



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CASOS DE ÉXITO SOBRE ALTERNATIVAS A LOS HFC

**DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE
LA CALIDAD DEL AIRE Y REGISTRO
DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA
DE CONTAMINANTES**

**UNIDAD PROTOCOLO DE MONTREAL
ENMIENDA DE KIGALI EN MÉXICO**



Luis Felipe Acevedo Portilla
DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE LA
CALIDAD DEL AIRE Y RETC

Ciudad de México, 2020.

Fotografías portada: Bruno Moretti, Pexels
y de Unidad Protocolo de Montreal.

Agradecemos la colaboración del Fondo Multilateral para la implementación del Protocolo de Montreal, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, así como la participación de las empresas: Imbera, Mabe, Química Marcat, Clima-Flex, Ahmer, Casa Ley, Arteli, Bohn-Frialsa, Daikin, Propysol, Quimobásicos, LafargeHolcim, así como la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Azcapotzalco y los Centros de Recuperación y Reciclaje.

Caso de
éxito:

#1

CASO DE ÉXITO #1

Sobre alternativas a los HFC

SERVICIOS



Alianzas industriales y de investigación para la capacitación del sector servicios: caso de éxito del Laboratorio de Máquinas Térmicas en ESIME Azcapotzalco del IPN



Sesiones de capacitación en los laboratorios de máquinas térmicas ESIME. Fuente: SEMARNAT.

LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS DEL IPN

La Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Unidad Azcapotzalco, pertenece al Instituto Politécnico Nacional (IPN). En el Laboratorio de Máquinas Térmicas de esta institución se brinda formación sobre sistemas de refrigeración y aire acondicionado, motores de combustión interna, turbinas térmicas, generadores de vapor y plantas térmicas.

En el 2017, la escuela emprendió un proyecto integral para dotar a este laboratorio con tecnología de punta, dada la identificada necesidad de recursos humanos altamente calificados en las industrias de la refrigeración y el aire acondicionado.

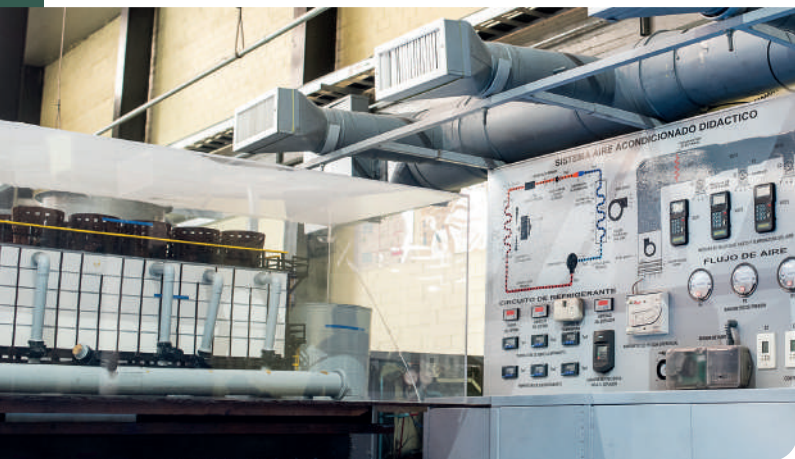
INTRODUCCIÓN

Con la entrada en vigor de la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, México deberá reducir 80% del consumo de hidrofluorocarbonos (HFC) en las próximas tres décadas. Para lograr esta meta es necesario contar con recursos humanos, financieros y materiales suficientes y acordes a la adopción de nuevas alternativas de menor Potencial de Calentamiento Global (PCG). Las alianzas con instituciones académicas y la industria son una pieza clave para hacer llegar las capacidades necesarias a un mayor número de profesionales de los sectores involucrados.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A partir de la iniciativa conjunta entre docentes, investigadores y exalumnos se emprendió la búsqueda de alianzas estratégicas con fabricantes líderes en los rubros de acondicionamiento de aire, acondicionamiento de agua y refrigeración. Mediante el apoyo de la Unidad Politécnica de Integración Social (UPIS), se materializaron alianzas con las empresas Samsung, LG, Rheem y Daikin, integrándose a las instalaciones para la capacitación en buenas prácticas en refrigeración donado por SEMARNAT y la ONUDI hace más de una década.

Este proyecto permitirá: 1) la capacitación de personal y clientes, 2) la formación de ingenieros especialistas altamente calificados, 3) llevar a cabo desarrollos tecnológicos conjuntos, y 4) efectuar investigación de frontera.



Sistema de aire acondicionado didáctico. Fuente: SEMARNAT.

MODELO DE COLABORACIÓN

A través de convenios de colaboración las empresas realizan la donación de equipos con tecnología de vanguardia, así como instalaciones para llevar a cabo prácticas para alumnos y capacitación de profesores y profesionales técnicos de las empresas mismas, y del público en general.

Las empresas asignan a técnicos certificados para capacitar a los docentes, prestan mantenimiento a los equipos y proveen constantemente equipos con la tecnología más reciente. Además, según el espíritu social de la institución, se implementa una política de "puertas abiertas", con la cual otras escuelas pueden tener acceso al laboratorio. Hasta la fecha se han capacitado 30 profesores, a la par que se atienden a 300 alumnos en promedio.

Actualmente se trabaja en el desarrollo de un diploma conjunto entre ESIME Azcapotzalco y cada uno de

los fabricantes que integran el proyecto, el cual podrá ser cursado por estudiantes y técnicos.

MANEJO DE NUEVOS REFRIGERANTES

Hasta el momento en el laboratorio se manejan refrigerantes HFC convencionales: HFC-134a, R-410A, R-404A, así como HFC-32; este último una alternativa de menor PCG en aplicaciones de aire acondicionado. Se pretende que en el corto plazo se puedan incrementar las capacidades del laboratorio para manejar otras alternativas, como hidrocarburos e hidrofluorolefinas (HFO).

RETOS Y LECCIONES APRENDIDAS

- La reciente reforma a la Ley Orgánica del IPN en materia de Transferencia Tecnológica facilitó el proceso de donación y la realización de convenios de colaboración.
- En el corto plazo se requiere incrementar la infraestructura, medidas de seguridad y capacitación para el manejo de alternativas a los HFC que sean peligrosas.
- Al comprobarse el éxito de este modelo de colaboración con la industria se podrá replicar en otros sitios, buscando la participación de otros fabricantes, especialmente en aquellos sectores en los que México es líder mundial.

