam Samples

18. After blending the fully formulated polyol, the fully formulated polyol and isocyanate were applied by using a high-pressure machine GRACO Reactor H-VR sprayer (financed by the Project) at the conditions shown in Table 11. The final spray foam sheet was made by spraying the mixture of formulated polyol and isocyanate horizontally back-and-forth on a large cardboard paper at a rate of 3 – 4 passes per one inch of thickness. The final foam sheet has a thickness of 4 – 5 inches. Three foam sheets were made (one for each blowing agent: standard HCFC-141b; 13% HFO-1233zd(E) formulation; and 10% HFO-1336mzz(Z) formulation). All foam samples/specimens for different blowing agents were made from the respective foam sheets by cutting the sheets into a number of pieces with specific dimensions conforming with testing standards summarized in Table 10.

Table 11. Spray Foam Conditions

Spray machine	GRACO Reactor H-VR Sprayer
Spray gun	Air Purge Spray Gun
Percentage by weight of CO ₂ , %	Not applicable
Ambient Temperature, °C	28° – 32°C
Relative Humidity, %	52% - 62%
Substrate Temperature, °C	40°C
Iso Temperature, °C	50°C
Polyol Temperature, °C	50°C
Primary Heater	Off

Hose length, m	15
Hose Temperature, °C	50°C
Static Pressure, psi	1,700
Dynamic Pressure, psi	1,700

Stability of Polyol Blend

19. Polyol blended with HFO-1336mzz(Z) using regular catalysts demonstrates excellent stability. To achieve the same results with HFO-1233zd(E), special catalysts are required. Polyol with catalysts and additives were mixed and retained in test tubes from 1 – 3 weeks. All formulations showed good stability. There was no precipitation observed after three weeks. Table 12 summarizes the reaction times of the three different foam formulations.

Table 12. Reactivities of Baseline Foam Formulations and those with New Blowing Agents

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Mole fraction in the gas cells	0.85	0.45	0.35
Weight of blowing agent in formulation (%)	9.88	4.32	5.43
Reduction by weight (%)	0	56.25	44.99
Cream time (sec)	4	4	5
Tack free time (sec)	14	16	16
Cream time (sec) after 1 week	4	4	5
Tack free time (sec) after 1 week	14	16	16

20. The stability tests on foam reactivity and physical properties such as dimensional stability, K-factor, and compressive strength were conducted and the results of three different blowing agent formulations are shown in Tables 13 - 15. It was found that reactivity times of new foam formulations (with 13% of HFO-1233zd(E)) are similar to reactivity times of HCFC-141b blown foam.

Table 13. Dimensional Stability

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Foam density (kg/m ³)	38.04	38.77	39.07
Dimension stability 70°C (%ΔV), 24 hrs	0.30	0.59	0.47
1 st week	0.40	0.68	0.58
2 nd week	0.46	0.73	0.63
Dimension stability -30°C (%ΔV), 24 hrs	-0.64	-0.57	-0.70
1 st week	-0.87	-0.77	-0.83
2 nd week	-0.90	-0.82	-0.92
Dimension stability 70°C+95% RH (%ΔV), 24 hrs	0.47	2.03	1.82
1 st week	0.71	2.06	1.86

2 nd week	0.94	2.13	2.02
----------------------	------	------	------

21. The density of the foam blown with HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) was slightly higher than the density of the HCFC-141b blown foam. The density increase was less than 3% in comparison with the HCFC-141b blown foam. Dimension stability of foam produced with new HFO formulation was comparable to HCFC-141b blown foam. After two weeks, the foam dimension changes were within 1 - 2% for the three testing conditions (-30°C, 70°C, and 70°C with high humidity level).

Table 14. Comparison of K-Value of HCFC-141b with K-Factor of HFOs Blown Foam

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Initial K-Factor (mW/m.K)	21.40	24.20	26.10
2 nd week	22.00	24.90	27.00
3 rd week	22.40	25.40	27.30
4 th week	22.70	26.00	27.80

Note: The variance in densities of foam samples from unevenly spraying makes comparison a challenge.

22. The initial K-values of 13% HFO-1233zd(E) and 10% HFO-1336mzz(Z) blown foam were higher than the K-value of HCFC-141b blown foam. The increase is about 10% for the HFO-1233zd(E) formulation and about 20% for the HFO-1336mzz(Z) formulation). The insulation property gradually deteriorated over time. While the K-value of the HFO-1336mzz(Z) formulation was the highest; however, it showed a slower rate of increase after four weeks in comparison with the HFO-1233zd(E) formulation.

23. The 10% increase in the K-value was acceptable to BIT's spray foam customers. Hence, the HFO-1233zd(E) formulation was more desirable. To make the insulation performance of the HFO-1336mzz(Z) formulation comparable to the HFO-1233zd(E) formulation, BIT could have increased the amount of the blowing agent; however, such increase would result in a higher cost which was not desirable.

Table 15. Compressive Strength

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Initial Compressive Strength (kPa)	184.80	188.20	190.59
2 nd week	185.97	187.38	189.34
3 rd week	183.94	188.75	191.49

Note: Compressive strength of test samples vary depending on quality of the foam cells which affects the compressive strength of the test samples.

24. The experiment showed that the compressive strength of spray foams produced by three different formulations were comparable and stable over the experiment period of three weeks.

Fire Performance

Table 16. Results of Fire Performance Tests Based on ASTM Standards

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
ASTM D568-77	-	Extinguished	Extinguished
ASTM D635-03	-	Extinguished	Extinguished

Note: Tests were conducted at KMUTT

25. The foam specimens based on the two HFO formulations were subject to fire safety tests which were conducted by King Mongkut University of Technology Thonburi's (KMUTT) laboratory. The testing procedures of ASTM D568-77 and ASTM D635-03 were employed. The test results confirmed that HFO-1233zd(E) blown foam and HFO-1336mzz(Z) foam met the fire safety standards.

Field Test

26. Two field tests were conducted at Bangkok Integrated Trading's facility. Two of its major customers were invited to witness the field test. The test simulates applying spray foam on the wall by spraying two new foam formulations against a metal sheet and roof tiles. Visual inspection and simple tests were conducted at the sites. Based on this set-up, the customers are satisfied with the basic properties of the spray foam made from both HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) formulations. These properties include cell size appearance, reaction time, adhesion and foam strength. The costs of the two formulations are similar. The customers preferred the spray foam made from HFO-1233zd(E) blowing agent due to its foam appearance.



Fig. 3 Field Demonstration of HFO blown foam (HFO-1233zd(E)) at BIT



Fig. 4 Field Demonstration of HFO blown foam (HFO-1336mzz(Z)) at BIT

Incremental Capital Cost

27. The demonstration project as approved by the ExCom also provided financial supports to BIT to acquire one spray foam machine and thermal conductivity testing machine. These pieces of equipment were critical to the development of new foam formulations and for demonstration of the final products. As described in the project proposal, the enterprise anticipated that reduction of the blowing agent in the formulation would require additional water content in the polyol system and that consequently led to the increasing ratio of isocyanate and polyol (different foam index). Therefore, the spray foam machine with adjustable ratios of isocyanate and polyol was acquired by the project. To facilitate development and testing of new formulation, the thermal conductivity testing machine was provided.

28. The spray foam machine purchased by BIT was made by a Graco machine (Model: Reactor H-VR). The injection rates of isocyanate and polyol could be varied within the range from 1:1 to 2.5:1. The thermal conductivity tester purchased by BIT are Thermtest Model HFM-100. The approved funding levels for the spray foam machine and thermal conductivity tester were US \$40,000 and US \$5,000, respectively. The actual costs paid by BIT were US \$43,675 and US \$29,821, respectively. Detailed financial information will be provided in the Project Completion Report.

Cost Effectiveness of BIT's HFO Based Formulations

29. Cost comparison and cost effectiveness of the two new foam formulations were calculated based on the chemical costs purchased by BIT. Table 17 was developed based on the following costs of the following chemicals: US \$3.20/kg of HCFC-141b; US \$16/kg of HFO-1233zd(E); and US \$22/kg of HFO-1336mzz(Z).

Table 17. Cost of Foam Production and Incremental Operating Cost of HFO Formulations

BIT	141b system			1233zd(E) system			1336mzz(Z) system		
	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price
Polyol Blend	100.00	1.86	186.00	100.00	1.71	171.00	100.00	1.69	169.00
Additives & Catalysts	5.44	10.50	57.12	5.30	12.50	66.27	13.26	3.98	52.74
Other Additives	15.13	2.50	37.83	16.00	2.26	36.20	16.57	1.90	31.48
Blowing Agent	30.14	3.20	96.45	12.00	16.00	192.00	16.57	22.00	364.54
Sub-total	150.71		377.39	133.30		465.47	146.40		617.76
Isocyanate	154.48	1.80	278.06	144.41	1.80	259.94	158.60	1.80	285.48
Sub-total	154.48		278.06	144.41		259.94	158.60		285.48
Total	305.19		655.46	277.71		725.41	305.00		903.24
Price of foam (US\$/kg)	2.15			2.61			2.96		
IOC (US\$/kg 141b)				4.72			8.24		

30. While the cost of producing on kg of foam increased by 20% - 40% in comparison with the cost of the baseline foam produced with HCFC-141b. The incremental operating costs of the new HFO formulations were about US \$4.72 – US \$8.24/kg of HCFC-141b.

South City Petroleum

31. Almost all spray foams in Thailand prefer to purchase polyol systems pre-mixed with a blowing agent. The objective is to replace HCFC-141b with HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) without significantly increasing the price of the pre-blended polyol since the spray foam market is extremely price sensitive. Because of this constraint, the company aims to develop new HFO formulations with the HFO content not exceeding 10% of the weight of the polyol without significantly compromising the foam performance. Reactivity tests were conducted for two different percentages of the blowing agents (both HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z)) at 5% and 10% of the weight of the polyol. At the five percent of both blowing agents, the amount of the water content to compensate the lower amount of blowing agents exceeded 4.5% in the formulations. The higher water content demonstrates adverse effects on the foam stability. Hence, only the 10 percent blowing agent formulation was further developed. The isocyanate/polyol index of at least 120 was employed to reduce friability problems and increase the catalyst to enhance trimerization in order to improve flame retardant property and foam strength.

Table 18. Experimental Design

Factors	Levels		
Blowing Agent	% Usage in Blended Polyol	Mole Fraction in Gas Cell	% Reduction
HCFC-141b	30	0.84	
HFO-1336mzz(Z)	10	0.34	59.52
HFO-1233zd(E)	10	0.37	55.95
HFO-1336mzz(Z)	5	0.17	79.76
HFO-1233zd(E)	5	0.16	80.95

Type	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
	30%	10%		5%	
Initial mole fraction, CO ₂	0.16	0.63	0.66	0.64	0.83
Initial mole fraction, blowing agent	0.84	0.37	0.34	0.16	0.17

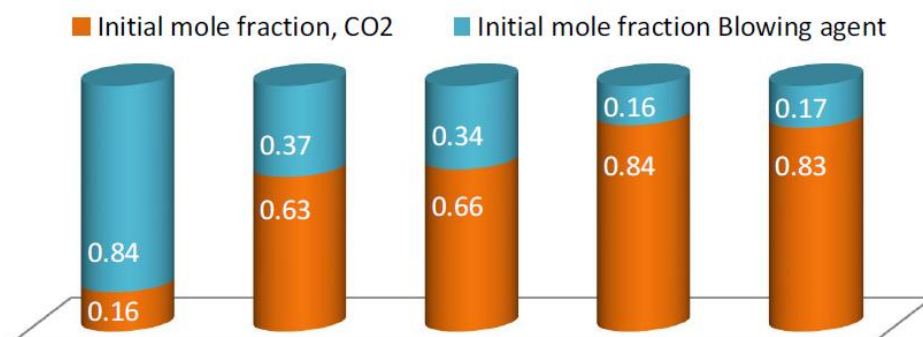


Fig. 5 Initial mole fractions of two co-blowing agents



Fig. 6 Cup tests for the two new HFO formulations

32. As mentioned above, the 5% HFO formulations contained more than 4.5% of water in the formulations. The high-water content could adversely affect chemical stability of polyester initiated polyols and some water-sensitive catalysts, which could result in formation of more opened cells, higher K factors and friability of the final foam products.

33. The characteristics of foam blown with 10% of HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) are summarized in Table 19. With 10% of the blowing agents, both formulations require an additional amount of water in order to maintain the free rise density at the same level as the HCFC-141b formulations.

Table 19. Characteristics of Foam with Alternative Blowing Agents

Type	HCFC-141b	HFO1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
CO ₂ moles/kg of polymer	0.23	0.63	0.68
Blowing agent moles/kg of polymer	1.24	0.36	0.34
Total gas moles/kg of polymer	1.47	0.99	1.02
Initial mole fraction, CO ₂	0.16	0.63	0.66
Initial mole fraction, Blowing agent	0.84	0.37	0.34
Blowing agent in foam (%)	12.66	4.49	5.28
Reduction percent (%)	-	64.56	58.29

Preparation of Foam Samples

34. After blending the fully formulated polyol, the fully formulated polyol and isocyanate were applied by using a high-pressure machine GRACO Reactor H-VR sprayer (financed by the Project) at the conditions shown in Table 20.

Table 20. Spray Conditions

Spray Gun	Fusion AP
Injection pressure, psi	1200
Isocyanate temperature, °C	Room temperature
Polyol temperature, °C	40 - 45
Substrate (metal sheet and roof tile) temperature* °C	Room temperature (28°C)

*Samples for adhesion tests

35. The final spray foam sheet was made by spraying the mixture of formulated polyol and isocyanate horizontally back-and-forth on a large cardboard paper at a rate of 3 – 4 passes per one inch of thickness. The final foam sheet has a thickness of 4 – 5 inches. Three foam sheets were made (one for each blowing agent: standard HCFC-141b; 10% HFO-1233zd(E) formulation; and 10% HFO-1336mzz(Z) formulation). All foam samples/specimens for different blowing agents were made from the respective foam sheets by cutting the sheets into several pieces with specific dimensions conforming with testing standards summarized in Table 21.

Table 21. Test Methods Employed by South City Petroleum

Table X. Test Methods: South City Petroleum			
Property	Test	Testing Laboratory	Specimen Dimension
Reactivity at machine	Visual		
Density	ASTM D-1622	In-house	10 cm * 10 cm * 10 cm
K Factor	ASTM C-518	HFM-100 Heat flow meter from Thermtest, Canada and Eko Japan	30 cm * 30 cm * 2.54 cm
Compressive Strength	ASTM D-1621	In-house	3 cm * 3 cm * 3 cm
Adhesion Strength	Hand Peeling	In-house	Roof tile and metal sheet
Dimension Stability	ASTM D-2126	In-house	10 cm * 10 cm * 10 cm
Water Absorbent*	Volume (%)	In-house	10 cm * 10 cm * 2.54 cm
Aging*	K Factor	ASTM C-518	HFM-100 Heat flow meter from Thermtest, Canada and Eko Japan
	Compressive Strength	ASTM D-1621	In-house
Fire Performance	UL94	National Metal and Materials Technology Center (MTEC)	1.3 cm * 12.5 cm * 1.3 cm
	ASTM D-568 and ASTM D-635	Institute for Scientific and Technological Research and Services (ISTRS), King Mongkut University of Technology Thonburi (KMUTT)	50 cm * 10 cm * 3 cm

*K factor: 1 week and 1 month; compressive strength: initial and 1 month; and water absorbent: 2 hours and 24 hours.

Stability of Polyol Blend

36. The stability of fully formulated polyol was evaluated by monitoring the hand-mixed reactivity in the laboratory. The results are summarized in Table 22.

Table 22. Stability of Polyol Blends

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)			HFO-1336mzz(Z)		
Mole fraction in gas cells	0.84	0.37			0.34		
Weight percent of blowing agent in formulation (%)	30.00	10.00			10.00		
Mole fraction different percent (%)	-	55.95			59.52		
Chemical characteristics	initial	initial	2nd Week	4th Week	initial	2nd Week	4th Week
Cream time (sec)	3	4	4	4	4	4	4
Gel time (sec)	5	6	6	6	6	7	6
Track free time (sec)	8	7	7	7	7	8	7
End of rise (sec)	12	13	13	14	14	14	15
Cup density (kg/m ³)	30.63	32.98	34.45	34.96	35.14	35.68	36.55
Upper cup density (kg/m ³)	26.09	26.29	25.59	26.86	27.23	28.13	26.26

37. All samples were kept at the normal room temperature which is the industry practice for storing the raw materials. The results confirmed that reaction activities of both HFO formulations are quite stable. However, it was still advisable that the HFO-1233zd(E) pre-blended polyol be stored in air-conditioned room as the temperature of the storage rooms could become much higher in summer.

Cell Structure Appearance

38. Cell structures of foams produced by different blowing agents are showed in Fig. X. The test results confirmed that foams produced by the three formulations (30% HCFC-141b; 10% HFO-1233zd(E); and 10% HFO-1336mzz(Z)) contained mostly spherical shapes resulting in higher compressive strength and good dimension stability. However, the test results also showed that due to a higher water level in the formulations, the foam structures contained more opened cells.

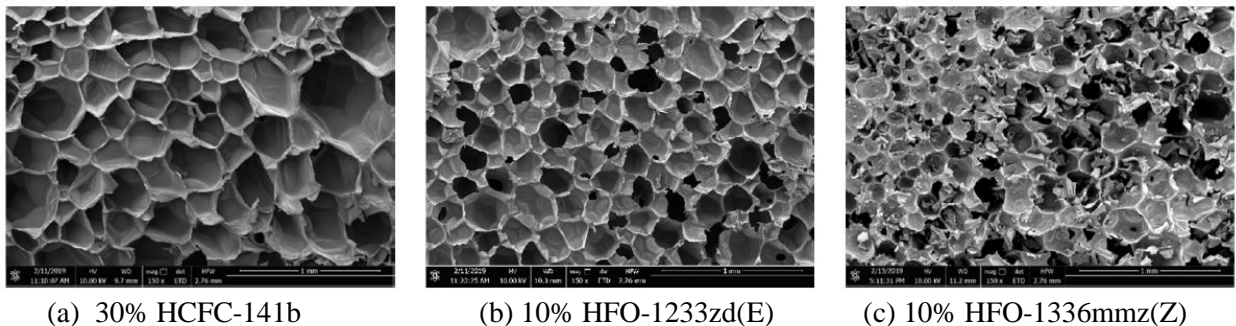


Fig. 7 Cell Structures of Foam Produced from Three Different Blowing Agents

Compressive Strength

39. Comprehensive strength of foam produced with three different blowing agents: (i) 30% HCFC-141b formulation; (ii) 10% HFO-1233zd(E) formulation; and (iii) 10% HFO-1336mzz(Z) formulations was measured immediately after the production and one month later. For each formulation, separate sets of samples were tested for the initial compressive strength and the compressive strength after 1 month. Since the foam samples were made from larger foam sheets that were sprayed manually, the property of the foams may not be consistent, and it may affect the accuracy of the results.