Caso de
éxito:

#2

CASO DE ÉXITO #2

Sobre alternativas a los HFC

SERVICIOS



Hidrocarburos para el sector de servicios en refrigeración doméstica y comercial



Llenado de latas de hidrocarburo. Fuente: Química Marcat.

ANTECEDENTES

Con un Potencial de Calentamiento Global (PCG) de 1,430, el hidrofluorocarbono HFC-134 contribuye con 24% del impacto climático atribuible al consumo de HFC en México. De las cerca de 8 mil toneladas que se consumen anualmente de este gas, alrededor de 39% se utiliza en el mantenimiento y servicio de diversos sistemas residenciales, comerciales e industriales, entre otros. Hidrocarburos como el propano (R-290) y el isobutano (R-600a) se perfilan como algunas de las mejores alternativas a los HFC para la refrigeración doméstica y autocontenida comercial. La oferta actual en el mercado de estos refrigerantes en presentaciones óptimas para la recarga de equipos no es adecuada para los técnicos de servicio, por cual es

indispensable aumentar su disponibilidad en el corto plazo para que se fomente la introducción de dichas alternativas en México.

QUÍMICA MARCAT

Química Marcat es una empresa mexicana que desde 1998 se dedica al envasado, venta y distribución de refrigerantes, además ofrece servicios de ingeniería para el almacenamiento y suministro de refrigerantes, y fabricación de productos en aerosol.

A partir de 2017, y tras identificar la necesidad de satisfacer la creciente demanda de hidrocarburos para el servicio de nuevos sistemas de refrigeración y aire acondicionado, Química Marcat comenzó la implementación de un proyecto en su planta ubicada fuera de la zona conurbada de la ciudad de Guadalajara. Este consistió en la adecuación de sus instalaciones para el manejo y envase de hidrocarburos para su uso como refrigerante. En una segunda fase prevista para arrancar en breve se construirá un anexo a la nave industrial existente para incrementar la capacidad de almacenamiento y manejo de hidrocarburos hasta 200 toneladas por mes, que además contará con las medidas de seguridad pertinentes para el uso de estas sustancias inflamables.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las instalaciones para manejo de hidrocarburos se componen por un área de tanques y almacén, y una

línea de producción que cuenta con equipo de llenado con vacío para la inyección de refrigerante y engargolado de latas.

Los productos que actualmente se comercializan son R-290 y R-600a, utilizados en la refrigeración comercial y doméstica, respectivamente. Estos se encuentran disponibles en presentaciones de cilindros de 9 kg y latas de 1 kg o menos y, próximamente, en tanques de 1 tonelada, de acuerdo con las necesidades de técnicos de servicio y fabricantes de equipos.



Isotank de isobutano R-600a. Fuente: Química Marcat.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Sistema de administración de riesgos
- Detectores de atmósferas explosivas
- Alarmas de seguridad y extractores
- Capacitación al personal sobre manejo de hidrocarburos

CUBRIENDO LAS NECESIDADES DEL MERCADO

Con la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, la reducción del HFC-134a será inminente en el mediano y largo plazo. Es previsible que en las próximas dos décadas ocurra en México una sustitución de refrigeradores residenciales y comerciales que usan HFC por nuevos equipos de tecnología avanzada con base en hidrocarburos. De hecho, varios de los fabricantes de refrigeradores presentes en el país ya han comenzado la manufactura de equipos con estos refrigerantes, por lo que se requerirán en

el corto plazo refrigerantes de calidad óptima y en las presentaciones requeridas por la industria y los técnicos de servicio a un costo accesible.

LA CAPACITACIÓN COMO EJE CENTRAL

La sostenibilidad de la conversión de tecnologías de HFC a hidrocarburos se basa en una estrategia de capacitación a técnicos, reconociendo la importancia del manejo adecuado y seguro de estos nuevos refrigerantes, con los cuales la mayoría de los técnicos tiene poca o nula experiencia. Esta capacitación se hará a través de programas específicos y coordinados en conjunto con la industria nacional y en beneficio de técnicos independientes que no tienen facilidades para acceder a estas nuevas tecnologías.

BENEFICIOS

- Disponibilidad en el mercado de refrigerante hidrocarburo para dar servicio y mantenimiento a equipos domésticos y comerciales.
- Presentaciones de producto adecuadas que hacen más fácil y seguro su manejo e incrementan la rentabilidad para los técnicos de servicio.

RETOS Y LECCIONES

- La legislación vigente sobre hidrocarburos no contempla el uso de propano como refrigerante, por lo que las gestiones para obtener permisos de importación y manejo se vuelven más complejas ante reguladores como la Secretaría de Economía, Aduanas y la Comisión Reguladora de Energía. La adecuación del marco legal es indispensable para promover el uso de este tipo de alternativas de bajo PCG.
- La falta de preparación profesional y certificación de los técnicos de servicio dificulta la capacitación sobre el manejo de nuevas herramientas y procedimientos de mantenimiento.

Caso de
éxito:

#3

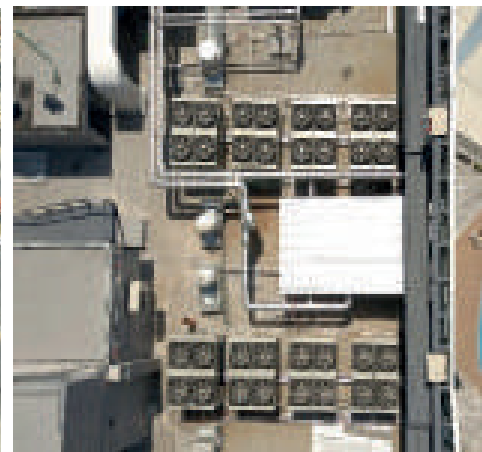
CASO DE ÉXITO #3

Sobre alternativas a los HFC

AIRE
ACONDICIONADO



Reducción de carga de refrigerantes en el sector de chillers y aires acondicionados comerciales e industriales



Chiller de aire acondicionado con tecnología VRW de 400 TR en el Hotel Real Inn de Monterrey. Fuente: Clima-Flex.