Table 23. Compressive Strength (kPa)

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Initial	194.00	256.00	206.00
1 month later	189.73	204.77	244.37

40. In spite of the above imperfection, the test results suggested that the new HFO formulations provided the final foam products with higher compressive strength than the foam products made with the HCFC-141b formulation. This improvement may be attributed to the use of different combinations of polyol types to compensate with the counter effect from the higher level of water in the formulations.

Dimension Stability

41. The dimension stability tests were conducted at two different temperature levels at two different occasions. The first tests were undertaken one week after the foam samples were made, and the second tests were done another week later. At both temperature levels, the foam products made by the new formulations exhibited acceptable dimension stability. That is, the volumes of the samples changed less than 2% during the first two weeks after the samples were made. The results are shown in Table 24.



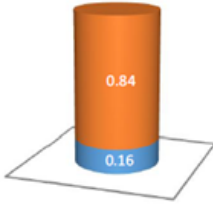
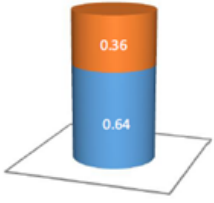
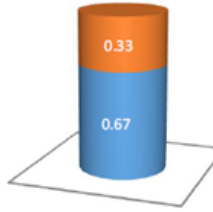
Table 24. Results of Dimension Stability Tests

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Foam Density (kg/m ³)	38.18	39.51	34.64
Dimension Stability at 70 °C (%ΔV)			
1st Week	1.96	0.43	-0.56
2nd Week	1.90	0.37	-0.71
Dimension Stability at -30 °C (%ΔV)			
1st Week	-0.34	-0.46	-0.48
2nd Week	-1.39	-0.46	-0.31

K-Factor

42. The test results confirmed that the new HFO formulations had higher thermal conductivity than the HCFC-141b formulation. This was anticipated since the HFO formulations resulted in foam products with a higher mole fraction of CO₂ in the foam cells.

Table 25. K-Factors (mW/mK)*

Blowing Agent	HCFC-141b		HFO-1233zd(E)		HFO-1336mzz(Z)	
Mole Fraction in Gas Cell						
 Blowing Agent						
 CO ₂						
						
Foam Density (kg/m ³)	38.57	40.67	47.82	44.38	43.86	47.24
1 st Week	20.00	21.94	24.74	22.19	26.88	21.58
4 th Week	23.40	23.70	28.56	29.50	31.16	30.70

*Upper temperature: 35°C; Lower temperature: 15°C; Mean temperature: 25°C

43. Because of the expected ununiform foam structure due to the manual spray operations, two samples were used for each test condition. The variance densities of the foam samples were the outcome of the unevenly spraying process.

44. In general, it was still reasonable to draw a conclusion that the foam products manufactured from the two HFO formulations had higher thermal conductivity than those produced with the HCFC-141b formulations. This was the direct implication of having a higher mole fraction of CO₂ in the gas cells. However, the increase was slightly higher, which was around 21.58 – 26.88 mW/mK, when the foam products were kept at the room conditions for one week. This range was acceptable to the industry. The thermal conductivity continued to change over the course of one month.

Hand Peeling Adhesion Tests

45. Since most spray foam applications in Thailand were done on metal sheet roof and roof tile or concrete, the adhesion tests were made to demonstrate the adhesion strength of the spray foams against these two substrates. The samples were prepared by spraying three different fully blended polyols and isocyanate on the two substrates at 28°C. The adhesion tests were done by peeling the foam out from the substrates. Three different failure types including the foam adhesive failure, thin layer cohesive failure, and cohesive failure, were observed. It was considered an adhesive failure if the foam could be removed completely from the surface. The thin layer cohesive failure was considered if it left a thin layer of foam on the surface of the substrates. Foams with a good adhesion property were those foams that could not be peeled off from the surface of the substrates. The peeling force applied to the samples would result in foam cracks. The test results are summarized in Table 26.

Table 26. Hand-Peeling Adhesion Test Results

Materials	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Metal sheet roof	100% Thin layer Failure	100% Thin Layer Failure	100% Thin Layer Failure
Adhesion Performance	Good	Good	Good
Roof tile	100% Cohesive Failure	100% Cohesive Failure	100% Cohesive Failure
Adhesion Performance	Excellent	Excellent	Excellent

46. All foams adhered excellently on the roof tile. High peeling force was required and resulted in breaking the foam. This failure mode is shown in Fig. 8.

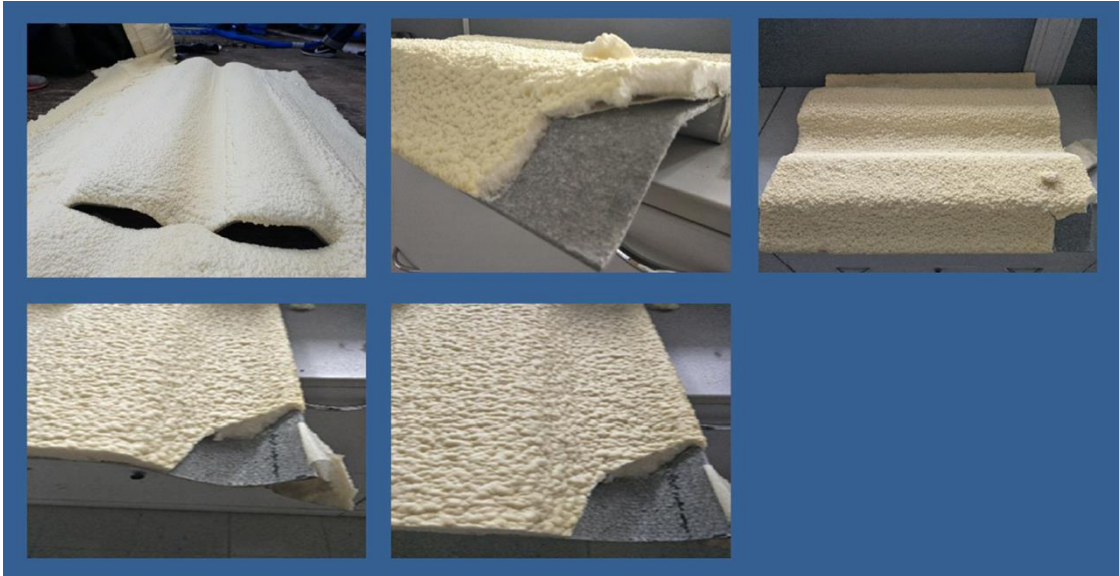


Fig. 8 Hand-peeling tests for spray foam with a roof tile as substrate

47. For the metal roof surface, all foams were peeled out of the surface of the substrate by high peeling force; however, there was thin skin of foam remaining on the metal surface as shown in Fig. 9.

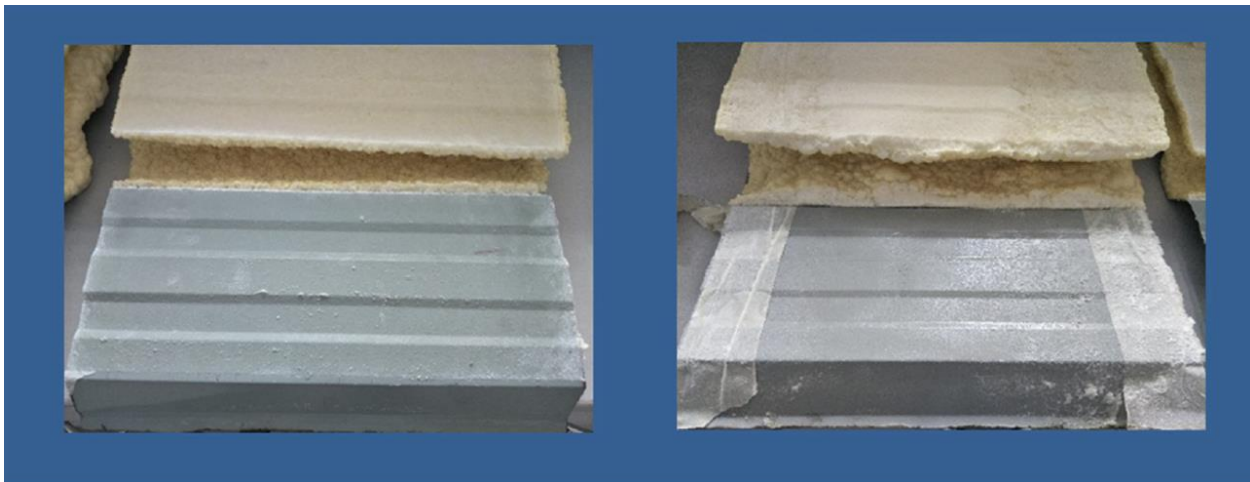


Fig. 9. Hand-Peeling Tests for spray foam with metal roof sheet as a substrate.

Water Absorbent

48. South City Petroleum also conducted water absorbent tests of their baseline and new HFO formulations because this property was considered as one of the key parameters in its product specifications. Four samples from each formulation were prepared. The four samples were divided into two groups. The first two were immersed into water for two hours. Another set of two samples for each formulation were immersed into water for four hours before the tests were taken.

49. The results of the water absorbent tests for a total of 12 samples produced with three different formulations were summarized in Table 27.

Table 27. Water Absorbent Test Results (% Volume)

Blowing Agent	HCFC-141b		HFO-1233zd(E)		HFO-1336mzz(Z)	
	2 hrs.	24 hrs.	2 hrs.	24 hrs.	2 hrs.	24 hrs.
Sample 1	0.83	2.61	1.01	3.11	1.06	3.11
Sample 2	1	2.34	1.51	4.27	1.55	3.81

50. Foam samples made from the two new HFO formulations demonstrated higher percentage of water absorbent than the HCFC-141b formulated foam samples. The higher water absorbent in the HFO formulations was the result of more opened cells in the foam structure due to the increasing water content in the HFO formulations which was required to compensate for the lower quantity of the blowing agents.

Fire Performance

51. Flame retardant property of foams blown with different blowing agents was conducted by employing two different international standards: (i) UL 94; and (ii) ASTM D-568 and ASTM D-635. Foam samples made from the two HFO formulations passed the UL 94 standard V-0 level tests. The foam samples that were subject to a vertical flame stopped within 10 seconds and the foam drips were not inflamed.

52. The ASTM D-568 standard tests confirmed that the foam samples made with the HFO formulations were self-extinguished within 1 – 2 seconds when they were subject to a vertical flame. Moreover, the burn propagated less than 3 mm. Similarly, the ASTM D-635 standard tests for a horizontal flame position also yielded the same results for the samples made from the two HFO formulations. Therefore, these foam samples were considered to meet ASTM D-568 and D-635 standards. The test results based on both standards are summarized in Table 28.

Table 28. Fire Performance Test Results

Table XX. Fire Performance Test Results			
Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
UL 94	V-0	V-0	V-0
ASTM D-568 and ASTM D-635	Self-Extinguished	Self-Extinguished	Self-Extinguished

Field Tests


53. Because of a lower quantity of an HFO blowing agent in order to keep the product cost competitive, the rising of foam had to be compensated by generating CO₂ as a co-blowing gas from the additional water content to enhance the water-isocyanate reaction. Therefore, the new HFO formulations, which had a higher water content, consumed more isocyanate. The ratio between the HFO blended polyol and isocyanate was adjusted to about 0.78:1 or 0.82:1 by volume. However, most Thai spray foamers only had spray machines with a fixed ratio at 1:1 by volume. As a result, the field tests were then operated at South City Petroleum's facility.

54. Two major spray foam companies in Thailand (Narongrit, and Lohr Trade and Consulting) were invited to participate in the field test on December 11, 2018. Both spray foam companies had opportunities to use South City Petroleum's spray machine funded by the MLF to spray the two new HFO formulations

and to inspect the final foam products. At the end of the field test, both enterprises were asked for their opinions on the following: chemical reaction, foam appearance, foam strength, adhesion performance, and the overall view of the two new HFO formulations. The results of the interviews were included in Table 29.

Table 29. Field Test Interview Results

Filed Test	HFO-1233zd(E)		HFO-1336mzz(Z)	
	Narongrit	Lohr Trade and Consulting	Narongrit	Lohr Trade and Consulting
Chemical reaction	Little slow	Appropriate	Appropriate	Little fast
Foam cell appearance	Appropriate	Appropriate	Appropriate	Appropriate
Foam strength	Appropriate	Appropriate	Appropriate	Appropriate
Adhesion on substrate	Fair	Good	Fair	Fair
Satisfaction	Reaction time to be improved	Appropriate	Appropriate	Reaction time to be improved



55. Both invited enterprises were confident that the HFO formulations could be used in the Thai industry as a replacement for the HCFC-141b formulation. They were satisfied with the cell size appearance, reaction time, adhesion and foam strength. The only area of improvement suggested by the enterprises was the reaction time. One suggested that the HFO-1233zd(E) formulation should be improved to have faster reaction, while another suggested to slow down the reaction time of the HFO-1336mzz(Z) formulation.

Incremental Capital Cost

56. The demonstration project as approved by the ExCom also provided financial supports to South City Petroleum to acquire one spray foam machine and thermal conductivity testing machine. These pieces of equipment were critical to the development of new foam formulations and for demonstration of the final products. As described in the project proposal, the enterprise anticipated that reduction of the blowing agent in the formulation would require additional water content in the polyol system and that consequently led to the increasing ratio of isocyanate and polyol (different foam index). Therefore, the spray foam machine with adjustable ratios of isocyanate and polyol was acquired by the project. To facilitate development and testing of new formulation, the thermal conductivity testing machine was provided.

57. The spray foam machine purchased by South City Petroleum was made by a Graco machine (Model: Reactor H-VR). The injection rates of isocyanate and polyol could be varied within the range from 1:1 to 2.5:1. The thermal conductivity tester purchased by South City Petroleum are Thermtest Model HFM-100. The approved funding levels for the spray foam machine and thermal conductivity tester were US \$40,000 and US \$5,000, respectively. The actual costs paid by South City Petroleum were US \$41,692 and US \$22,253, respectively. Detailed financial information will be provided in the Project Completion Report.

Cost Effectiveness of South City Petroleum’s HFO Based Formulations

58. Cost is the major issues in this industry. The new HFO formulations must be price competitive in comparison with the current HCFC-141b formulations. Table 30 provides cost comparison between the HCFC-141b formulations and the two HFO formulations. The following costs of the blowing agents were use in the calculation: US \$2.86/kg of HCFC-141b; US \$14/kg of HFO-1233zd(E); and US \$20/kg of HFO-1336mzz(Z).

Table 30. Cost of Foam Production and Incremental Operating Cost of HFO Formulations

South City Petroleum	141b system			1233zd(E) system			1336mzz(Z) system		
	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price
Polyol Blend	100.00	1.76	175.70	100.00	1.58	158.03	100.00	1.58	158.03
Additives & Catalysts	5.27	9.36	49.32	12.90	12.68	163.54	16.13	6.75	108.88
Other Additives	24.03	1.84	44.16	18.68	1.84	34.42	15.19	2.27	34.42
Blowing Agent	40.27	2.86	115.07	13.16	14.00	184.24	13.13	20.00	262.60
Sub-total	169.57		384.25	144.74		540.23	144.45		563.93
Isocyanate	231.80	1.68	390.44	135.40	1.68	228.07	137.72	1.68	231.97
Sub-total	231.80		390.44	135.40		228.07	137.72		231.97
Total	401.37		774.70	280.14		768.30	282.17		795.91
Price of foam (US\$/kg)			1.93			2.74			2.82
IOC (US\$/kg 141b)						8.10			8.88

59. For the HFO-1233zd(E) formulation, a new catalyst package was required to overcome the formulation stability. While the cost of HFO-1233zd(E) was significantly lower than the cost of HFO-1336mzz(Z), the cost of the new innovative catalyst package for HFO-1233zd(E) made the overall incremental operating cost of the HFO-1233zd(E) formulation only slightly less expensive than the HFO-1336mzz(Z) formulation.

Summary

60. The results of the demonstration project to develop reduced HFO polyol formulation systems at BIT and South City Petroleum confirmed that the spray foam formulations with HFO blowing agents of about 10% of the polyol weight and proper adjustments on the choice of polyol and the catalyst package could yield the foam properties that were still acceptable to the Thai spray foam market. While the HFO-1233zd(E) formulation demonstrated instability in the formulation, the issue could be solved by introducing a new catalyst package. Spray foams blown with HFOs exhibited adhesion performance that was acceptable to the market.

61. Reactivity time of the new reduced HFO formulations is similar to the HCFC-141b formulation. This was acceptable to the Thai market. Density of spray foam made from the reduced HFO formulations was slightly higher than the baseline HCFC-141b formulation. The slight increase in the compressive strength was also observed. Similarly, the initial K-factors of the reduced HFO formulations were 20 – 30% higher than the HCFC-141b formulation. All properties of HFO blown foams were quite stable over time. Both HFO formulations passed the fire performance tests.