INTRODUCCIÓN

El aire acondicionado (AC) es un sinónimo de bienestar para las personas y para el óptimo desarrollo de las actividades económicas y comerciales. México es un país con condiciones climáticas extremas, por lo que los sistemas de AC, junto con otras medidas como el aislamiento térmico y el diseño sostenible, pueden asegurar un adecuado confort para los usuarios, así como ahorros de energía y de otros recursos naturales. De acuerdo con cifras de INEGI, en México el 15% de las 28 millones de viviendas disponen de algún tipo de sistema de AC, de los cuales 71% se encuentran en la región cálida del norte del país, cuyos registros de temperaturas pueden alcanzar entre 35°C y 40°C en ciudades como Mexicali, Hermosillo, entre otras.

En los últimos 10 años el principal refrigerante utilizado en los sistemas de AC ha sido el hidroclofluoro-

rocarbano R-22, mismo que con la implementación del Plan de Eliminación de HCFC de México tiende a desaparecer, y está siendo paulatinamente reemplazado por el hidrofluorocarbano R-410A. El consumo de este último durante 2017 fue de 11 mil toneladas, lo que significa 23 millones toneladas de CO₂eq, al considerar que su Potencial de Calentamiento Global (PCG) es de 2,088. Esta cifra representa el 46% del consumo total de HFC en México, por lo cual constituye una de las principales áreas de oportunidad para la reducción de estas sustancias.

UNA EMPRESA MEXICANA

Clima-Flex es un fabricante original de equipo de capital 100% mexicano, y desde 2012 cuenta con dos plantas ubicadas en San Luis Potosí, donde se fabrican chillers para sistemas de aire acondicionado re-

sidencial, comercial e industrial. Actualmente cuenta con cinco líneas de producción, y tiene planes para continuar su expansión en el corto plazo.

Los equipos que Clima-Flex manufactura se caracterizan por ser de tipo tándem, con módulos de capacidades desde 5 hasta 25 toneladas de refrigeración (TR), los cuales se pueden combinar hasta lograr 350



Chiller modular enfriado por aire con tecnología VRW (25 TR).
Fuente: Clima-Flex.

BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA VRW Y MODULAR

- Refrigerante principal: agua
- Tubería de plástico flexible y conexiones rápidas, lo que implica menores costos de instalación
- Flexibilidad en estrategias de inversión y financiamiento (por modularidad de sistemas)
- Fácil instalación y mantenimiento
- Integración y conectividad
- Cumple el estándar ASHRAE 90.1 sobre consumo de energía

TR. Uno de los aspectos más relevantes de estos sistemas es el uso de la tecnología Variable Refrigerant Water (VRW) o Agua Refrigerante Variable, la cual permite, entre otras cosas, utilizar una carga de refrigerante HFC muy baja de alrededor de 8 kg para una unidad de 25 TR, en comparación con un sistema de Flujo Variable de Refrigerante (VRF, por sus siglas en inglés) de la misma capacidad que requeriría alrededor de 50 kg.

EJEMPLO DE INSTALACIÓN: HOTEL REAL INN EN MONTERREY

| | |
|---------------------------------|--|
| Instalación | Hotel Real Inn |
| Ubicación | Monterrey, Nuevo León |
| Capacidad de refrigeración (TR) | 400 |
| Número de tándems | 2 |
| Número de módulos de 25 TR | 16 (8 por tándem) |
| Tecnología | Chiller modular enfriado por aire con tecnología VRW |
| Refrigerante | R-410A |
| Carga de refrigerante (kg) | 136 |
| Tipo de compresor | Srcoil variable |
| Certificaciones | AHRI, ETL |

EL SIGUIENTE PASO: SUSTITUCIÓN DE HFC POR NUEVAS ALTERNATIVAS DE MENOR PCG

Como parte de su estrategia de crecimiento y sostenibilidad, Clima-Flex está desarrollando sistemas basados en refrigerantes con bajo PCG.

No obstante, esta transición representa un importante reto técnico y financiero, además de que implica la adecuación de medidas de seguridad para manejar hidrocarburos. Desde el punto de vista regulatorio es necesario cumplir y, en su caso, adecuar los estándares que aseguren la operación segura de estos sistemas, especialmente de aquellos que se colocan en interiores.

Caso de
éxito:

#4

CASO DE ÉXITO #4

Sobre alternativas a los HFC

REFRIGERACIÓN
COMERCIAL



Proyecto demostrativo de sustitución de HFC por hidrocarburos como refrigerante en fabricación de equipos autocontenidos de refrigeración comercial en México



Planta de fabricación de equipos autocontenidos comerciales de Imbera en México. Fuente: SEMARNAT.

ANTECEDENTES

Con alrededor del 6.6% de las exportaciones de sistemas autocontenidos de refrigeración comercial, México ocupa el cuarto lugar en importancia mundial¹. Estos incluyen enfriadores de bebidas, vitrinas y mostradores. En México, la mayor parte continúa utilizando HFC-134a y, en menor medida, R-404A.

En la última década se comenzaron a incorporar enfriadores de bebidas con refrigerante CO₂ (R-744) y en los últimos años, se introdujeron al mercado equipos con hidrocarburos: propano (R-290) e isobutano (R-600a), los cuales se proyectan como alternativas óptimas, debido a las bajas cargas de refrigerante que esta clase de sistemas de refrigeración requieren y a que tienen Potenciales de Calentamiento Global (PCG) cercanos a cero.

IMBERA

Imbera es uno de los mayores fabricantes a nivel mundial de equipos de refrigeración comercial. Cuenta con 5 plantas productivas en México, Brasil, Colombia, Argentina y Sudáfrica, y exporta a alrededor de 60 países. Con 75 años de experiencia, es pionero en el diseño, desarrollo y fabricación de diversos equipos autocontenidos de refrigeración comercial.

La planta de Imbera en México se localiza en San Juan del Río, Querétaro, y cuenta con 2,500 trabajadores. Esta opera desde 1941, y tiene 8 líneas de proceso de ensamble final, utilizando diversos gases refrigerantes, principalmente HFC-134a, R-404A y R-744. Desde 2018, implementa un proyecto de conversión para utilizar R-290. Además, Imbera utiliza desde hace varios años agente soplante ciclopentano de bajo PCG para la producción de las espumas aislantes de los refrigeradores.

CONVERSIÓN A REFRIGERANTE R-290

A mediados de 2020, la conversión en Imbera sustituirá su consumo de gases HFC por R-290 y, en menor medida, R-600a, equivalente a dejar de consumir cerca de 124 mil tCO₂e. El proyecto demostrativo es financiado con recursos del Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal, la asistencia técnica de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

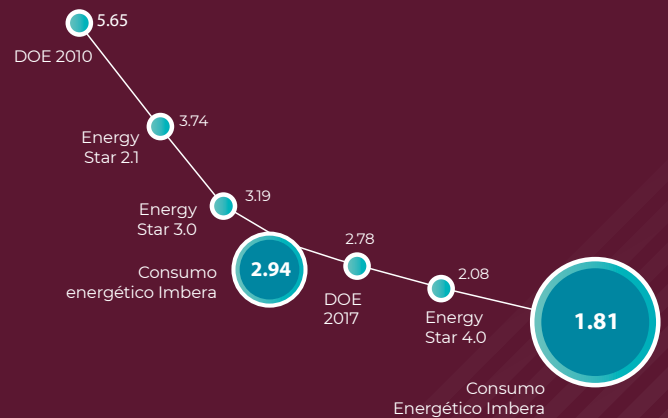
CAMBIOS EN PLANTA: SEGURIDAD Y EFICIENCIA

- Cambio de las cargadoras de gas y equipo periférico implícito
- Sistema de detección de fugas en las cargadoras de gas y sistema de inyección de gas por medio de lector de código de barras para dosificación precisa
- Instalación eléctrica a prueba de explosión en zona de seguridad
- Sistema centralizado de medición de gas propano con umbral de 15% para activación de sistema de seguridad, desconexión de equipos y aumento del sistema de extracción

DESARROLLOS EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Puertas de vidrio LOW de última generación
- Motores electrónicos de corriente continua con ahorros de energía de 50% desarrollados por Imbera y Wellington
- Uso de lámparas LED en puertas
- Compresores de velocidad variable
- Control inteligente de funciones

CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/D)



Comparativo de eficiencia energética de los equipos desarrollados por Imbera. Fuente: Imbera.

INTEGRACIÓN DE OPERACIONES Y MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR

Como parte de su visión de sostenibilidad, Imbera busca ofrecer soluciones a lo largo de la vida útil de los sistemas que fabrica, partiendo de una producción ambientalmente responsable y hasta el reciclado o disposición final de los equipos a los que da mantenimiento, mientras que procura optimizar continuamente los ahorros energéticos, entre otras mejoras de confort, como menor ruido y control inteligente. Todo esto forma parte de las acciones tendientes a consolidarse dentro de un esquema de economía circular, lo que los coloca como líderes del sector a nivel mundial.

¹ Cifras del Observatorio de Complejidad Económica (OEC) del año 2016. Considera la fracción arancelaria 84.18.50. Información disponible en: <https://atlas.media.mit.edu/en/>

Caso de
éxito:

#5

CASO DE ÉXITO #5

Sobre alternativas a los HFC

REFRIGERACIÓN
DOMÉSTICA



Proyecto demostrativo de conversión de HFC por hidrocarburos como refrigerante en fabricación de refrigeradores domésticos en México



Planta Quantum, Celaya. Fuente: Mabe.

ANTECEDENTES

México es el principal exportador a nivel mundial de refrigeradores domésticos de dos puertas, con un valor de más de 3 mil millones de dólares anuales¹. Por otra parte, la penetración de refrigeradores en el mercado interno actualmente se ubica en 88%, como proporción del número total de hogares mexicanos². El principal refrigerante usado en este sector es el HFC-134a, cuyo consumo anual equivale a alrededor

de 2 millones de tCO₂e, y es utilizado en actividades de manufactura y servicios. En este sector la alternativa de menor Potencial de Calentamiento Global (PCG) se ha orientado fuertemente hacia hidrocarburos, como el isobutano (R-600a), por sus características ambientales, técnicas y económicas. Los principales aspectos para considerar en esta transición tecnológica son sobre seguridad y de capacitación de técnicos de servicio.

MABE

Mabe es una compañía mexicana y uno de los fabricantes más importantes de productos de línea blanca en Latinoamérica. Su historia data de 1947, y actualmente agrupa a diferentes marcas, y exporta a diversos países.

PROYECTO DE CONVERSIÓN

En México, Mabe produce refrigeradores domésticos en su planta ubicada en Celaya, Guanajuato. Esta tiene capacidad para producir cerca de 2 millones de unidades anualmente. El proyecto demostrativo, mismo que se implementará durante los próximos dos años, será parcialmente financiado por el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal, con la asistencia técnica del Programa de Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD) y en coordinación de

la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La finalidad del proyecto de conversión es demostrar la eliminación del refrigerante HFC-134a en la manufactura de refrigeradores domésticos a través de su sustitución por R-600a, una alternativa de bajo PCG. Además, como parte de este proyecto se busca comprobar la mejora en la eficiencia energética de los sistemas, a raíz del cambio de refrigerante y otras mejoras, como la innovación en la tecnología de los compresores.

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Además de la reducción progresiva de HFC, la Enmienda de Kigali reconoce y alienta la importancia de incrementar las posibilidades de ahorros en energía. De igual manera el Gobierno de México busca apoyar iniciativas que maximicen los cobeneficios y abonen a la agenda climática del país.

El proyecto demostrativo de Mabe desarrollará mejoras tecnológicas para la utilización de R-600a en los compresores, con la finalidad de incrementar su eficiencia energética. Además de las innovaciones en

el área de compresores, con el proyecto demostrativo se optimizarán otros componentes eléctricos, así como sistema de descongelación, intercambiadores de calor y los sistemas de flujo de aire.

Se espera que con estas mejoras se incremente la eficiencia energética de los equipos entre 10 y 25%, en línea con los requisitos prescritos tras las actualizaciones de la NOM-015 sobre eficiencia energética de refrigeradores domésticos.

BENEFICIOS

- El proyecto de conversión reducirá durante su periodo de operación 240,000 tCO₂e al año, sólo como consecuencia de la sustitución de refrigerante.
- El proyecto demostrativo permitirá evaluar los costos incrementales por la conversión a hidrocarburos en la fabricación de refrigeradores domésticos, lo cual será de utilidad para otros países en desarrollo.