Table 31. Summary of Key Performance of HFO Formulations of BIT and South City Petroleum

	BIT		South City Petroleum	
	-1233zd(E)	-1336mzz(Z)	-1233zd(E)	-1336mzz(Z)
Reactivity				
Cream time (sec)	4	5	4	4

Gel time (sec)	9	9	6	6
Tack-free time	16	16	7	7
Foam Properties				
Foam Density (kg/m ³)	38.77	39.07	39.51	34.64
K-Factor (mW/m.K)	24.20	26.10	24.74	26.88
Compressive Strength (kPa)	188.20	190.59	256.00	206.00
Cost				
Cost of PU System (\$/kg foam)	2.61	2.96	2.74	2.82
Incremental Operating Cost (\$/kg HCFC-141b)	4.72	8.24	8.10	8.88

62. Reduction of the blowing agents required an additional amount of water to generate CO₂ from the water-isocyanate reaction. Consequently, an additional amount of isocyanate which made the polyol and isocyanate ratio by volume deviated from 1:1 was required. Most spray foam enterprises in Thailand would have to either retrofit or replace their existing spray machine to be able to apply these new formulations.

National Ozone Unit (NOU) at Environment Public Authority (EPA) of Kuwait
In cooperation with
UNIDO & UNEP



Comparative Study to Analyse NIK Technologies for Central Air Conditioning Applications in Kuwait

Final Report

October 2018

Project Coordinators:

UNIDO: Ole R. Nielsen & Fukuya IINO

UNEP: Ayman Eltalouny

Project Consultant:

Dr Alaa Olama

Comparative Study to Analyse NIK Technologies for Central Air Conditioning

Applications in Kuwait

Table of Content

List of drawings and tables

Introduction

Project Objectives.

Project Context

1.0 Selection Criteria for the Two Sites.

2.0 Compilation of Technical Solutions

3.0 Kuwait Climatological Conditions and Two stage Direct/Indirect (TSDI) evaporative cooling systems.

3.1 Kuwait Climatological Conditions.

3.2 The Concept of Two Stage Direct/Indirect (TSDI) Evaporative Cooling.

4.0 Energy Consumption comparison: TSDI evaporative cooling versus IK cooling.

4.1 Expected operational Savings of a 5000 cfm (30 TR, 106 kW) TSDI evaporative cooling unit.

4.2 Outdoor Air (Fresh Air) as opposed to Recirculated Air.

4.3 Weather Data for Kuwait for the whole year, hour by hour.

4.4 Energy Consumption Comparison.

4.5 Budgetary Cost, Electric and Water of Air Handling Unit Types.

The First Site

5.0 TSDI evaporative cooling system for a Direct Expansion (DX) central A.C. system of a Mosque.

5.1 Estimated cooling load.

5.2 Modified Conceptual Design of the Plant Incorporating TSDI evaporative cooling system.

5.3 Operational savings of the Hybrid NIK assisted by IK system.

The Second Site

6.0 TSDI evaporative cooling system for a Chilled Water central A.C. system of a School

6.1 Estimated cooling load of the System.

6.2 Modified Conceptual Design of the Plant Incorporating TSDI evaporative cooling system.

6.3 Operational savings of the Hybrid NIK assisted by IK system.

7.0 Capital Costs, Operating Costs for the Financial Analysis and Summary Technical Results.

7.1 Assumptions for the breakdown of capital and operational costs of the Mosque and School.

7.2 Breakdown of Capital and Operating Costs of the Mosque.

7.3 Breakdown of Capital and Operating Costs of the School.

7.4 Summary Technical Results.

Annexes:

1- Criteria and Questionnaire for sites locations -Kuwait NIK Project.

2- Compilation of Technical Solutions.

List of Figures and Tables:

Figure 3.1: Basic direct evaporative cooling, Indirect or Indirect-Direct evaporative cooling.

Figure 3.2: An Indirect evaporative cooling module.

Figure 3.3: Details of air flow in and around an Indirect Evaporative Cooling Heat exchanger.

Figures 4.1 and 4.2: Thermodynamic processes on a psychometric chart.

Figures 4.3 and 4.4: Isometric view of TSDI evaporative cooler and thermal processes on a psychometric chart.

Figures 4.5 and 4.6: Energy saving for Kuwait maximum summer conditions- August 2002.

Figure 4.7: Screen Shot of Results.

Figure 5.1: Schematic diagram of a Hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by DX cooling coil system.

Figure 5.2: Schematic diagram of a Hybrid TSDI evaporative cooling system with DX cooling coil connected to an air-cooled condensing unit.

Figure 6.1: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a Chilled Water cooling coil.

Figure 6.2: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a Chilled Water cooling coil connected to air cooled chillers.

Tables:

Table 3.1: Kuwait Highest Monthly T_{db} coincident with T_{dp} , T_{wb} & RH.

Table 4.1: Supply air temperature spread Chart for an entire year and weather data.

Table 4.2: Energy Consumption Comparison - 5 TR DX recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling.

Table 4.3: Budgetary Cost, Water Consumption and Electric Consumption of all Air Handling Unit Types.

Table 4.4: Official Prices of Electricity and Water-Kuwait (Arabic).

Table 5.1: Energy Consumption Comparison - 81 TR DX recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling for a mosque.

Table 6.1: Energy Consumption Comparison - 800 TR CW recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling for a school.

Table 7.1: Breakdown of capital and Operating Costs for the Financial Analysis of the Mosque.

Table 7.2: Breakdown of capital and Operating Costs for the Financial Analysis of the School.

Introduction

At the 75th EXCOM, UNIDO resubmitted requests for this proposal for feasibility studies, in line with decision 74/29 (originally 72/40), to develop a business model for district cooling in Kuwait and Egypt. UNIDO is the lead implementing agency and UNEP is the cooperating agency for both studies.

The feasibility study objective is to provide a detailed technical, financial as well as environmental and energy assessment / road map for the government of Kuwait, in the development of Central A/C systems. The focus of the feasibility study will be a full comparative analysis of three not-in-kind technologies namely:

- I. Deep Sea Water free cooling.
- II. Waste heat absorption and
- III. Solar assisted chilled water absorption systems

Being considered the most promising for Kuwait.

The deliverables of the feasibility study will be:

1. Assessment of the most suitable not-in-kind technology for Central AC systems
2. Assessment of available renewable energy sources,
3. Assessment of legalization barriers,
4. Assessment of energy saving mechanisms,
5. Assessment of environmental benefits
6. Development of a financial structure and financial scheme for both, governmental co-financing mechanisms, including the possibility of providing incentives for private companies.

The project was approved by the 75th EXCOM in accordance to the following decision:

20. For Kuwait, the focus of the feasibility study will be a full comparative analysis of three not-in-kind technologies: deep sea water free cooling, waste heat absorption and solar assisted chilled water absorption systems, to determine which may be the most promising option for central air-conditioning systems.

21. The following activities will be implemented:

- (a) A literature review on the current status of deep sea water free cooling, waste heat absorption, and solar assisted chilled water absorption systems;*
- (b) Analysis of renewable energy sources, legal barriers, energy saving mechanisms, environmental benefits; and*
- (c) Development of a financial structure and financial scheme for both the Government, co-financing mechanisms (including the possibility of reducing energy subsidies), and private energy providers.*

Project Objectives

The focus of the feasibility Study is to comparatively assess three not-in-kind technologies for central AC and DC; and provide technical and economical evidence to be disseminated to government officials as well as private investors. This feasibility study will address:

- Use of not-in-kind technologies
- Central A/C technology options;
- Legalization Barriers;
- Energy saving mechanisms;
- Governmental co-financing mechanism

Project Context

UNIDO and UNEP have been implementing a demonstration project for a detailed technical, financial as well as environmental and energy assessment / road map for the government for

Kuwait, in the development of Central A/C systems. The focus of the feasibility study will be a comparative analysis of three not-in-kind technologies namely deep-sea water free cooling, waste heat absorption and solar assisted chilled water absorption systems that are being considered the most promising for Kuwait.

In addition, the most suitable Not-In-Kind (NIK) cooling technology will be selected to air condition two sites, a school and a mosque. Conceptual designs are prepared, each design shall be governed by the principle of energy conservation, adopting together with conventional In-Kind (IK) cooling other suitable techniques NIK cooling techniques to provide substantial savings in operating costs.

1.0 Selection Criteria for the Two Sites

Questionnaires were prepared, see annex 1, based on a point system to help evaluate selection of the best sites/buildings suitable for application of NIK cooling technologies. Unfortunately, this selection process did not provide tangible results because the best sites selected were not assessable to a deep-seawater source, reject heat sources or downstream natural gas piping network (solar assisted absorption cooling). Eventually, general construction plans were obtained for candidate sites that are to be built by “Kuwait Public Authority for Housing Welfare (KPAHW)” and those satisfied one important NIK cooling technology; Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling.

Sites that are in the planning stage were preferred also buildings designs that are to be repetitively constructed in future at other sites.

In total four different candidate building sites were proposed by KPAHW.

Those are:

1. **A school.** The school central air-conditioning system, utilising 5 air cooled chillers, each 200 TR refrigeration capacity, total capacity 1000 TR. The school air conditioning design IK design was provided.
2. **A Medical Centre.** Comprising small operating theatres, emergency units and other medical facilities. The Medical Centre has a designed IK central air conditioning system using DX units. Unfortunately, the design documents were not complete, and it proved impossible to obtain enough data to form an accurate idea on refrigeration loads, schedule of equipment and other vital design data on time to consider this selection seriously.
3. **A small mosque.** Although the mosque architectural and civil design data were complete, no central air conditioning system was provided. This excluded the use of this mosque because of the time needed to estimate cooling loads and create a central air conditioning design.
4. **A large central mosque.** A complete central air conditioning IK design was provided. The air conditioning IK design documents were complete and were enough to get a complete and full picture on the IK design.

It was decided to select site 1 and 4 as the two designated sites for changing their air conditioning design from IK to NIK or NIK assisted by IK.

It is important to note that the selection of the sites fulfilled two important criteria:

- I. Sites are important to the country's construction policy represented by Kuwait Public Authority for Housing Welfare (KPAHW) building program.
- II. Construction plans are well developed but not too far developed that NIK cooling cannot be integrated into it.

The two buildings selected were ideally suited for Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling. This is especially important given the importance of the recommendations of increasing fresh air (outdoor air) in those applications of schools and public gathering areas.

2.0 Compilation of Technical Solutions

The relevant technical solutions chosen for the demonstration of cooling systems are examined such as fluorocarbon chillers (In- Kind cooling technology), non-fluorocarbon chillers (Not-In-Kind cooling technology), distribution piping network, load interface techniques and energy calculation methods. The compilation of technical information on relevant technical solutions chosen for the demonstration of NIK cooling systems encompass the following solutions compiled:

- Systems utilising In-Kind cooling technologies or fluorocarbon chillers.
- Systems using Not-In-Kind cooling technologies or non-fluorocarbon chillers.
 - Systems operating by deep sea cooling or cooling/heating.
 - Reject exhaust heat or flue gas streams fired absorption systems.
 - Solar assisted chilled water absorption systems.
 - Natural gas fired double effect absorption chillers/heaters systems.
 - Steam or hot water indirect fired absorption systems.
- Distribution piping networks pumping arrangements.
- District cooling for a city using reject heat in power stations
- Load interface techniques and energy calculation methods.
- Daily cooling load profile curves, diversity factors and Thermal Energy Storage (TES).

Details on each solution and suitability for the case is described in detail in annex-2.

3.0 Kuwait Climatological Conditions and the Concept of Two-stage Direct/Indirect (TSDI) evaporative cooling.

The two sites suggested by "Kuwait Public Authority for Housing Welfare (KPAHW)" were not within easy access to the Gulf for a Deep-Sea Cooling system use, nor were they near an exhaust heat source or a downstream natural gas pipeline to use with a solar assisted cooling system. The two sites were however most suited for using an NIK system, a two stage direct/indirect evaporation system. Kuwait being a low humidity country, especially in summer, makes it ideal for using the system at high efficiency when most needed. The system was adopted for both sites, as shown later.

3.1 Kuwait Climatological Conditions.

Kuwait enjoys remarkably low relative humidity conditions during summer, which makes it ideally suited for the use of TSDI evaporative cooling. Table 3.1 below shows basic Climatological readings in Kuwait, for 2002.

The year was arbitrarily chosen according to information made available. The date stated is the one at which the highest dry bulb temperature occurred for the designated month. Coincident dew point, wet bulb and relative humidity are shown.

Table 3.1 Kuwait Highest monthly dry bulb, coincident dew point, wet bulb and relative humidity.

Kuwait Date, 2002	Hour	Highest T _{db} , °C	Coincident		
			Dew point, °C	T _{wb} , °C	Relative Humid. %
09.01	14:00	23.5	6.6	13.970	33.652
14.02	15:00	25.6	-0.3	12.499	18.154
31.03	15:00	31.8	3.5	15.975	16.691
22.04	15:00	36	13.8	21.298	26.537
22.05	15:00	44.2	1.8	19.663	7.56
29.06	15:00	47.9	4.7	21.513	7.684
06.07	16:00	45.7	3.8	20.624	8.066
14.08	15:00	49.7	4	21.851	6.686
02.09	14:00	46.6	4.5	21.079	8.093
01.10	15:00	38.8	11.2	20.997	19.213
06.11	15:00	32.5	14.3	20.492	33.302
14.12	15:00	21.9	10.3	14.983	47.663

The table shows that during November, December and January the high humidity ratio shall not provide enough TSDI cooling, if needed, and IK cooling may be needed. Otherwise, in March, April May, June, July, August, September and October TSDI cooling will operate well because of the low relative humidity (19.2 % to 6.7 %). This study is based on this criterion.

The two sites/buildings are redesigned to operate primarily on TSDI evaporative units with IK chilled water or DX units assisting in times when humidity is highest, providing the bulk of the cooling capacity needed during those eight months.

Furthermore, if Thermal Energy Storage (TES) tanks of the stratified type can be added to the system in order to reduce further the installed IK capacity. TES tanks stores cooling enthalpy at off-peak times and release it at on-peak time. This helps reducing installed capacity because energy is produced at night-time, when climatic temperatures are milder, saving energy further in the order of 10 to 20 %. However the scope of the study did not permit the exploration of this novel feature.

3.2 The Concept of Two Stages direct/Indirect (TSDI) evaporative cooling

Direct evaporative cooling is an old technology, useful in low wet bulb ambient temperature regions, since it relies on reducing the conditioned air temperature by evaporating water in the stream and using the water latent heat to reduce air temperature. Indirect evaporative cooling allows cooling the air stream without raising its humidity and allow using the system in hybrid arrangements with other cooling systems. This expands the use of indirect evaporative cooling; improving its efficiency while reducing water consumption

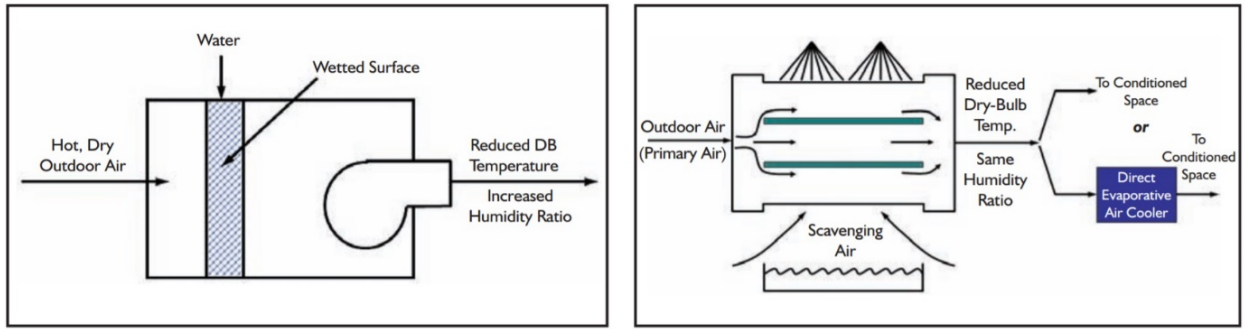


Figure 3.1: Basic direct evaporative cooler

Indirect or indirect-direct evaporative cooler.

Figure 3.1 shows a schematic diagram of both systems. Indirect evaporative cooling using a secondary stream, not in directly contact with the primary stream, cools the outdoor air. The humidity of the primary stream thus does not rise. By combining both direct and indirect evaporative cooling air cooling quality improves.

In figure 3.1 the primary air is cooled in the first stage using an air heat exchanger. Primary air, which flows inside the heat exchanger, is cooled without raising its humidity. It is then cooled again by direct evaporative cooling in the second stage and its humidity is raised. Another direct/ indirect cooling system cools the water (not the primary air) in the first stage. The cooled water flows to a fin and tube heat exchanger cooling another stream of outdoor air reducing its temperature and humidity. The second stage cools the air by evaporative cooling.



Figure 3.2: An Indirect Evaporative Cooling module.

In Figure 3.2, shows a modular indirect evaporative cooling module comprising the heat exchanger section. Figure 3.3 shows the airflow pattern in and around the heat exchanger.

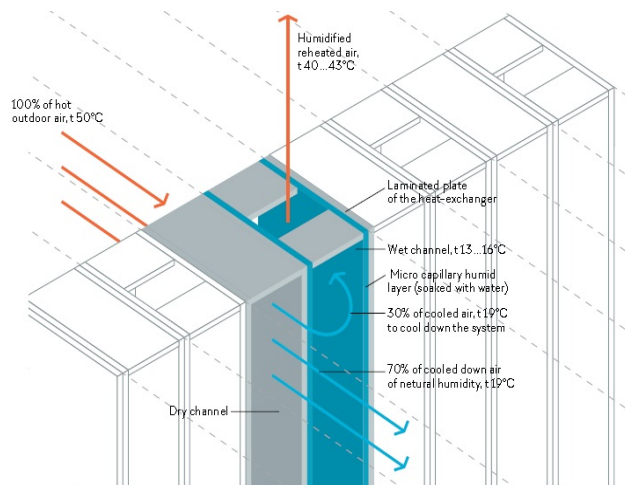


Figure 3.3: Details of air flow in and around an indirect evaporative cooling heat exchanger

Manufacturers of commercially available units claim to provide supply air at the following temperatures at 50° C conditions:

Ambient Conditions		
	Condition 1 50°C dry bulb/28°C wet bulb	Condition 2 50°C dry bulb/19°C wet bulb
Supply air		
Achieved conditions:		
Dry bulb, °C	25.7	13.8
Wet bulb, °C	21.7	3.8

The higher wet bulb temperature in the initial condition one (t db= 50 °C, t wb=28 °C), resulted in supply air at a higher t db (25.7 °C) compared to initial condition 2 (t db= 50 °C, t wb=19 °C) where supply air t db dropped to 13.8 °C.

Water consumption at those conditions is about 1.2 l/hr per kW. Water consumption may rise to about 2.5 l/hr per kW at maximum elevated dry bulb temperatures at Kuwait extreme summer conditions, when outdoor wet bulb temperatures are over 28°C, in certain climate zones, a hybrid system is used utilizing a mechanical vapour compression, an IK system, to assist until those harsh conditions are not prevailing. The system then switches back to Indirect Evaporative Cooling.

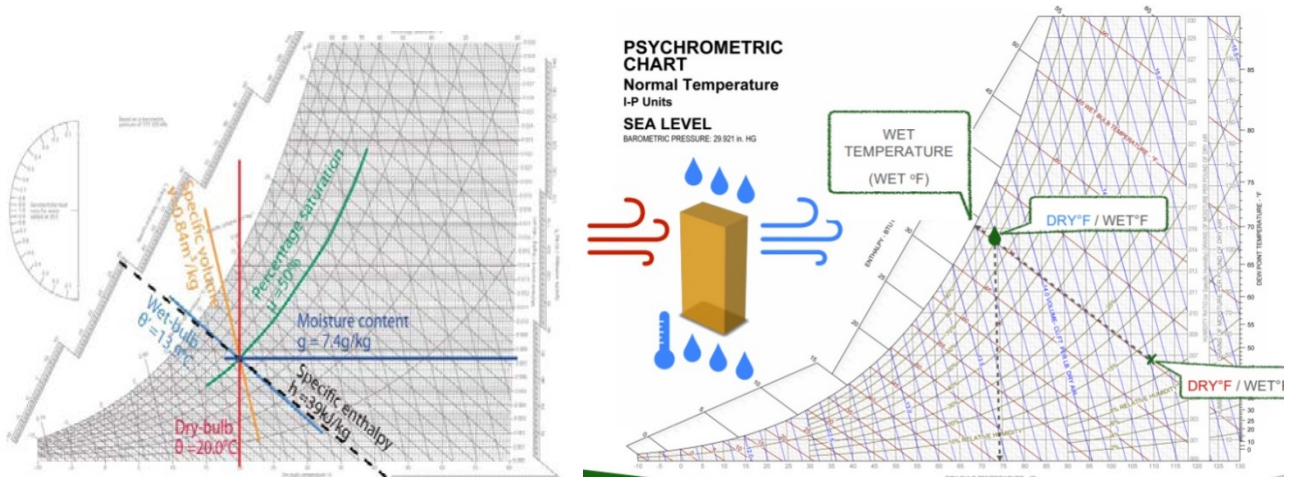
4.0 Energy Consumption comparison: TSDI evaporative cooling versus IK cooling.

4.1 Expected operational Savings of a 5000 cfm (30 TR, 106 kW) TSDI evaporative cooling unit

In sections 4.0 and 5.0 it is shown that the saving in operational cost for the two-sided selected. To demonstrate these savings, the following case study was made:

Two Stage Evaporative Cooling:

A 5000 cfm 100% outside air (Full Fresh Air) air handling unit is considered, the refrigeration capacity saving using a NIK evaporative system assisted by an IK system is calculated and compared to a full IK mechanical DX vapour compression system. Figures 4.1 and 4.2 shows the thermodynamic processes on a psychrometric chart. Figure 4.3 and 4.4 shows an isometric view of the unit, a cross section plan and the thermodynamic processes on a psychrometric chart. Figure 3.8 and 3.9 shows energy saving for Kuwait conditions in August, see table 3.1, the highest dry bulb temperature during the whole year.



Figures 4.1 and 4.2: Thermodynamic processes on psychrometric chart.

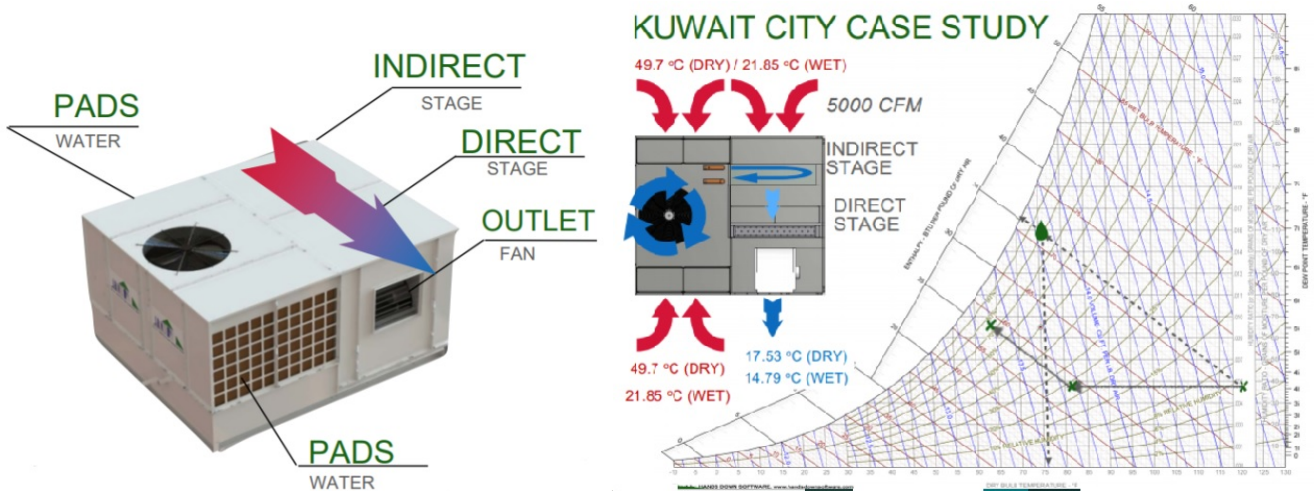


Figure 4.3 and 4.4: Isometric view of TSDI evaporative cooler and the thermodynamic processes on the psychrometric chart

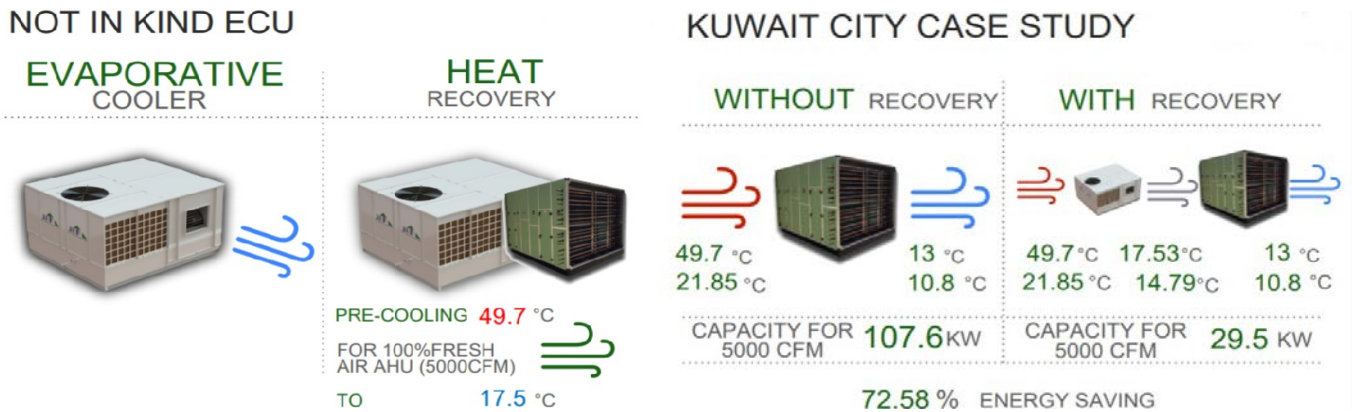


Figure 4.5 and 4.6: Energy saving for Kuwait maximum summer conditions, August 2002.

In this TSDI evaporative cooling system the first stage cools water located in the LHS of the unit in figure 3.6. Cooled water flows to the indirect stage, the RHS of the unit, in turn cools outdoor air passing through this second stage. Evaporative cooling then cools the air at the last stage. Figures 3.8 and 3.9 show the outdoor air conditions:

- Initial Kuwait conditions, August 14th at 15:00: t db= 49.7 °C, t wb= 21.851 °C and RH= 6.686 %.
- Conditions exiting NIK TSDI unit : t db= 17.53 °C, t wb= 14.79 °C
- Conditions exiting IK DX unit : t db= 13 °C, t wb= 10.8 °C.
- Refrigeration capacity saved by using TSDI evap. Cooling: 78.1 kW or 72.58 % saving.

Savings for a 5000 cfm DX unit, with a refrigeration capacity of 107.6 kW (30.6 TR) are calculated to be about 73 % compared to a full IK cooling system. Refrigeration capacity of the IK DX unit drops to 29.5 kW (8.5 TR) or about 27.5 % of original IK capacity.

Total water Consumption is 178.16 l/hr total or 178.17/ 78.58 = 2.28 l/hr per kW at maximum dry bulb conditions of the year, 14th of August 2002.

4.2 Outdoor Air (Fresh Air) as opposed to Recirculated Air.

The IK central air conditioning design was based on limited fresh air requirements, about 15 % of air supply. This is to limit the necessity to cool outdoor air from design conditions (48 °C) to return air conditions, which can constitute a sizable load. This is specially so given the outdoor air requirements for a public assembly place where over 1000 worshipers may be attending at one time, during important religious occasions.

Alternatively, the advantages of air conditioning with full outdoor air for a public gathering place are several: outdoor air will provide better Indoor Air Quality (IAQ) and help reduce possible diseases cross contamination as well as help get rid of bacterial odour.

Given these conditions, it was thought that a full fresh air (outdoor air) TSDI evaporative cooling hybrid system would have an important advantage compared to a recirculated air system. This system was thus adopted.

4.3 Weather Data for Kuwait for the whole year, hour by hour.

Table 4.1 Supply air temperature spread chart for an entire year and Weather data.

Location: Kuwait City - Kuwait								
Hourly Weather Data Source: EnergyPlus								
Based on SAT Formulae for WBT Calculation on 27.11.2015								
SUPPLY AIR TEMP IN °C	VENTILATION		DIRECT EVAPORATIVE COOLING (DEC)		INDIRECT EVAPORATIVE COOLING (IEC)		INDIRECT - DIRECT EVAPORATIVE COOLING (IDEC)	
	Ambient Air (No cooling)		Adiabatic Cooling		Sensible Cooling		Two Stage Cooling	
	No of Hrs	in %	No of Hrs	in %	No of Hrs	in %	No of Hrs	in %
S A Temp ≤ 14	1171	13%	2704	31%	2142	24%	5507	63%
S A Temp 14.01 - 16.00	474	5%	1068	12%	892	10%	1596	18%
S A Temp 16.01 - 18.00	618	7%	1038	12%	1040	12%	830	9%
S A Temp 18.01 - 20.00	576	7%	1224	14%	914	10%	401	5%
S A Temp 20.01 - 22.00	528	6%	1712	20%	1198	14%	226	3%
S A Temp 22.01 - 24.00	463	5%	770	9%	1535	18%	146	2%
S A Temp 24.01 - 26.00	480	5%	213	2%	857	10%	52	1%
S A Temp 26.01 - 28.00	545	6%	31	0%	166	2%	2	0%
S A Temp 28.01 - 30.00	524	6%	0	0%	16	0%	0	-----
S A Temp 30.01 - 32.00	514	6%	0	0%	0	0%	0	-----
S A Temp 32.01 - 34.00	518	6%	0	-----	0	0%	0	-----
S A Temp 34.01 - 36.00	482	6%	0	-----	0	-----	0	-----
S A Temp 36.01 - 38.00	429	5%	0	-----	0	-----	0	-----
S A Temp 38.01 - 40.00	368	4%	0	-----	0	-----	0	-----
S A Temp 40.01 - 42.00	333	4%	0	-----	0	-----	0	-----
S A Temp ≥ 42.01	737	8%	0	-----	0	-----	0	-----
	8760		8760		8760		8760	

Table 4.1 shows the supply air temperature spread chart for an entire year weather data. These data were obtained from EnergyPlus™. The U.S. Department of Energy’s (DOE) Building Technologies Office (BTO) funds EnergyPlus. The National Renewable Energy Laboratory (NREL) manages it. EnergyPlus is developed in collaboration with NREL, various DOE National Laboratories, academic institutions, and private firms. EnergyPlus™ is a whole building energy simulation program that engineers, architects, and researchers use to model both energy consumption—for heating, cooling, ventilation, lighting and plug and process loads—and water use in buildings. To highlight the operational saving of a hybrid TSDI evaporative cooling unit compared to a DX unit for Kuwait, complete average hourly data for a whole year of IK cooling system and TSDI evaporative cooling system were calculated:

1- Complete average hourly daily data for Kuwait, for a whole year, compiled from 30 years period. These are:

- Ambient air conditions : T_{db} , T_{wb} , moisture, enthalpy.
- Conditions of air after TSDI evaporative cooler: WBD (wet bulb depression), WBE (wet bulb efficiency- $WBE = 13.63 \ln(WBD) + 42$), T_{db} after Dry Air Moist Air heat exchanger.
- Load on cooling coil: with or without evaporate cooling per cfm for an entire year.

2- A worked example for energy consumption of a 5 TR TSDI evaporative cooling unit compared to a DX unit of the same capacity.

These data were obtained with the kind assistance of reference 9. References 10 and 11 offered data and assistance in producing this report.

Figure 4.7 shows a screen shot of the excel sheet showing the energy consumption results.

Analysis of TR/CFM for Kuwait - only for AC hours, when IDEC can't meet comfort needs

Abbreviations:	
DBT	Dry Bulb Temp in °C
WBT	Wet Bulb Temp in °C
Moisture	Specific Humidity in [kgWater/kgDryAir]
Enthalpy	in kJ /kg

SUPPLY AIR - OFF COIL CONDITIONS	
DBT	14.57 °C
WBT	13.71 °C
Moisture	0.00946 kg/kg
Enthalpy	38.586 kJ/kg

WBD= wet bulb depression

WBE= wet bulb efficiency

WBE=13.63 ln(WBD)+42

S. No.	Month	Date	Time	Ambient Air conditions				Condition of Air after IEC				Load on cooling coil			
				DBT	WBT	Moisture	Enthalpy	WBD	WBE	DBT-DAMA	Moisture	Enthalpy	Without IEC or ERW	With IEC	
8485	12/20	13:00:00		20.23	16.00	0.00900	44.722	4.23	50%	18.12	0.010	42.457	6.150	3.890	
8486	12/20	14:00:00		20.46	15.57	0.00904	43.528	4.89	50%	18.02	0.009	40.931	4.960	2.364	
8490	12/20	18:00:00		18.74	15.06	0.00917	42.086	3.88	50%	16.90	0.009	40.122	3.529	1.556	
8491	12/20	19:00:00		17.27	15.15	0.00986	42.337	2.12	50%	16.21	0.010	41.165	3.770	2.598	
DAMA= Dry Air-Wet Air= IEC												Total: Load on Coil for 1 Year (kJ/kg)		61999.727	23987.147
												Load on coil in Btu/lb		26865.11	10261.04
												Load on coil in Btu/CFT		1996.12	768.42
												Load on Coil in Btu/Hr		119767.27	46105.09
												Load on coil per CFM for an entire year (TRH)		9.98	3.84
												Savings by using IEC		6.14	
Notes:															
Conversion: 1 kJ/kg = 0.429923 btu/lb												For 1 CFM		3.84	
P.S: Density of air @ STP = 0.074887 lb/cft												For 2500 CFM		9605.2	
Air flow rate taken as 1 CFM, hence per hour qty of air = 60 CFT															

Figure 4.7: Screen shot of results.

4.4 Energy Consumption Comparison.

Table 4.2 shows the energy consumption comparison between two systems both nominally at 5 TR capacity: a DX system and a TSDI evaporative cooling system assisted by a DX cooling coil and condensing unit.

The reason this energy consumption is made is to demonstrate the energy savings given the operational conditions for Kuwait over a whole year.

The comparison shows a considerable saving when using a Hybrid TSDI unit compared to a DX unit, air-cooled. However, certain assumption were made.

Assumptions:

- The system operates on Full Fresh Air, except for 683 hrs. (Of 8670 hrs. - 7.8 % of total operational hrs.) when more cooling is needed than the nominal 5 TR DX coil installed, see note 1 and 2 below.
- If a Full fresh air model is used, during the 683 hrs. there will be a need for a larger DX coil- up to 16.9 TR. This system has not been contemplated. It was thought that reverting to a recirculated air during those 683 hrs. is justifiable, given the added expenses needed if a full fresh air system was used at all hrs.
- Even with a larger coil, 16.9 TR, there are some 5 hrs. when the refrigeration capacity is larger than 16.9 TR. Those five hours (0.057 % of the years) are not considered since we shifted to a recirculated system at the critical 683 hrs.
- The cost of the control system that switches to recirculated air for 683 hrs. is taken into consideration when comparing capital costs.