Líneas de ensamblaje de refrigeradores. Fuente: Mabe.

¹ Cifras del Observatorio de Complejidad Económica (OEC) del año 2016. Información disponible en: <https://atlas.media.mit.edu/en/>

² INEGI (2018). Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018.

Caso de
éxito:

#6

CASO DE ÉXITO #6

Sobre alternativas a los HFC

ESPUMAS



Cambio de agente de soplado para espumas de poliuretano en Equipos Amher



Máquina de inyección de alta presión para espuma de poliuretano. Fuente: Equipos Amher.

INTRODUCCIÓN

El sector de las espumas contribuye con 9% del consumo de hidrofluorocarbonos (HFC) en México, en términos de CO₂e. Existen cuatro tipos principales de espumas que utilizan estos agentes: 1) rígidas, 2) flexibles y 3) en spray, de poliuretano, así como 4) espumas de poliestireno extruido. Los HFC utilizados con mayor frecuencia en México para este sector son el HFC-245fa y el HFC-365mfc/227ea. Existen otras alternativas de bajo o nulo Potencial de Calentamiento Global (PCG), como los hidrocarburos (entre ellos el ciclopentano), las hidrofluorolefinas (HFO), el CO₂, agua, alcoholes y aldehídos. Diversos fabricantes de equipos y casas de sistemas en México han sido pioneras en la reconversión de sus líneas de producción para utilizar agentes espumantes de menor PCG. Entre los principales usuarios finales de estas espumas destacan las industrias automotrices, de construcción, de calzado y, notablemente, el aislamiento de refrigeradores domésticos y comerciales, cajas de transporte refrigerado, entre otros electrodomésticos.

EQUIPOS AMHER

Esta empresa mexicana, se ha dedicado desde 1983 a la fabricación de remolques y carrocerías de pasaje y, principalmente, de carga, incluyendo cajas secas y refrigeradas. Su planta de producción está localizada en Gómez Palacio, Durango, y tiene presencia en la mayor parte del territorio nacional.

EL PROYECTO DE CONVERSIÓN

En abril de 2015 Equipos Amher emprendió un proyecto, financiado por el Fondo Multilateral a través del Plan de Eliminación de HCFC (HPMP) de México, para modernizar su producción de cajas refrigeradas con aislamiento a partir de espuma de poliuretano rígido soplado con ciclopentano. Antes de este proyecto de conversión, los paneles de espuma utilizaban como agente de soplado HCFC-141b, gas con potenciales de agotamiento de la capa de ozono y de calentamiento global.

El proyecto implementado por Equipos Amher, que se culminó en marzo de 2016, involucró la reconversión de una máquina de inyección KraussMaffei de alta presión, para trabajar con el nuevo sistema de poliuretano premezclado. El agente soplante ciclopentano se introduce de forma segura en el componente de polioliol con una bomba de alta presión y relación variable, así como un sistema de dosificación especial. El sistema de poliuretano fue desarrollado por Química Pumex.

CARACTERÍSTICAS DEL AGENTE ESPUMANTE DE BAJO PCG

| | |
|--|--|
| Sector y aplicación | Espumas de poliuretano rígido para cajas de transporte refrigerado |
| Alternativa de menor PCG | Ciclopentano |
| Uso de la alternativa | Agente de soplado |
| Punto de ebullición ciclopentano | 49 °C |
| PCG ciclopentano | 5 |
| Consumo promedio de ciclopentano (kg/mes) | 350 |
| Conductividad térmica espuma (W/(K-m)) | 0.0215 |
| Densidad espuma (kg/m³) | 44 |

SEGURIDAD Y CALIDAD

Los dos principales requerimientos para realizar una conversión como la implementada por Empresa Amher son el mantenimiento de las propiedades del producto, como conductividad térmica, y el aseguramiento de los principios de seguridad en planta. El ciclopentano es un compuesto muy volátil y de alta inflamabilidad, por lo que su manejo requiere medidas especiales que minimicen todos los riesgos existentes durante su premezclado en casas de sistemas, así como para usuarios finales, como el caso de Equipos Amher.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Control de temperatura en el compartimento de almacenamiento de ciclopentano a menos de 25°C
- Líneas de succión y reposición de aire para evitar acumulación de gases inflamables
- Sensores de monitoreo de gases inflamables
- Implementación de buenas prácticas de manejo de sustancias químicas, programas de limpieza y orden.
- Modificación de la distribución de la planta para mejorar la seguridad
- Reforzamiento de la red de tierras físicas

RETOS Y LECCIONES

Equipos Amher reconoce que el éxito de este proyecto recae en una adecuada implementación de las medidas de seguridad, así como un cambio en la cultura operativa, ya que los trabajadores están acostumbrados a tratar el poliuretano como un producto estándar. Por otra parte, el aspecto de financiamiento es relevante, ya que aunque existe un pequeño incremento en la relación costo-beneficio al introducir el ciclopentano, que tiene un menor costo comparado con el HCFC-141b u otros HFC del mercado, la inversión inicial requerida para modernizar la planta e implementar las medidas de seguridad necesarias implica una barrera significativa. En el caso de Equipos Amher, si no hubiera existido financiamiento a partir del HPMP de México, la conversión habría sido inviable.

Caso de
éxito:

#7



Primer sistema de refrigeración de CO₂ transcrito para supermercados en México



Rack paralelo de compresión para CO₂ transcrito en tienda Sendero. Fuente: Casa Ley.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas centralizados de refrigeración para supermercados se caracterizan por tener cargas de entre cientos y hasta casi 2,000 kg de refrigerante, mientras que las fugas pueden alcanzar el 30% de la carga cada año. El principal hidrofluorocarbono (HFC) usado en estos sistemas es el R-404A, sustancia que

ha sustituido al HCFC-22 en la última década. El Potencial de Calentamiento Global (PCG) del R-404A es de 3,922. Las tasas de fugas en este sector implican altos costos de mantenimiento para los usuarios, así como un elevado índice de emisiones de CO₂ a la atmósfera. Por este motivo, la tendencia mundial actual es sustituir estos grandes sistemas que usan refrigerantes de alto PCG por: 1) sistemas distribuidos de menor carga de refrigerante, 2) refrigerantes de bajo PCG como los HFO, CO₂ e hidrocarburos, 3) arreglos y tecnologías de mayor eficiencia energética, e 4) implementar instrumentos de detección y control de fugas.