Table 4.2: Energy Consumption Comparison - 5 TR DX recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling

s. n	IK System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.	NIK evaporative Hybrid System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.
1	System Description: System 1: Recirculated Air Re-circulation rooftop packaged AC unit. 2500 cfm.	5		System Description: System 2: 100 % FA TSDI evaporative system with DX coil. DX hybrid operates when supply air temperature is above 14.6°C and dew point is above 12.9 °C, to meet room conditions of 23.9 °C & 50 % RH.	Up to 16.9 TR	-16.9 TR for Full Fresh Air Or -5 TR and Recirculated DX air for 683 hrs per year. ⁽²⁾
2	Energy Consumption hours: - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity			Energy Consumption hours: Hour's analysis shows: - 3892 hrs. needed with DX hybrid cooling. - 4868 hrs. with TSDI evap. Cooling will fulfil T _{db} = 14.6 °C and T _{dp} = 12.9 °C.	Note (1)	
3	Unit's own energy consumption: Included in 1.5 Kw/TR			Unit's own energy consumption: For TSDI operation hours, without cooling, with 0.6 kW/1000 CFM and 90% diversity -0.6 x (2500/1000) x 4868 x 0.9		6,572
4	Energy consumption: 7200 x 5 x 1.5x 0.8 Hr x TR x kW/hr		43,200	Energy consumption for DX Hybrid operating hours - 3.84 x 2500 x 1.5		14,400
5	Total Energy Consumption:		43,200	Total Energy Consumption: 3 + 4		20,972
6	Total Energy Saving:		22,228	(51.4 % saving)		

Note (1): **Cooling Mode, Operational Hours and Tonnage.**

Operational Hours per Year.			
TSDI unit operational without cooling	TSDI unit operational & DX coil, max 5 TR	TSDI unit operational & DX coil, > 5 TR	Total
4868	3209	683 ⁽²⁾	8760

Note (2): **Operational Hours and Tonnage over 5 TR**

Operational Hours per Year.				
16.0 – 16.9 TR	12.1 – 16.0 TR	8.1 – 12.0 TR	5.1 – 8.0 TR	Total
5	81	244	353	683

Table 4.3: Budgetary Cost, Electric and Water Consumption of all Air Handling Unit Types.

AHU Description			Utility requirement			Budgetary price CIF Kuwait Port / CFM
SN	Type	Cooling Description	Power (kW/ 1000 CFM)	Water (Annual average) LPH/ 1000 CFM	Water (Peak time consumption) LPH/ 1000 CFM	
1	TSDI evap. Cooling.	1. Indirect cooling stage 2. Direct (adiabatic) stage	0.6 kW	8 LPH	13 LPH	USD 2 / CFM
2	One Stage Indirect Evap. Cooling Only.	1. Indirect cooling stage	0.45 kW	6 LPH	11 LPH	USD 1.6 / CFM
3	TSDI evap. Cooling with cooling coil (CW or DX)	1. Indirect cooling stage 2. Cooling & dehumidification with CW/DX coil	0.8 kW (CW or DX coil press drop considered)	6 LPH	11 LPH	USD 3 / CFM
4	Typical AHU with cooling coil (CW or DX).	Cooling & dehumidification with CW/DX coil	0.6 kW (CW or DX coil press drop considered)	none	none	USD 1.5 / CFM

Table 4.4: Official Prices of Electricity and Water- Kuwait (Published in Arabic)

أولاً: تُحدد تعرفة وحدة الكهرباء على النحو الآتي:

سعر التعرفة لكل كيلو وات . ساعة (فلس)	القطاع
فلس (25)	الحكومي
فلس (5)	الإستثماري و التجاري
فلس (5)	الصناعي و الزراعي
فلس (3)	الصناعي والزراعي المنتجين (المنشآت ذات العلاقة)
فلس (12)	الأخرى (باستثناء قطاع السكن الخاص)
فلس لكل (ك.فار)	الطاقة غير الفعالة للمنشآت الصناعية والتجارية والحكومية

ثانياً: تُحدد تعرفة وحدة المياه العذبة على النحو الآتي:

سعر التعرفة لكل ألف جالون إمبراطوري شهرياً (دينار)	القطاع
د.ك (4)	الحكومي
د.ك (2)	الإستثماري و التجاري
د.ك (2)	الأخرى (باستثناء قطاع السكن الخاص)
د.ك (1.250)	الصناعي و الزراعي
فلس (750)	الصناعي والزراعي المنتجين (المنشآت ذات العلاقة)
فلس (500)	محطات تحلية المياه

The First Site

5.0 TSDI evaporative cooling system for a Direct Expansion (DX) central A.C. system of a Mosque

5.1 Estimated cooling load.

The Kuwait Public Authority for Housing Welfare (KPAHW) provided IK design drawings for a major mosque in the Capital, Kuwait City. The design provided, was a central air conditioning system made utilizing roof top DX air cooling packaged units.

In that original IK design, the nominal cooling load of the building is 81 TR. The hybrid system envisaged includes both two stage direct Indirect (TSDI) evaporative cooling assisted by a DX cooling coil to operate when the relative humidity is high to the extent that the TSDI system cannot reach the off coil design conditions.

Eventually the hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by the DX system will provide much less energy consumption than a DX system. This is shown in the financial study.

There was no need to increase the installed DX coil capacity, to deal with the critical 683 hrs., when the TSDI system cannot deal with the load. In these hrs., the system reverted to a recirculated air system during those 683 hrs., as opposed to a full fresh air system for the all other operating hrs.

5.2 Modified Conceptual Design of the Plant Incorporating TSDI evaporative cooling system.

Figure 5.1 shows a schematic diagram of the Hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a DX cooling coil system.

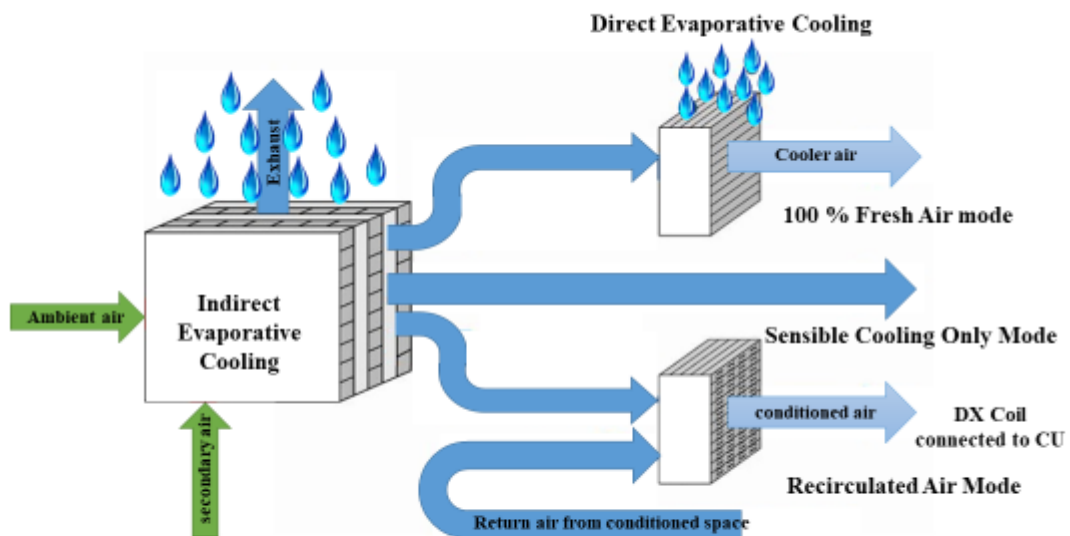


Figure 5.1: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a DX cooling coil

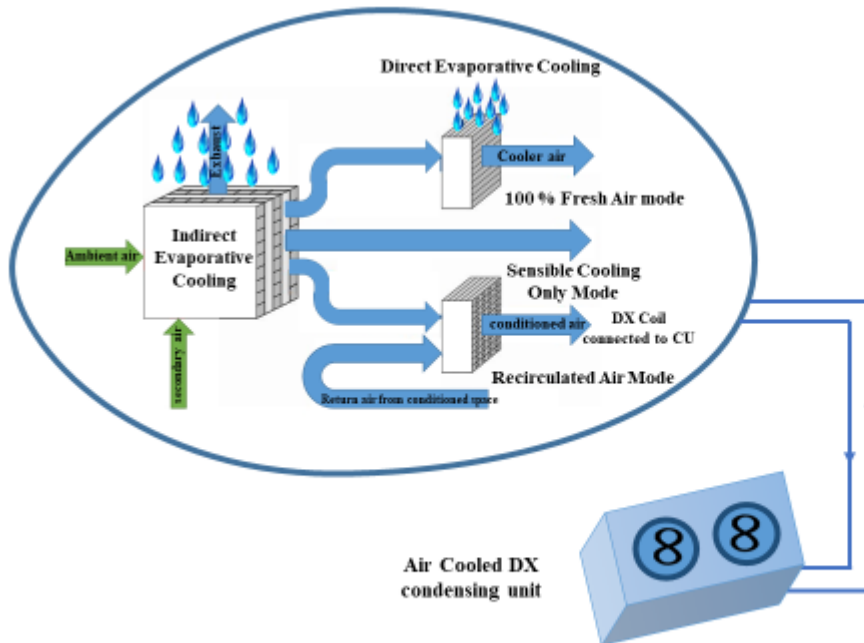


Figure 5.2: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system with DX coil connected to air cooled condensing unit

5.3 Operational savings of the Hybrid NIK assisted by IK system.

Table 5.1 for the mosque cooling energy comparison, compares both IK cooling system and NIK TSDI cooling system assisted by DX coils.

The reason energy consumption is made is to demonstrate the energy savings given the operational conditions for Kuwait over a whole year.

The comparison shows a considerable saving when using a Hybrid TSDI unit compared to a DX unit, air-cooled. However, certain assumptions were made.

Assumptions:

- The system operates on Full Fresh Air, except for 683 hrs. (Of 8670 hrs. - 7.8 % of all operating time) when more cooling is needed than the nominal 800 TR DX coil installed, see note 1 and 2 below.
- If a Full fresh air model is used, during the 683 hrs. Then a much larger need TSDI system would be needed - This system has not been contemplated because of its added unjustified extra expenses. It was assumed that air was recirculated during those 683 hrs. only.
- The cost of the control system that switches to recirculated air for the 683 hrs. is taken into consideration when comparing capital costs.

Table 5.1: Energy Consumption Comparison - 81 TR DX recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling for a mosque.

s. n	IK System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.	NIK evaporative Hybrid System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.
1	System Description: System 1: Recirculated Air Re-circulation rooftop packaged AC unit. Total cfm 40,500.	81		System Description: System 2: 100 % FA TSDI evaporative system with DX coil. DX hybrid operates when supply air temperature is above 14.6°C and dew point is above 12.9 °C, to meet room conditions of 23.9 °C & 50 % RH.	81	- 81 TR and Recirculated DX air for 683 hrs per year. ⁽²⁾
2	Energy Consumption hours: - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity			Energy Consumption hours: Hour's analysis shows: - 3892 hrs. needed with DX hybrid cooling. - 4868 hrs. with TSDI evap. Cooling will fulfil T _{db} = 14.6 °C and T _{dp} = 12.9 °C.	Note (1)	
3	Unit's own energy consumption: Included in 1.5 Kw/TR			Unit's own energy consumption: For TSDI operation hours, without cooling, with 0.6 kW/1000 CFM and 90% diversity -0.6 x {(500X 81)/1000} x 4868 x 0.9		106,463
4	Energy consumption: 7200 x 81 x 1.5x 0.8 Hr x TR x kW/hr		699,840	Energy consumption for DX Hybrid operating hours - 3.84 x 500 X 81 x 1.5		233,280
5	Total Energy Consumption:		699,840	Total Energy Consumption: 3 + 4		339,743
6	Total Energy Saving: kW.hrs/year			360,097 (51.5 % saving)		

Note (1) & (2): **Cooling Mode, Operational Hours and Tonnage.**

Operational Hours per Year.			
TSDI unit operational without cooling	TSDI unit operational & DX coil, max 81 TR	TSDI unit operational & DX coil, > 81 TR	Total
4868	3209	683 ⁽²⁾	8760

The Second Site

6.0 TSDI evaporative cooling system for a Chilled Water system air conditioning of a School.

The first site selected is a school. The school air conditioning original IK design was completed, and utilised an air cooled chilled water system connected to a chilled water-piping network to air handling units and fan coil units. The system incorporates a small number of split units (3) and one packaged unit

6.1 Estimated Cooling Load of the system.

About 800 TR (4 x 200 TR chillers + 1 x 200 TR stand-by chiller).

6.2 Modified Conceptual Design of the Plant Incorporating TSDI evaporative cooling system.

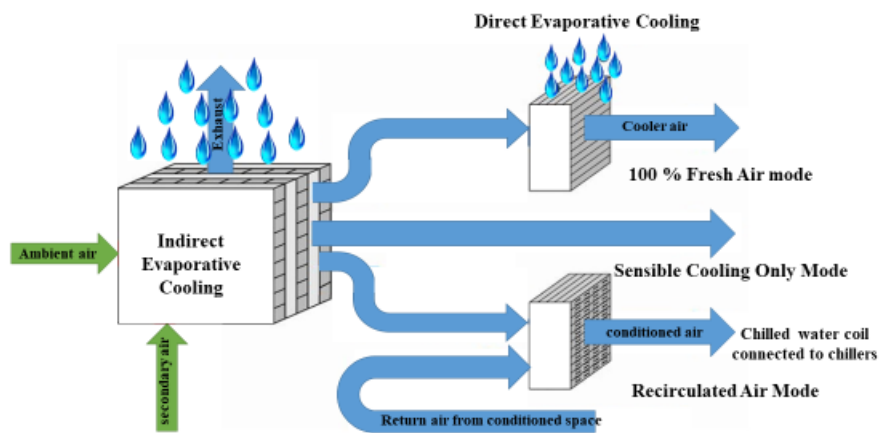


Figure 6.1: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a chilled water cooling coil

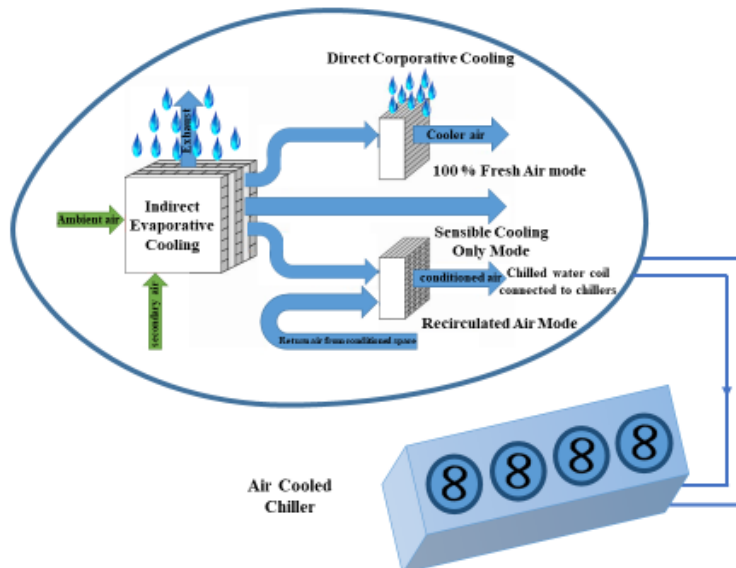


Figure 6.2: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by chilled water coil connected to air cooled chiller

6.3. Operational savings of the Hybrid NIK assisted by IK system.

Table 6.1 for the energy consumption of the school air conditioning systems, compares both NIK cooling system assisted by the air cooled chilled water system IK cooling system with the original design of an IK air cooled chilled water system only.

The reason this energy consumption is made is to demonstrate the energy savings given the operational conditions for Kuwait over a whole year.

The comparison shows a considerable saving when using a Hybrid TSDI unit compared to a DX unit, air-cooled. The financial study shows these savings in detail. However, certain assumption were made.

Assumptions:

- The system operates on Full Fresh Air, except for 683 hrs. (Of 8670 hrs. - 7.8 % of the whole operating time) when more cooling is needed than the nominal 800 TR DX coil installed, see note 1 and 2 below.
- If a Full fresh air model is used, during the 683 hrs. Then a much larger need TSDI system would be needed - This system has not been contemplated because of its added unjustified extra expenses It was assumed that air was recirculated during those 683 hrs. only.
- The cost of the control system that switches to recirculated air for the 683 hrs. is taken into consideration when comparing capital costs.

Table 6.1: Energy Consumption Comparison - 800 TR CW recirculated vs. Full FA Hybrid TSDI evap. cooling for a school.

s. n	IK System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.	NIK Evap. Hybrid System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.
1	System Description: System 1: Recirculated Air Re-circulation rooftop AHU, Chilled water unit. 500 X 800 cfm.	800		System Description: System 2: 100 % FA TSDI evaporative system with DX coil. DX hybrid operates when supply air temperature is above 14.6^oC and dew point is above 12.9^oC, to meet room conditions of 23.9^oC & 50 % RH.	800	-800 TR and Recirculated DX air for 683 hrs per year. ⁽²⁾
2	Energy Consumption hours: - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity			Energy Consumption hours: - Hour's analysis shows: -3892 hrs needed with DX cooling. - 4868 hrs with TSDI evap. Cooling will fulfil T _{db} = 14.6 ^o C and T _{dp} = 12.9 ^o C.		
3	Unit's own energy consumption: Included in 1.5 Kw/TR Diversity 80 %			Unit's own energy consumption: 0.6 kW/TR, Diversity 90 %. -0.6 x {(500 x 800)/1000} x 4868 x 0.9		1,051,488
4	Energy consumption: 7200 x 800 x 1.5x 0.8 Hr x TR x kW/hr		6,912,000	Energy consumption for DX Hybrid operating hours: - 3.84 x 500 x 800 x 1.5		2,304,000
5	Total Energy Consumption:		6,912,000	Total Energy Consumption: 3+4		3,355,488
6	Total Energy Saving: kW.hrs/year			3,556,512 (51.5 % saving)		

Note (1) & (2): Cooling Mode, Operational Hours and Tonnage.

Operational Hours per Year.			
TSDI unit operational without cooling	TSDI unit operational & DX coil, max 800 TR	TSDI unit operational & DX coil, > 800 TR	Total
4868	3209	683 ⁽²⁾	8760

7.0 Capital Costs, Operating Costs for the Financial Analysis and Summary Technical Results.

7.1 Assumptions for the breakdown of capital and operational costs of the Mosque and School.

This section is devoted to obtaining the following two items:

- Capital and operating parameters needed for the financial analysis part of the study in order to obtain the basic financial indicators to prove whether the system is viable or not for Kuwait, from a financial economic point of view.
- Provide an overall summary of technical results obtained, in order to simplify access to information regarding the technical part of the study.

In order to reach the first point, certain assumptions were made. Those are listed below:

The Mosque

- The IK central air conditioning system consists of seven packaged roof top direct expansion (DX) units. Those incorporate seven air handling unit section with a DX coil and a condensing unit section
- The capacities of the packaged units are between 5 and 20 TR.
- All packaged units are designed with 15 % fresh air and 85 % recirculated air.
- The packaged units are connected to a ductwork, both supply, return and an air distribution grilles and diffusers.
- The total installed capacity of the system is 81 TR.
- A small number of split units, exhaust fans and electric heaters will remain as they are in the NIK design.
- The proposed NIK design is to replace the packaged units with a Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling air handling units quipped with a DX coil connected to condensing units.
- The individual and aggregated capacity of the NIK system remains the same at 81 TR.
- The NIK system will be a full fresh air system to improve indoor air quality inside the mosque, except for 683 hrs. a year when humidity is too high, the system will then automatically shift to recirculated air with 15 % fresh air.

The School

- The IK central air conditioning system consists of several air handling unit sections equipped with a chilled water-cooling coil connected to five air-cooled chillers (4 +1 stand-by).
- The total aggregated capacities of the air-handling units is 800TR.
- All AHU are designed with 15 % fresh air and 85 % recirculated air.
- The AHUs are connected to a ductwork, both supply, return and an air distribution grilles and diffusers.
- The total installed capacity of the system is 1000 TR.
- A small number of split units, exhaust fans and electric heaters will remain as they are in the NIK design.
- The proposed NIK design is to replace the AHUs with a Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling air handling units quipped with a chilled water coils connected to the air cooled chillers.
- The individual and aggregated capacity of the NIK system remains the same at 800 TR.
- The NIK system will be a full fresh air system to improve indoor air quality inside the school, except for 683 hrs. a year when humidity is too high, the system will then automatically shift to recirculated air with 15 % fresh air.

7.2 Breakdown of Capital and Operating Costs of the Mosque.

Table 7.1: Breakdown of Capex and Opex for the Mosque-Kuwait.

Sn.	Item	As indicated	US \$	Remarks
A	<p>Major Data for Not-In-Kind technology using TSDI evaporative cooling system.</p> <p>System Description: 100 % FA, except 683 hrs when system shift to recirculated air. TSDI evaporative system with DX coil. DX hybrid operates when supply air temperature is above 14.6°C and dew point is above 12.9 °C, to meet room conditions of 23.9 °C & 50 % RH</p>			
	Total Aggregated AHUs Installed Capacity, TR	81		Comprises all AHUs capacities. According to table 4.5
	Unit's own electric energy consumption, kW.h/year: For TSDI operation hours, without cooling, with 0.8 kW/1000 CFM and 90% diversity $-0.8 \times \{(500 \times 81)/1000\} \times 4868 \times 0.9$	141,950		500 cfm per TR. According to table 5.1
	Electric Energy consumption for DX Hybrid operating hours, kW.h/year: $- 3.84 \times 500 \times 81 \times 1.5$	233,280		According to table 5.1
	Total Electric Energy consumption yearly: kW.h/yr.	375,230		
	Water Consumption, litre per year: $6 \times \{(500 \times 81)/1000\} \times 3209$	779,787		Table 4.5
I	Capital Costs Breakdown:			
1	Cost of AHUs with TSDI evaporative cooling and DX coils: $3 \times 500 \times 81$		121,500	Table 4.5
2	Automatic control system to switch to recirculated mode during hours when full fresh air will need for than 81 TR aggregated capacity- 683 hr. $81 \times 500 \times 0.2$		8,100	See note (2), table 4.5 and USD 0.2 / cfm
	Total Capital Cost		129,600	
II	Operating Costs			
	Cost of Electric Energy Consumption per year: $\{(375,230 \times 25)/1000\} \times 3.27$		30,675	Based on 1 kW.h= 25 Fil. 1 K.D= 1000 Fil.

				1 K.D =1 USD3.27
	Cost of water consumption per year: { (779, 787 / 4.54609) /1000} x4x3.27		2,244	4 KD /1000 Imp. Gallon 1 Imp. Gallon= 4.54609 l.
	Total Yearly Operating Costs		32,919	
SN	Item	As indicated	US \$	Remarks
B	Major Data for In-Kind DX System. System Description: Recirculated Air Re-circulation rooftop packaged AC unit. Total 40,500 cfm.			
	Total Aggregated AHUs Installed Capacity, TR:	81		
	<i>Unit's own electric energy consumption, kW.h/year:</i> - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity 7200 x 81 x 1.5x 0.8 Hr x TR x kW/hr	699,840		
I	Capital Cost:			
	Cost of AHUs with DX coils: 81 x 500 x 1.5		60,750	From Table 4.5
	Total Capital Costs		60,750	
II	Operating Cost:			
	Cost of electric energy consumption per year, hr x TR x kW/hr x diversity x rate and 80 % diversity : 7200 x 81 x 1.5x 0.8 x 25/1000 x 3.27		57,212	See Table 5.1
	Total yearly operating costs		57,212	

7.3 Breakdown of Capital and Operating Costs of the School.

Table 7.2: Breakdown of Capex and Opex for the School-Kuwait.

Sn.	Item	As indicated	US \$	Remarks
A	<p>Major Data for Not-In-Kind technology using TSDI evaporative cooling system.</p> <p>System Description: 100 % full fresh air TSDI evaporative system with chilled water coil. Chilled Water hybrid operates when supply air temperature is above 14.6^oC and dew point is above 12.9^oC, to meet room conditions of 23.9^oC & 50 % RH.</p>			- 800 TR and Recirculated chilled water cooled air for 683 hrs per year. ⁽²⁾
	Total Aggregated AHUs Installed Capacity, TR	800		Comprises all AHUs capacities. According to table 4.5
	<p>Unit's own electric energy consumption, kW.h/year: 0.8 kW/TR, Diversity 90 %. -0.8 x {(500 x 800)/1000} x 4868 x 0.9</p>	1,401,984		500 cfm per TR. table 6.1 and table 4.5
	<p>Electric Energy consumption for chilled water Hybrid operating hours, kW.h/year: -3.84 x 500 x 800 x 1.4</p>	2,150,400		According to table 6.1
	Total Electric Energy consumption yearly: kW.h/yr.	3,552,384		
	<p>Water Consumption, litre per year: 6 x {(500 x 800)/1000} x 3209</p>	7,701,600		Without 682 hrs when CW coil operational. 3892-683=3209 Tables 4.5 and 6.1
I	Capital Costs Breakdown:			
1	<p>Cost of AHUs with TSDI evaporative cooling and chilled water coils: 3 x 500 x 800</p>		1,200,000	Table 4.5
2	<p>Automatic control system to switch to recirculated mode during hours when full fresh air will need for than 81 TR aggregated capacity- 683 hr. 800 x 500 x 0.2</p>		80,000	See note (2), table 4.5 and USD 0.2 / cfm
	Total Capital Cost		1,280,000	
II	Operating Costs			
	<p>Cost of Electric Energy Consumption per year: {(3,552,384 x 25)/1000} x 3.27</p>		290,407	Based on 1 kW.h= 25 Fil. 1 K.D= 1000 Fil

				1 K.D =1 USD3.27
	Cost of water consumption per year: {(7,701,600 / 4.54609) /1000} x4x3.27		22,159	4 KD /1000 Imp. Gallon 1 Imp. Gallon= 4.54609 l.
	Total Yearly Operating Costs		312,566	
SN	Item	As indicated	US\$	Remarks
B	Major Data for In-Kind Chilled Water System. System Description: Recirculated Air, Re-circulation rooftop AHU, Chilled water unit. 500 X 800 = 400,000 cfm.			
	Total Aggregated AHUs Installed Capacity, TR:	800		
	Unit's own electric energy consumption, kW.h/year: - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity (Hr x TR x kW/hr) 7200 x 800 x 1.4x 0.8	6,451,200		
I	Capital Cost:			
	Cost of AHUs with chilled water coils: 800 x 500 x 1.5		600,000	From Table 4.5
	Total Capital Costs		600,000	
II	Operating Cost:			
	Cost of electric energy consumption per year, hr x TR x kW/hr x diversity x rate and 80 % diversity : 7200 x 800 x 1.4x 0.8 x 25/1000 x 3.27		527,386	See Table 6.1
	Total yearly operating costs		527,386	

7.4 Summary Technical Results.

The aim of the study is to analyse Not-In-Kind (NIK) cooling technologies for central air conditioning applications for Kuwait that have low GWP as well as provide significant energy efficiency savings.

Questionnaires were prepared to choose two sites where the air conditioning systems of buildings are designed for central system application by traditional electric system once for direct expansion (DX) and another for chilled water (CW) application.

The Kuwait EPA, the official entity that commissioned the study, has been providing guidance and assistance to us in filling questionnaires through information received from "Kuwait Public Authority for Housing Welfare" (KPAHW). General construction plans were obtained from KPAHW for candidate sites that are to be built by them and were to be centrally air conditioned by either a DX or a CW system. Four building sites were used to fill the questionnaires, those are:

1. **A school.** The school central air-conditioning system, utilising 5 air cooled chillers, each 200 TR refrigeration capacity, total capacity 1000 TR. The school air conditioning design IK design was provided.
2. **A Medical Centre.** Comprising small operating theatres, emergency units and other medical facilities. The Medical Centre has a designed IK central air conditioning system using DX units. Unfortunately, the design documents were not complete, and it proved impossible to obtain enough data to form an accurate idea on refrigeration loads, schedule of equipment and other vital design data on time to consider this selection seriously.
3. **A small mosque.** Although the mosque architectural and civil design data were complete, no central air conditioning system was provided. This excluded the use of this mosque because of the time needed to estimate cooling loads and create a central air conditioning design.
4. **A large central mosque.** Complete with central air conditioning IK design was provided. The air conditioning IK design documents were complete and were enough to get a complete and full picture on the IK design.

Selection number 1 and 4 proved best specially since their IK design was completed and could be modified to NIK as well as both were provided with either DX or CW systems design and were soon to be constructed.

Several NIK system were considered such as: deep sea cooling, cooling by the use of reject heat, natural gas fired absorption chiller and solar assisted absorption chiller cooling. Lastly Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling was considered. The latter NIK system was chosen because the unusual climatological conditions of Kuwait. Analysis of the climatological data over the last 30 years revealed that the relative humidity in Kuwait throughout summer is remarkably low. This dry summer ambient made TSDI evaporative ideally positioned for air conditioning. The system does not utilize refrigerants except water (no GWP) and is known for its low energy consumption.

The technical study looked at both sites and changed the original IK designs to a TSDI evaporative system assisted by the original IK system. Energy consumption was calculated throughout the year and design schematic diagram were made for the new systems.

The preliminary results made for the calculation of energy consumed by the technical study shows there are savings for the NIK assisted by IK system of about 52 % when compared to a traditional electric IK system.

The technical study shows also that the NIK system assisted by IK improves the Indoor Air Quality (IAQ) for occupants by using primarily full fresh air in both mosque and school thus enhancing greatly the way of life reducing cross contamination and renewing air reducing unwanted odours as well as reducing greatly the carbon footprint.

The technical study explains in detail the steps taken and justify the energy savings obtained. The study then made a cost breakdown of capital and operating cost to be used in the financial part of the study to calculate with a high degree of accuracy the energy savings and capital cost, cost break even, return on investment and other financial parameters.

The financial study justified the additional capital cost needed to adopt a TSDI evaporative system assisted by the original IK system and calculated more accurately those savings. In the financial study the system not only recoup its additional expenses in a limited short number of years but also shows the system can be adopted for other central system applications.

Further work will be needed to check empirically these results by building two prototypes: one DX and another CW, and monitor the operational results to disseminate the new technology in Kuwait.

References

- 1 Natural Cold Water District Cooling Plants Enabled by Directional Drilling, ASHRAE CRC, Cairo, October 2010. <http://www.cotherma.com/Press%20Release%20-%20Climate%20Change%20with%20Innovation.pdf?Type=fpaper&pcode=1030>
- 2 The AC of Tomorrow? Tapping Deep Water for Cooling. National Geographic, 20 October 2017.
- 3 US National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, has National Centres for Environmental Information (NCEI), <https://www.ncei.noaa.gov/about>.
- 4 UNEP, 2015: District Energy in Cities—Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy.
- 5 A. A. Olama, District Cooling, theory and practice, Taylor and Francis CRC Press, Boca Raton, USA, 2017. www.CRCpress.com
- 6 S. Frederiksen, S. Werner, District Heating and Cooling, Studentlitteratur AB Lund, Sweden, 2013. www.studentlitteratur.se
- 7 ASHRAE District Cooling Guide, ASHRAE Atlanta, Georgia, USA, 2013. www.ashrae.org
- 8 International District Energy Association IDEA, District Cooling Best Practice Guide, Westborough, MA, USA, 2008. www.distrctenergy.org
From the Industry:
- 9 Mr Sunil Tiwari, GM A.T.E. Enterprises.
- 10 Eng. Y. Barakat, DCM enterprises.
- 11 Eng. M. Manzalawi, Tiba enterprises.

Annex-1

Criteria and Questionnaire for sites locations -Kuwait NIK Project

No	Item	Criteria	Points	Score
1	New developed city/district.	New City = 20 New District in existing City = 15 Existing District = 5	20	
2	Minimum Cooling Capacity	< 5,000 TR = 5 5,000 – 10,000 TR = 7 10,000 – 30,000 TR = 8 > 30,000 TR = 10	10	
3	Proximity to: a. Sea side b. Waste Heat Source (elect. power station)	Within or less than 5Km = 30 5-10 Km = 20 More than 10 Km = 10	20	
4	Proximity to NG downstream line	Within connected proximity	10	
5	Current status of city/district development	Concept phase = 20 Design phase = 10 Contract phase = 5	20	
6	Type of application (residential, commercial, governmental, industrial, mixed)	Governmental = 20 Residential = 5 Commercial = 15 Industrial = 15 Mixed Use = 20	20	
Total			100	

Technical Information Survey

No.	Item	Details
1	Sites Parameters:	
A	Sites for District Cooling Plants under consideration.	<ul style="list-style-type: none"> - Name of sites: - Site 1: ----- - Site 2: ----- - Site 3: ----- - Site 4: ----- <p>(Chose two sites.)</p>
B	Cost of Land: - Purchasing. - Renting.	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
C	Cost of plant building construction:	For a masonry building: -----/square meter. For a steel structure building: -----/square meter.

No.	Item	Details
D	Additional Information you may think is important to list:	
2 Energy and Water.		
A	Electric Power Prices: - Low Voltage. - Medium Voltage. - High Voltage.	Residential: --- Commercial: ---- Industrial: ----- (Link to internet site- prices of electric power cost.)
B	Natural Gas Prices:	Site1: , Site 2: , Site3: , Site 4: Is it piped to site?
C	Is there a source of reject heat near the site? (Refinery, steel mill, glass factory, thermal desalination plant, electric power station, etc....)	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
D	- Is there a Refuse Processing Plant near the site? - Is there a Refuse Derive Fuel (RDF) available?	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
E	Price of fresh water, brackish water and drain:	
F	Additional Information you may think is important to list:	
3 Salaries		
A	Salaries structure for: - Qualified Graduate engineers (5 to 10 years exp.): - Qualified Graduate engineers (1 to 5 years exp.): - Skilled Technician: - Technician: - Labourer:	
B	Additional Information you may think is important to list:	
4 Taxes and Custom Duties		
A	Rate of Income Taxes: - On individuals: - On Corporations:	
B	Taxes on Services: - On electric power supply: - On district Cooling Services. - Other.	
C	Custom Duties on imported Equipment:	

No.	Item	Details
D	Value Added taxes on Imported goods and services:	

Financial Information Survey

No.	Item	Details
1	Sites Parameters:	
A	Sites for District Cooling Plants under consideration.	<ul style="list-style-type: none"> - Name of sites: - Site 1: ----- - Site 2: ----- - Site 3: ----- - Site 4: ----- <p style="text-align: center;">(Chose two sites.)</p>
B	Cost of Land: <ul style="list-style-type: none"> - Purchasing. - Renting. 	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
C	Cost of plant building construction:	For a masonry building: -----/square meter. For a steel structure building: -----/square meter.
D	Additional Information you may think is important to list:	
2	Energy and Water.	
A	Electric Power Prices: <ul style="list-style-type: none"> - Low Voltage. - Medium Voltage. - High Voltage. 	Residential: --- Commercial: ---- Industrial: ----- (Link to internet site- prices of electric power cost.)
B	Natural Gas Prices:	Site1: , Site 2: , Site3: , Site 4: Is it piped to site?
C	Is there a source of reject heat near the site? (Refinery, steel mill, glass factory, thermal desalination plant, electric power station, etc....)	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
D	<ul style="list-style-type: none"> - Is there a Refuse Processing Plant near the site? - Is there a Refuse Derive Fuel (RDF) available? 	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
E	Price of fresh water, brackish water and drain:	
F	Additional Information you may think is important to list:	
3	Salaries	

No.	Item	Details
A	Salaries structure for: - Qualified Graduate engineers (5 to 10 years exp.): - Qualified Graduate engineers (1 to 5 years exp.): - Skilled Technician: - Technician: - Labourer:	
B	Additional Information you may think is important to list:	
4	Taxes and Custom Duties	
A	Rate of Income Taxes: - On individuals: - On Corporations:	
B	Taxes on Services: - On electric power supply: - On district Cooling Services. - Other.	
C	Custom Duties on imported Equipment:	
D	Value Added taxes on Imported goods and services:	

Annex-2

Compilation of Technical Solutions

The relevant technical solutions chosen for the demonstration of cooling systems are examined such as fluorocarbon chillers (In-Kind cooling technology), non-fluorocarbon chillers (Not-In-Kind cooling technology), distribution piping network, load interface techniques and energy calculation methods.

The compilation of technical information on relevant technical solutions chosen for the demonstration of NIK cooling systems encompass the following subjects:

1. Systems utilising In-Kind cooling technology or Fluorocarbon chillers

The definition of Not-In-Kind DC cooling technology is technology that mostly utilize electric power to produce cooling. Not-In-Kind DC cooling technology is technology that mostly do not utilize electric power to produce cooling. The aim of this study is the dissemination of Not-In-Kind cooling technologies, to help introducing these technologies in Kuwait.