CASA LEY

Casa Ley es una cadena de tiendas de autoservicio 100% mexicana en la actualidad, cuya historia data de 1954. Durante la década de 1980 comenzó su expansión a partir de la asociación con una cadena de supermercados de Estados Unidos, mientras que en la actualidad cuenta con 242 sucursales de diversos formatos, y se ha posicionado como una de las principales cadenas del noroeste del país.

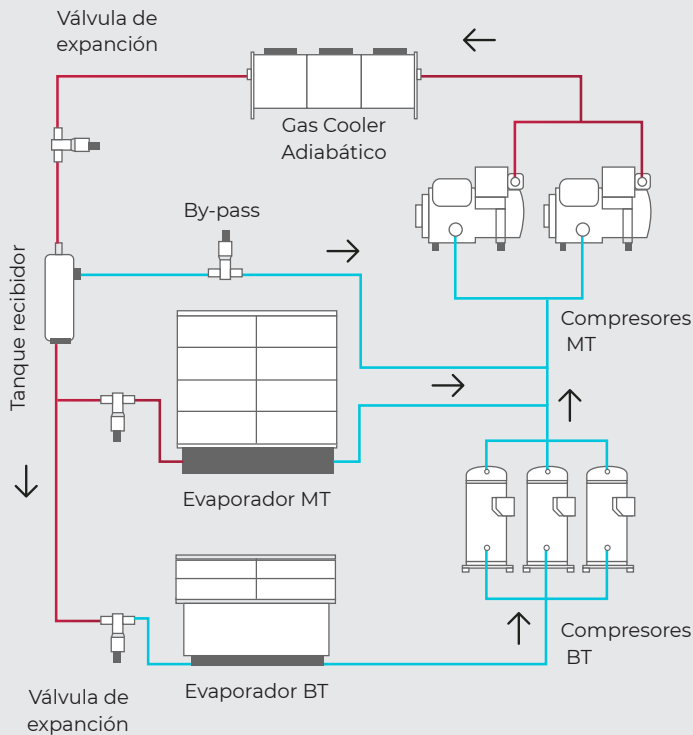
La empresa se ha caracterizado por la continua innovación en sus procesos, por ello ha emprendido proyectos destinados a disminuir su impacto ambiental, como abastecimiento con energía solar y, recientemente, la implementación del primer sistema de refrigeración para supermercados en México con CO₂ transcrito para evitar el uso de HFC.

EL PROYECTO

En 2018 Casa Ley instaló un sistema de refrigeración central con tecnología para utilizar CO₂ en estado transcrito en la sucursal Sendero de la ciudad de Culiacán, Sinaloa, donde la temperatura promedio en el año es de 25°C y se alcanzan hasta 37°C en verano. La tienda cuenta con 7,000 m² de piso de ventas. El sistema se diseñó para suministrar 77,000 BTU/h (6 TR) de refrigeración de baja temperatura a -30 °C para congelamiento de productos, y 444,000 BTU/h (37 TR) de refrigeración de media temperatura a -7 °C para el enfriamiento de refrigeradores y vitrinas de exhibición.

El equipo instalado en la tienda Sendero es de tipo booster estándar, cuenta con un rack paralelo de compresión Kysor Warren, vitrinas Kysor Warren, un gas cooler adiabático Güntner, compresores Bitzer y controladores Danfoss.

Esquema del sistema de refrigeración de CO₂ transcrito con booster estándar



BENEFICIOS

- Tubería de menor diámetro en comparación con refrigerantes HFC.
- Reducción de emisiones directas de casi 8,000 tCO₂e por cambio de refrigerante en 15 años.
- Se estima reducir en alrededor de 7% de consumo de energía en comparación con una tienda en condiciones similares con HFC.
- El impacto climático de la instalación, medido como Impacto de Calentamiento Equivalente Total (TEWI), se reduciría en 75%.

RETOS Y LECCIONES

- Existe escasez de materiales para tuberías de alta presión, por lo que se optó por utilizar acero inoxidable.
- Aún no existe una amplia disponibilidad de CO₂ grado refrigerante en el mercado. Esto condujo a la instalación de un tanque de almacenamiento para evitar desabasto en la instalación.
- Falta de capacidad para realizar pruebas hidrostáticas en el lado de alta presión.
- Es indispensable mejorar la capacitación sobre diseño, seguridad, instalación y operación de sistemas de alta presión.

Caso de
éxito:

#8

CASO DE ÉXITO #8

Sobre alternativas a los HFC

REFRIGERACIÓN
COMERCIAL



Sustitución de HFC por mezclas de HFO de menor PCG en supermercados de Arteli



Rack paralelo de 65 kW de media y baja temperatura para R-449A en la sucursal Universidad. Fuente: Arteli.

INTRODUCCIÓN

La refrigeración comercial contribuye con alrededor de 18% de los hidrofluorocarbonos (HFC) consumidos en México, en términos de CO₂e. En tiendas de autoservicio se utilizan distintos HFC en una gama diversa de sistemas. En equipos autocontenidos, como refrigeradores, vitrinas y congeladores, predomina el uso de HFC-134a; mientras que en unidades condensadoras remotas y sistemas centralizados el refrigerante más común es el R-404A, mismo que tiene un Potencial de Calentamiento Global (PCG)

de 3922. Las alternativas de menor PCG que están disponibles para estas aplicaciones son variables, e incluyen desde mezclas con hidrofluorolefinas (HFO), hidrocarburos, hasta sistemas de CO₂ transcrito o sistemas indirectos en cascada. A continuación se describe un exitoso caso de uso mezclas de HFO de bajo PCG que ha sido adoptado de manera temprana por una cadena de tiendas de autoservicio mexicana.

ARTELI

Arteli es una cadena de tiendas de autoservicio que cuenta con 36 sucursales ubicadas en el noreste del país, principalmente en Tamaulipas, así como Veracruz, San Luis Potosí e Hidalgo. Arteli forma parte de la Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales (ANTAD), y cuenta con establecimientos en formatos de supermercado, minisúper y tienda de conveniencia.