Fluorocarbon chillers are In-Kind cooling technology, since they are mechanical vapour compression machine operated by electric power. Fluorocarbon chillers have real (not subsidized) operating costs relatively higher than these of Not-In-Kind cooling technologies. Therefore, they are not used in this study as the main producers of cooling capacity, but to assist in the cooling process when needed.

Sometimes Not-In-Kind technologies or non-fluorocarbon chillers are not able to bring down the chilled water supply temperature to low design levels efficiently and economically. In this case, In-Kind technologies may be needed to assist the cooling process. When design supply chilled water temperatures are set at 3 to 4 °C, In-Kind technology can be included. For this reason, sometimes electric chillers are included in the design of chilled water plants in-series arrangement with non-fluorocarbon chillers such as absorption chillers.

Distribution piping network designed with large delta T requires low supply chilled water temperature. This is to help reduce the diameter of the chilled water piping, thus reducing cost. This is especially important in large and long networks. Those temperatures are not reachable with current commercially available second-generation absorption chillers, since they can provide chilled water temperatures down to 5 to 6 °C safely. Lower chilled water temperatures, 3 to 4 °C, are available with new generation absorption chillers expected commercially in the near future. Thus, fluorocarbon chillers can be included in-series design arrangement to achieve those low temperatures.

This is also the case in applications when ice or ice-slurry are used for thermal energy storage system (TES), since negative chilled water supply design conditions are required to produce ice or ice-slurry and those temperatures are not achievable with current generations absorption chillers.

However, when used the major portion of cooling capacity will be borne by Not-In-Kind cooling technology resulting in low operating costs for the system, while fluorocarbon chillers, electrically operated, will provide a small fraction of the operating costs to achieve lower supply design chilled water temperatures, when needed.

2. Systems using Not-In-Kind cooling technologies or Non-fluorocarbon Chillers

The main NIK cooling technology systems are:

A. Systems operating by deep sea cooling (DSC) or cooling/heating

Deep Sea Cooling is a new technology that uses cold-water temperature of the seas, at great depths, to cool chilled water of a district cooling system. The main advantage of this technique is that may consumes down to a tenth energy consumption compared to In-Kind technologies.

This technique is well developed in Scandinavian countries and in island states such as Hawaii and others. Stockholm City has used its unique location on the shore of the Baltic Sea and at the mouth of Lake Malaren

(the largest lake in Sweden) to build a deep source cooling system for its downtown buildings. Another large project is planned for Dubai in the United Arab Emirates. Toronto City, Canada has the largest deep-source cooling project yet it is not the first city to plumb the depths of North America's glacial lakes.

Four years ago, Cornell University inaugurated a US \$ 57 million lake-source cooling plant. The system cools university buildings and a nearby high school in Ithaca, New York.

The plant draws 3.9 °C (39 F) water from 70 meters (250 feet) below the surface of Cayuga Lake, a glacially carved lake that is 132.6 meters (435 feet) deep at its lowest point The Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority (NELHA), a state research facility located on the Big Island of Hawaii, runs its own deep-source cooling plant. The system cools buildings on the agency's campus, which overlooks the Pacific Ocean. The plant draws 6 °C (42.8 F) seawater from depth of 610 meters (2,000 feet). "NELHA saves about US \$3,000 a month in electrical costs by using the cold seawater air-conditioning process," said Jan War, an operations manager. Makai Ocean Engineering, a private company based in Honolulu, is also developing plans to cool all of the city's downtown using a similar system.

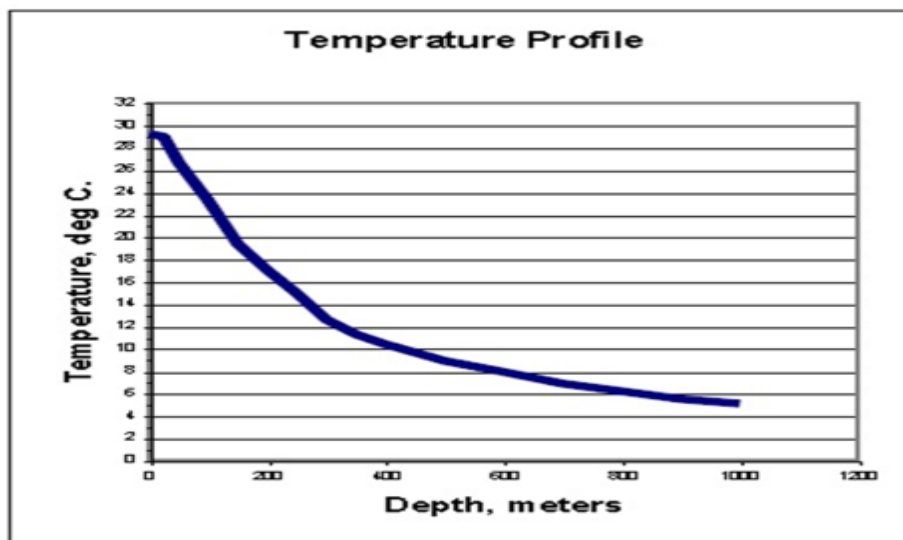


Figure 2.1: Seawater temperature drop versus depths of the Sea.

The graph shows the general trend of the downward decrease of seawater temperature as depth increase. This trend differs from summer to winter and with the location of the point where it is measured.

Oceanographers divide the ocean into categories by depth. The broadest category is the upper part of the ocean known as the euphotical zone. This is generally regarded as the upper 200 meters of the ocean where sun light penetrates, and photosynthesis takes place. The bottom part of the ocean is called the aphotalical zone where sunlight does not add heat and cold temperatures are present. Bathymetry and oceanography studies suggest that at an ocean depth of at least 1000 meters, 4°C water temperature is assured. It should be noted that 4°C temperature might also be available at depths of 500 to 900 meters. Diligent temperature studies for the Gulf need to be conducted as part of the study preceding a proposed project ⁽¹⁾.

For a specific location, measurements that are more accurate are available at the US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). At NOAA, the National Centres for Environmental Information (NCEI) hosts and provides access to one of the most significant archives, with comprehensive oceanic, atmospheric, and geophysical data. NCEI is the US leading authority for environmental information ⁽³⁾. Once the Egyptian government approves the location of the plant, temperatures of the seawater at the location can be assessed.

Deep Sea Cooling and Horizontal Directional Drilling (HDD) Techniques

There are several problems associated with laying a pipe to access cold water from shore to the required depth. The tide action might dislodge anchoring blocks of the piping, especially with high seas. Coral Reefs and seabed marine life may also be affected. Because of that, environmental permits may be difficult to obtain. Returning seawater to the sea should be made so that it is returned to the depth strata where the seawater temperature is the same as that of the returning water. This assures conservation of the sea microorganisms without disruption.

Horizontal Directional Drilling (HDD) is a mature technology used in the Oil and Gas field. This technique enables directional drilling under the surface to access deep cold water with a horizontal displacement of up to eleven kilometres from shore. A rig could also drill a diagonal tunnel of suitable diameter to bring cold seawater to the surface. Using heat exchangers between the cold seawater and a chilled water system, temperatures of 5.5°C to 6.5°C could be achieved at the fresh chilled water network. Similarly, the rig would also drill suitable tunnel to return heated water to a suitable depth.

This is the drilling technique suggested for the study. Figure 2.2 shows the position of the supply and return tunnels and piping and the DC station.

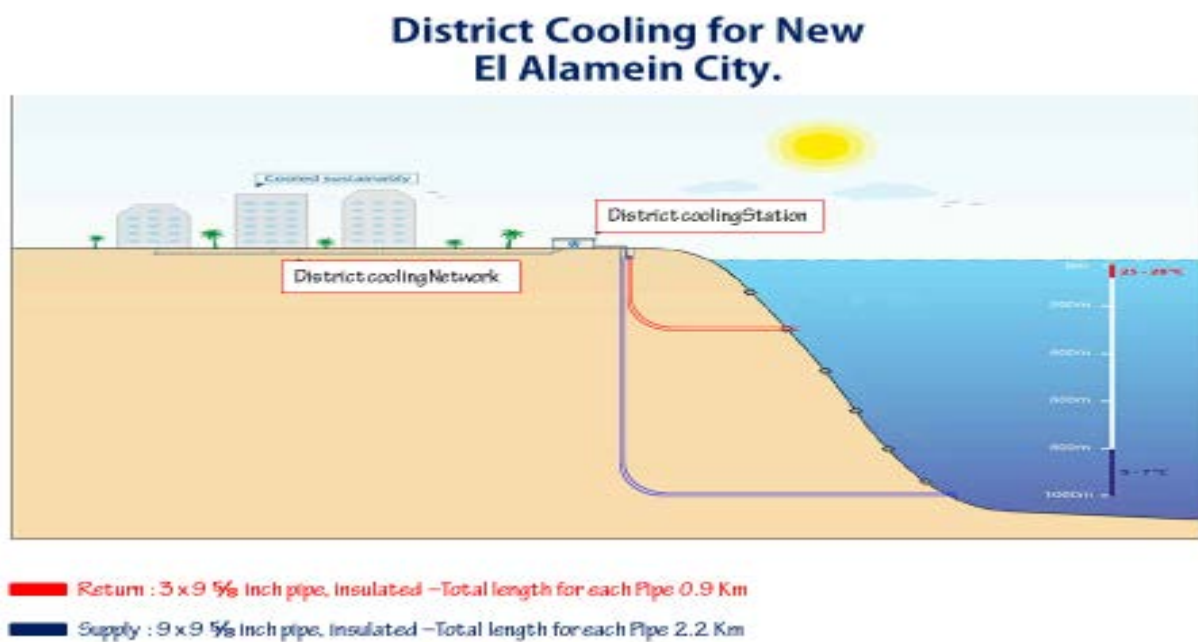


Figure 2.2: Example of Deep Sea Cooling or Free Cooling for a City.

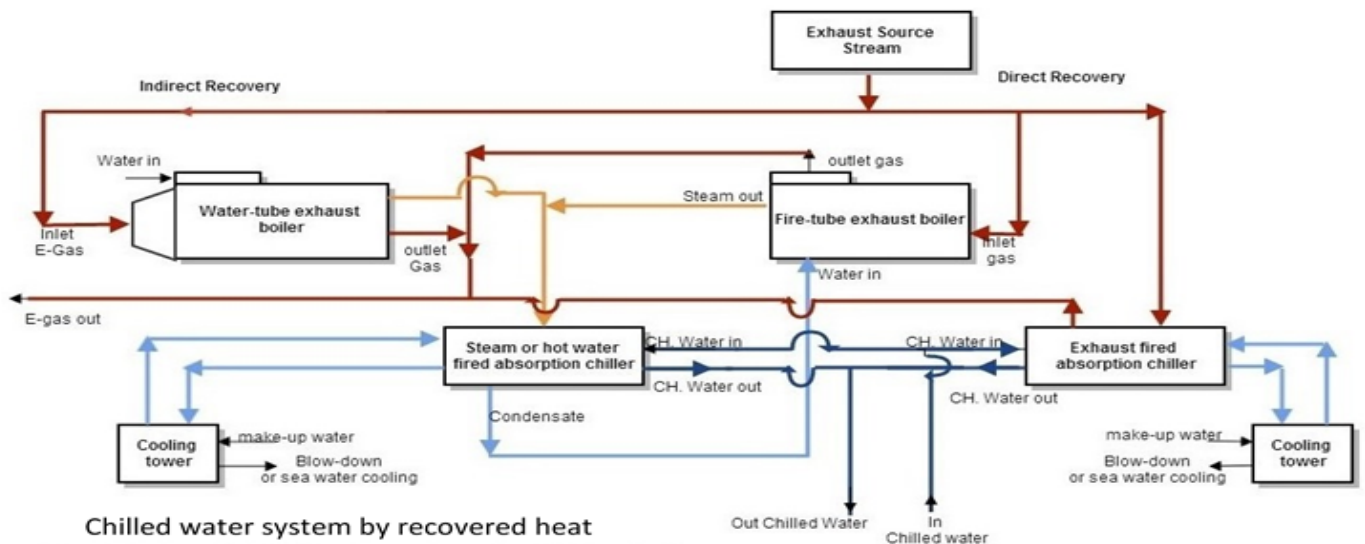


Figure 2.3: Schematic diagram of Exhaust and steam fired absorption chiller.

Figure 2.3 shows a schematic diagram of exhaust and steam fired absorption chiller. When the exhaust stream is relatively clean, with small amount of Sulphur oxides (SO_x) and Nitrogen oxides (NO_x) in the stream, it is possible to use the stream to fire directly an exhaust fired absorption chiller. Sulphur oxides and Nitrogen oxides when combined with condensate create acids that attack the generator of the absorption chiller and reduces its lifetime considerably. Therefore direct-fired exhaust absorption chillers have to be used with great caution and only when the exhaust stream composition is relatively free of these oxides. When the stream is not clean, a heat recovery boiler is recommended, either a water tube exhaust type or fire tube exhaust type depending on ease of cleaning the tubes from the inside or the outside. The system economics are excellent because of the negligible cost of the exhaust.

B. Solar assisted chilled water absorption cooling systems.

Solar assisted chilled water absorption cooling systems utilises vacuum tube solar collectors or concentrated collectors to heat up water in a closed loop. This heated water fires hot water fired absorption chillers producing chilled water. The capital cost of vacuum or concentrated collectors constitute a large part of the system capital investment. This is why, despite the low operating cost of the system it is not economically feasible to construct the entirety of a chilled water system using solar-fired absorption system. Systems are constructed using 10 to 20 % of the total capacity produced by solar-fired absorption chiller. Systems of total capacities around 500 TR with 50 to 100 TR operating with solar collectors have been constructed and operate successfully. Larger capacities are not be economical. Figure 2.4 shows the schematic diagram of such a system.

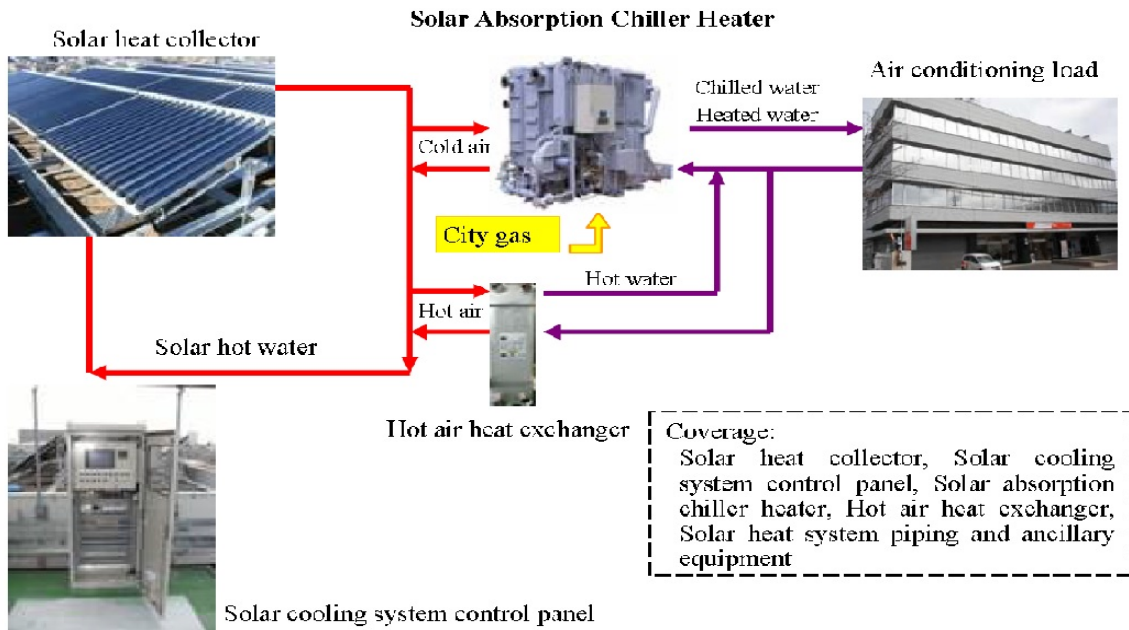


Figure 2.4: Solar assisted chilled water absorption cooling system.

C. Natural gas fired double effect absorption chillers/heaters systems.

This system can be economically advantageous if the price of natural gas in a country is cheaper than that of electric power, which is usually the case. The system is not dependent on electric supply irregularities at on-peak periods; hence, it helps shave and stabilizes electric power demand. Furthermore, when it is responsible for taking care of on-peak surges in a system, it limits use of electric power in those peak periods and reduces power demand surcharges. Figure 2.5 shows an 8,000 TR DC plant with gas fired absorption chillers. There are three generations of absorption chillers. The most common are the Double Effect second-generation units with a heat ratio (efficiency) of 1.2 to 1.45

8 000 TR gas fired absorption chiller plant



Figure 2.5: DC plant with 8000 TR gas fired absorption chiller/heaters.

2.2.5 Steam or hot water indirect fired absorption systems.

Indirect fired absorption systems operate with steam or hot water from industrial processes or from reject heat. Some of the most important examples are Turbine Inlet Cooling System (TIC) used to increase the efficiency of gas turbine power plants. In summer, the turbine efficiency deteriorate due to high ambient temperatures. Cooling combustion air inlet to turbine from ambient conditions to ISO conditions (15 °C) increases turbine efficiency thus increasing output up to 20%.

Figure 2.6 shows a typical schematic diagram for a TIC system utilizing steam or hot water from the Heat Reject Steam Generators (HRSG) of the power station.