LA SOLUCIÓN

Como parte de la política ambiental y de responsabilidad social de la empresa, Arteli ha implementado un plan de remodelación de sus tiendas por el que ha eliminado casi en su totalidad el consumo de HCFC-22, sustancia agotadora de la capa de ozono, mientras que actualmente también ha decidido sustituir el uso de los HFC en todas sus tiendas. Para este propósito Arteli eligió introducir el refrigerante R-449A (OpteonTM XP40) en cuatro de sus tiendas que contaban con sistemas basados en HCFC-22 y R-404A.

LA SUSTITUCIÓN

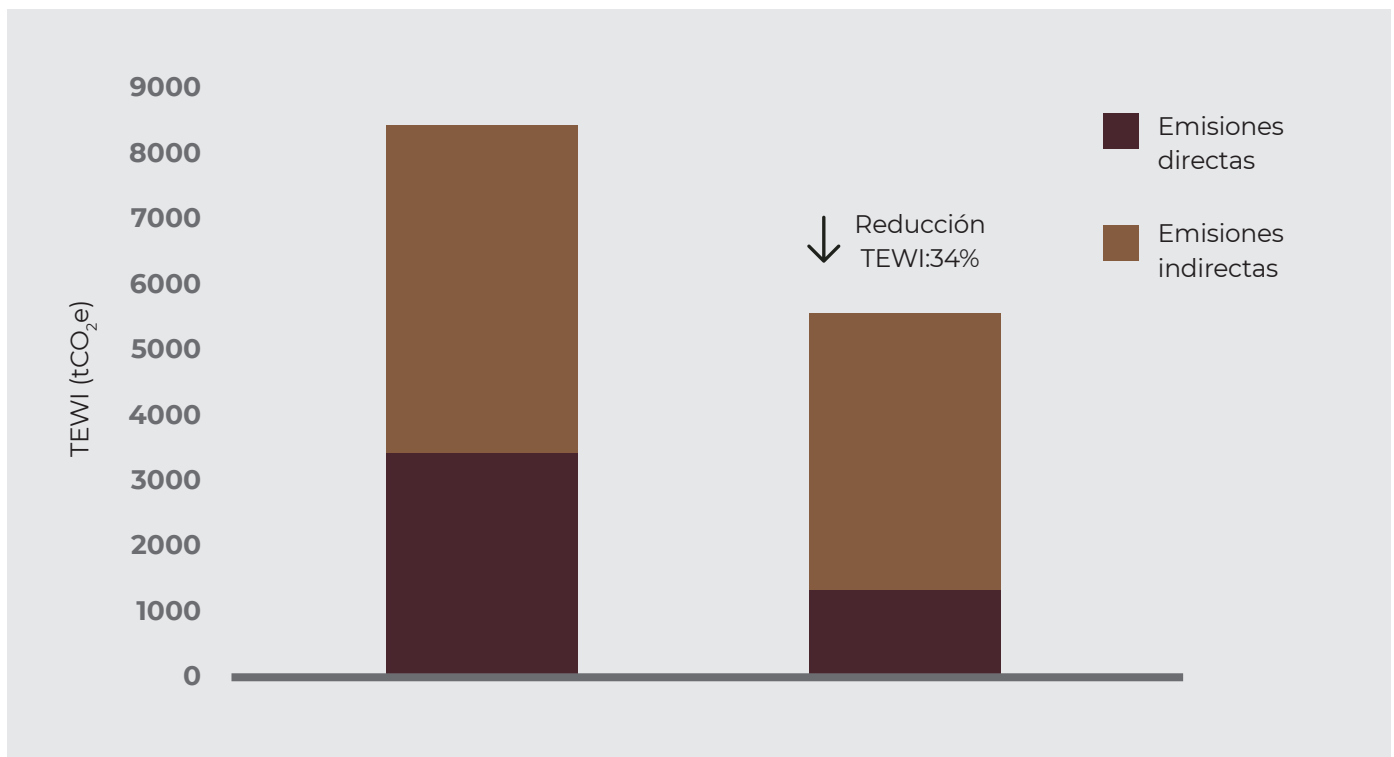
A comienzos del 2018, la cadena Arteli emprendió la remodelación de los sistemas de refrigeración en cuatro tiendas de supermercado: Díaz Mirón, Madero, Universidad y Ébano. Los sistemas de estas tiendas suministran refrigeración de baja y media temperatura para congelamiento de alimentos y exhibición de frutas, verduras, carnes y lácteos, respectivamente.

En las cuatro tiendas se instalaron nuevos equipos, incluyendo unidades condensadoras remotas o racks centrales Bohn, compresores monoetapa Copeland Scroll digitales, así como controladores Danfoss. Debido a que el refrigerante R-449A puede emplearse tanto en sistemas nuevos como en retrofits de sistemas con R-404A y R-22, esto le permitió a Arteli conservar muchos de los componentes previos de los sistemas, como tuberías de cobre y válvulas de expansión, que sólo requieren un ajuste, así como algunas unidades condensadoras remotas existentes. Esto representa beneficios económicos relevantes para los usuarios finales.

BENEFICIOS

- Con la sustitución del R-449A en la sucursal Universidad, por ejemplo, se estima que la Emisiones Directas se reducen en 64%, mientras que el Impacto de Calentamiento Equivalente Total (TEWI) se reduce en 34% a lo largo de la vida útil del sistema, en comparación con el uso de refrigerante R-404A.

Comparación de TEWI entre sistemas con R-449A y R-404A para la sucursal Universidad



Fuente: Elaboración propia con información de Arteli, Chemours y Bohn.

Caso de
éxito:

#9

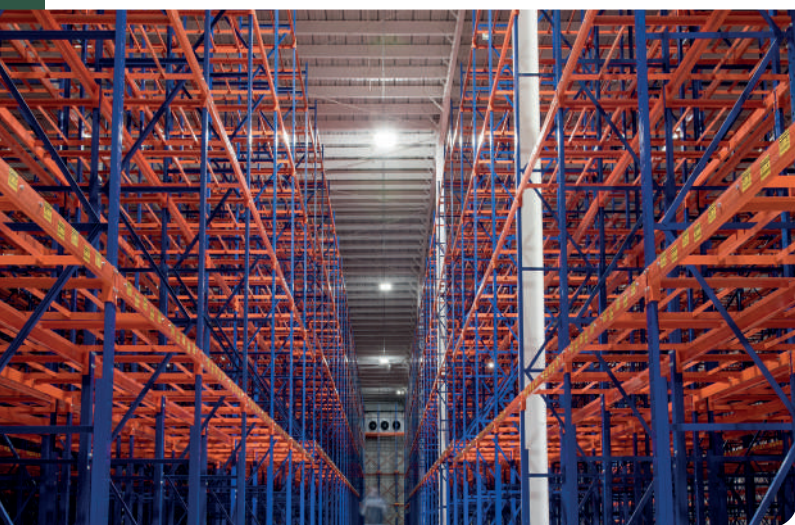
CASO DE ÉXITO #9

Sobre alternativas a los HFC

REFRIGERACIÓN
INDUSTRIAL



Sistema subcrítico de NH₃/Glicol/ CO₂ para refrigeración industrial



Frialsa Tultitlán. Fuente: Bohn.