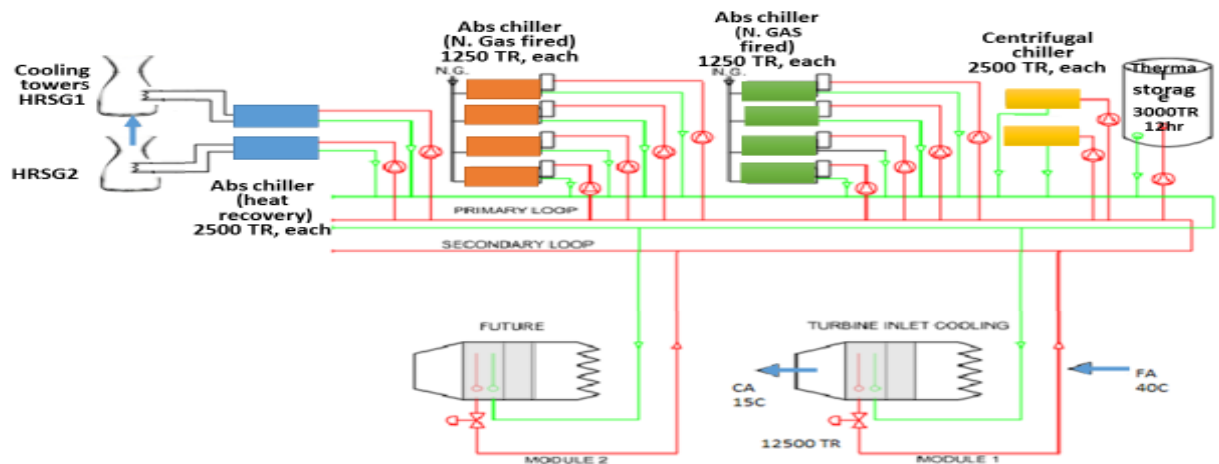


Figure 2.6: Turbine Inlet Cooling -TIC- in a power station using steam or hot water fired absorption chillers.

Figure 2.7 shows the TIC cooling coil installed at air inlet of the gas turbine. Other combination of natural gas fired absorption chillers, electric centrifugal chillers and Thermal Energy Storage (TES) tanks are used to optimize cooling techniques depending on availability of energy at demand.

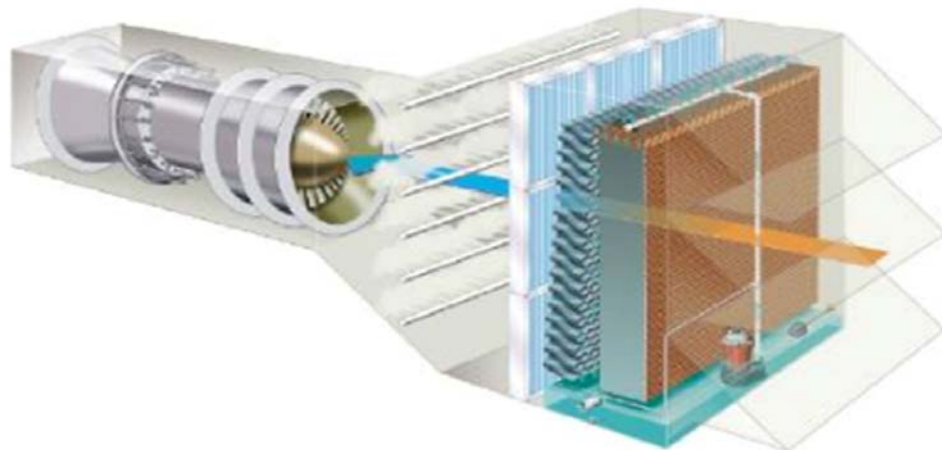


Figure 2.7: TIC cooling coil installed at the air inlet of the gas turbine.

3. Distribution Piping Networks Pumping Arrangements.

There are five chilled water distribution network-pumping arrangements. Those are

- A. Constant Flow Arrangement.
- B. Variable flow systems
- C. Variable Speed Primary Pumping.
- D. Primary-Secondary Pumping Arrangement.
- E. Primary-Secondary-Tertiary Pumping Arrangement.
- F. Primary-Secondary Distributed Pumping Arrangement.

Pumping arrangements differ depending of the cooling application chosen. There could be more than one arrangement suitable for a single application, although this is rare, usually one arrangement will be most economical to build and operate for a certain air conditioning system. The following text is a short description on the suitability of each pumping arrangement:

i. *Constant flow arrangement*

Applied to small capacity district cooling systems where the advantages of variable flow systems are not appreciable. Those advantages are primarily saving in electric energy with frequency inverters.

ii. *Variable Flow Arrangements*

The primary advantages of those arrangements are their reduced consumption of pumping energy and use of distribution system diversity, saving pumping energy. Those systems are used in relatively larger air conditioning systems.

iii. *Variable Speed Primary Pumping*

In this system, the primary pumping regulates chilled water flow according to load demand. Pumping energy consumption is reduced compared to constant speed. This system is suitable when the plant pumps can satisfy building's pressure drops, otherwise buildings with larger pressure drops may not be served adequately.

iv. *Primary-secondary pumping arrangement.*

This system is used when the chilled water distribution system is long, and the variable primary system cannot cope with flows and pressure drops. This arrangement is flexible when an expansion scheme is not clear at inception, and additional buildings may be added at a later stage.

v. *Primary-secondary-tertiary pumping arrangement.*

It may be necessary, when supply and return chilled water distribution lines become too long with heavy loads in building, to add in-building pumps to provide necessary flow and pressure for each building. These systems are also commonly used in district cooling systems.

vi. Primary-secondary distributed pumping arrangement.

Some systems may have a very large cooling load. It is possible for this system to use a primary-secondary distributed pumping arrangement. This system is probably the most suited system for large applications, because it eliminates secondary pumps in central plants. Reduction in total chilled water pump power of 20%–25% is possible. Although this system is highly attractive, it is not suitable when additional buildings may be added at a later stage. The chilled water supply gradient pressure is lower than the return gradient in those systems. Pipes are oversized compared to other systems, which increases the initial capital cost. The operational savings mitigate all those factors in large systems.

4. District Energy for a city using reject heat in power stations.

Figure 2.8 is a Sankey diagram ⁽⁴⁾ that shows two scenarios to provide heating, cooling, and electricity to a city. One scenario uses a traditional coal-fired power station, business as usual (BAU) scenario, whereas the second scenario uses natural gas in a modern combined heat and power (CHP) station.

In the first scenario with a conventional power station, the typical average thermal efficiency of this simple cycle power station is around 35%. More advanced power stations with combined cycles have thermal efficiencies around 45%. Natural gas-fired CHP stations that recover exhaust gases have overall thermal efficiencies of 80%–90%, and sometimes even higher.

This is why the total primary energy utilized in BAU scenarios shown in Figure 2.6 is 601.6 GWh compared to a primary energy utilization of 308.2 GWh with a CHP station. This is a savings of 293.4 GWh or 48.8% compared to BAU, although in both cases the same energy is produced and taken up by end users: 100 GWh of heat, 100 GWh of cooling, and 100 GWh of electricity.

High thermal efficiencies were obtained because recovered heat was used to fire absorption chillers and assisted by wind and geothermal heat. District heating and cooling technology is utilized with this modern CHP station.

This is why district cooling ^{(5), (6), (7), (8)} and heating is such an important technology. It reduces carbon footprint, increases efficiency of power stations especially when coupled with recovered process heat, and makes use of diversity factors in reducing overall heating and cooling needs. However, district cooling and heating can also be applied at a district level, not only at the power station level.

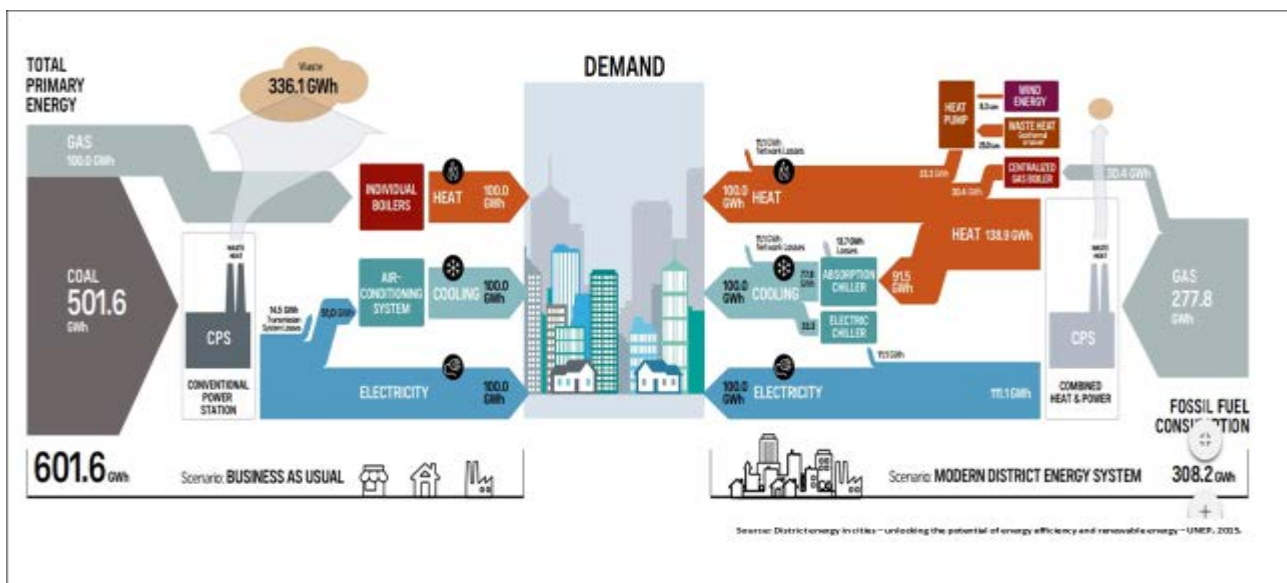


Figure 2.8: The economic and environmental benefits of district cooling in a modern power station for a city.

5. Load Interface Techniques and Energy Calculation Methods.

District cooling systems are connected to distribution networks through load interfaces. These in turn are connected to end users by one of the two methods:

- Direct connections.
- Indirect connections.

Both types of connections are used successfully. The type of connection used depends on the nature and application of the district cooling system.

Direct connections:

The same chilled water produced circulates in the DC plant and the distribution network. Therefore, there is no interface between the chilled water of the plant and in-building distribution network, and hence no separation of chilled water between the production, distribution, and in-building HVAC system. Some insurance companies' demand that direct connection not be used in large DC systems because of the DC provider liabilities in case flooding occurs due to chilled water leaks, which may result in buildings being flooded.

Indirect connections:

In indirect connection, an interface is used, usually a plate heat exchanger. Plate heat exchangers are the preferred heat exchangers in DC systems because traditional shell and tube or shell and coil heat exchangers are bulkier when they are designed to operate at the small approach temperatures in use in DC systems. Those are normally 0.5 to 2°C. In addition, traditional heat exchangers are often more costly. Space is limited in DC buildings' mechanical rooms and is at a premium, especially in commercial and administrative applications. Rent is often considerable.

Metering and energy meters:

To measure the energy used by end users, energy meters are installed at the building's mechanical rooms. Energy meters utilize equipment for measuring flow, temperature differences between supply and return of chilled water, time duration between two readings and an energy calculator. There are two types of energy meters: dynamic and static.

Collection of DC meter readings:

Collecting energy meter data is done either at the meter or remotely. Local reading of meter uses a handheld terminal that connects to the meter. Remote energy meter reading is made wirelessly by a radio signal from a device in the meter, via the telephone network, or via an Internet connection. In energy meters fitted with radio frequency modules, RF concentrator connected to a central computer uploads the data, and bills can be produced for each end user. In meters connected via the Internet, meters are fitted with a TCP/IP module and can be read by a central computer. Often there is a need for submetering, when a building is rented to more than one end user. In this case, a secondary sub meter is needed or the use of water meters at end users to measure flow rates and allocate sub meter reading proportionally according to water flow meter readings. This method is more economical than using sub meters and is cost effective. Another method used by some DC providers is to calculate individual consumption by floor area of the space instead of submetering. This method does not provide incentives for end user to conserve energy.

6. Daily Cooling Load Profile, Diversity Factors and Thermal Energy Storage (TES).

Daily Cooling Load Profile:

Several important factors must be clearly defined when designing a district cooling system. Some of the most important factors are the daily cooling load demand curve and peak loads. A customer design engineer or consultant usually defines a building's cooling load. Those buildings could be administrative, shopping malls, hotels, schools, and other types of buildings. Cooling load estimates of those buildings will usually vary a great deal from building to building. An administrative building's cooling load estimate will probably include loads attributed to the prevalent weather, loads of occupants, electrical and electronic appliances, lighting and other loads. Those cooling load estimates will differ from those of a shopping mall, where the occupant's load will probably constitute the major part. The same applies to other buildings as well where the loads will vary a great deal. Shopping mall loads peak at a different time of the day compared to administrative loads or residential loads. Deciding how large also when those loads occur is of crucial importance in calculating the total design load of a district cooling plant. In estimating the cooling load of buildings for a certain district, it is possible to use computerized simulation programs and thus obtain an accurate understanding of peak loads' occurrence and their magnitude.

Diversity Factors:

Individual buildings peak at different times. This is why the coincident overall peak demand of a district cooling system depends on the sum of each individual building peak demand at certain time of the day. Diversity factors are used to calculate the overall peak load of a district cooling system. Those diversity factors may be as low as 0.6 or 0.7 of the sum of individual building peak demands, in applications where there is a great diversity of use. There are different types of diversity factors. Diversity factors inside a building are dependent on the actual use pattern of a building. Diversity factors between one building and the other in a district depend on each building's function, orientation, use, and diversity factors between district cooling plants that may be serving a single district's distribution network. Chilled water-piping networks are also subject to diversity factors between distribution loops serving different buildings in parallel. All those diversity factors must be taken into account when calculating the overall peak demand of a district cooling system and when designing chilled water distribution networks.

Thermal Energy Storage (TES):

Thermal energy storage (TES) stores cooling enthalpy during off-peak times to use during on-peak times. A specially constructed insulated tank stores the cooling energy at off-peak times and uses it at on-peak times. This technique allows using fewer chillers at on-peak times than those necessary to cope with peaks in the daily cooling load demand curve.

The rating of TES is based on its ability to hold a certain refrigeration capacity for so many hours. For example, a 20,000 TR.h capacity TES will hold 10,000 TR for 2 h or 5,000 TR for 4 h or other combinations totalling 20,000 TR.h. District cooling systems have incorporated successfully TES systems for many years. TES is accepted as an integral part of all air conditioning systems.

Applications range from universities, colleges, airports, museums, sport complexes, and hospitals to leisure centres and administrative buildings; military facilities use TES as do many other applications. The most widely used TES system is the stratified tank type.

Anexo VII

TEXTO PARA INCLUIR EN LA VERSIÓN ACTUALIZADA DEL ACUERDO ENTRE EL GOBIERNO DE LAS FILIPINAS Y EL COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE HIDROCLOROFLUOROCARBONOS DE CONFORMIDAD CON LA ETAPA II DEL PLAN DE GESTIÓN DE ELIMINACIÓN DE LOS HCFC

(Los cambios pertinentes figuran en negrita para facilitar su consulta).

9. El País conviene en asumir la responsabilidad general por la gestión e implantación del presente Acuerdo y por todas las actividades acometidas en su marco o en su nombre con objeto de cumplir las obligaciones en virtud de dicho Acuerdo. **UNIDO** ha convenido en ser el organismo principal de ejecución (“el organismo principal de ejecución”) al respecto de las actividades que se acometan en el país en virtud del presente Acuerdo. El País conviene en la realización de evaluaciones, las cuales puede que se ejecuten bajo la supervisión, vigilancia y evaluación de programas de trabajo del Fondo Multilateral o bajo el programa de evaluación del organismo principal de ejecución que participe en el susodicho presente Acuerdo.

17. **En las fechas de celebración de la 83ª reunión, el Banco Mundial dejó de ser el organismo principal de ejecución respecto de la implantación de las actividades del país en virtud del presente Acuerdo. Por ende, las responsabilidades del Banco Mundial en virtud de dicho Acuerdo solo tuvieron vigencia hasta la 82ª reunión. Este Acuerdo actualizado sustituye el alcanzado entre el Gobierno de las Filipinas y el Comité Ejecutivo en la 80ª reunión de dicho Comité Ejecutivo.**

APÉNDICE 2-A: LOS OBJETIVOS Y LA FINANCIACIÓN

Fila	Detalles específicos	2017	2018	2019	2020	2021	Total
1.1	Calendario del Protocolo de Montreal para la reducción de las sustancias del Anexo C, Grupo I (toneladas PAO)	187,56	187,56	187,56	135,46	135,46	n.c.
1.2	Consumo total máximo permitido para sustancias del Anexo C, Grupo I (toneladas PAO)	129,52	129,52	129,52	105,87	82,56	n.c.
2.1	Financiación convenida para el Organismo de Ejecución Principal (ONUDI) (\$EUA)	1 010 023	0	1 450 029	0	290 005	2 750 057
2.2	Gastos de apoyo para el Organismo de Ejecución Principal (\$EUA)	70 702	0	101 502	0	20 300	192 504
3.1	Financiación total convenida (\$EUA)	1 010 023	0	1 450 029	0	290 005	2 750 057
3.2	Total de gastos de apoyo (\$EUA)	70 702	0	101 502	0	20 300	192 504
3.3	Costo total acordado (\$EUA)*	1 080 725	0	1 551 531	0	310 305	2 942 561
4.1.1	Eliminación total convenida de HCFC-22 por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)						23,44
4.1.2	Eliminación de HCFC-22 por lograr en proyectos aprobados anteriormente (toneladas PAO)						2,00
4.1.3	Consumo admisible remanente de HCFC-22 (toneladas PAO)						83,88
4.2.1	Eliminación total convenida de HCFC-123 por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)						0,00
4.2.2	Eliminación de HCFC-123 por lograr en proyectos aprobados anteriormente (toneladas PAO)						0,00
4.2.3	Consumo admisible remanente de HCFC-123 (toneladas PAO)						1,70
4.3.1	Eliminación total convenida de HCFC-141b por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)						1,15
4.3.2	Eliminación de HCFC-141b por lograr en proyectos aprobados anteriormente (toneladas PAO)						43,00
4.3.3	Consumo admisible remanente de HCFC-141b (toneladas PAO)						7,70