INTRODUCCIÓN

El amoníaco (NH₃) y el dióxido de carbono como refrigerantes (R-717 y R-744, respectivamente) son dos alternativas de nulo o ultra bajo Potencial de Calentamiento Global (PCG) para sustituir una variedad de aplicaciones que actualmente usan hidrofluorocarbonos (HFC). El amoníaco se ha utilizado históricamente en la refrigeración industrial en chillers y unidades condensadoras de gran capacidad. El R-717 no ha sido explotado en México en instalaciones no industrial debido a que está catalogado como tóxico y de media inflamabilidad. El R-744, por su parte, está comenzando a despuntar como una alternativa muy versátil tanto en refrigeración industrial como comercial, no obstante su introducción ha sido lenta, en parte debido a que para regiones de clima cálido, como en México, presenta retos técnicos. El caso

que aquí se presenta aprovecha las bondades de ambos refrigerantes para ofrecer una solución óptima en una instalación estratégica en la cadena de frío.

FRIALSA

Frialsa es uno de los líderes nacionales en el almacenamiento y distribución de productos congelados y refrigerados. Cuenta con 24 centros de almacenamiento y distribución, ofreciendo alrededor de 350,000 m² de superficie con temperatura controlada. Varias de sus instalaciones utilizan refrigerantes naturales y desde 2010 ha venido instalando sistemas en cascada NH₃/CO₂, que le han permitido reducir las cargas de amoníaco, a su vez disminuyendo el riesgo de sus instalaciones, así como obteniendo ahorros de energía de entre 15% y 20% en comparación con sistemas convencionales.

EL PROYECTO

Uno de sus proyectos más recientes se implementó en 2017 en un centro de distribución de 37,000 m² ubicado estratégicamente al norte de la Zona Metropolitana del Valle de México. Esta instalación, desarrollada por la empresa Bohn, se diseñó para contar con 24,000 posiciones de capacidad de conservación de producto congelado a -25 °C, así como una gran cámara de refrigerados a 4 °C con su respectivo andén a media y baja temperaturas.

Dadas las dimensiones de la instalación se optó por un sistema subcrítico en cascada de NH₃/Glicol/CO₂ que garantizara alta confiabilidad para preservar los productos, óptima eficiencia energética y bajo riesgo.

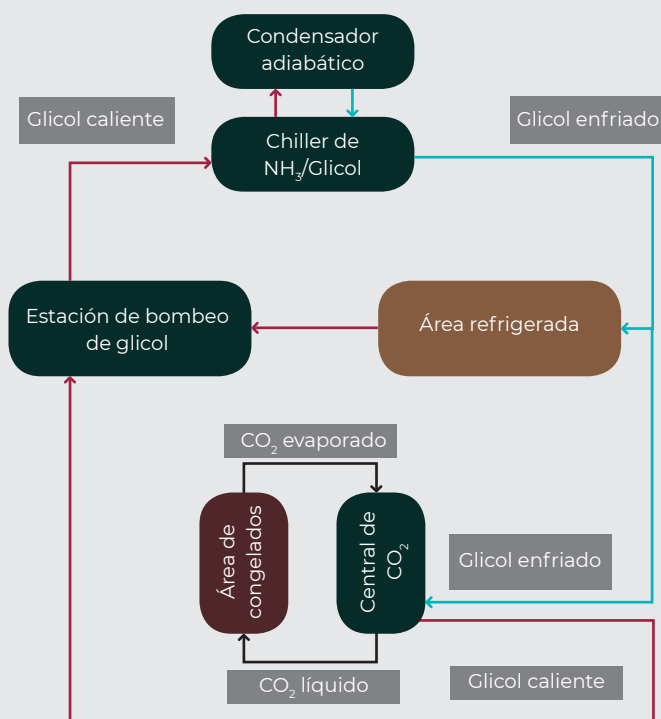
El sistema se compone, en el lado de amoníaco, de dos chillers de 303 toneladas de refrigeración (TR) con 3 compresores de tornillo abiertos cada uno. Estos enfrían propilenglicol al 35% que se manda a las evaporadoras de las áreas de refrigerados y de congelados. El lado de CO₂ cuenta con 4 centrales de CO₂ de expansión directa, con 9 compresores reciprocantes con una capacidad conjunta de 390 TR.

El sistema cuenta también con una estación de bombeo de doble circuito para la recirculación de glicol frío que proviene de los chillers de amoníaco, el cual se envía a los condensadores de placas centrales de CO₂, a 6 evaporadores de glicol de la cámara de refrigerados y a 11 más del andén.

Las cámaras de congelados 1, 2 y 3 disponen respectivamente de 16, 12 y 12 evaporadores de expansión directa (DX) con deshielo eléctrico. Además, el sistema de condensación de amoníaco cuenta con dos condensadores adiabáticos, uno para cada chiller.

Con esta configuración del sistema se consigue tener una carga de tan solo 500 kg de NH₃ por chiller en la zona del cuarto de máquinas, que es significativamente menor en comparación con los sistemas convencionales.

Esquema del sistema de subcrítico de NH₃/Glicol/CO₂



Fuente: Bohn.

BENEFICIOS DEL PROYECTO

- Baja carga de amoníaco, lo que reduce riesgos en la instalación
- Aumento de la eficiencia energética del sistema entre 15%-20% por el aprovechamiento del CO₂ que se desempeña de manera óptima en baja temperatura
- El empleo de glicol como refrigerante secundario permite el enfriamiento de la cámara de refrigerados y el andén
- Los sistemas de compresión en paralelo de NH₃ y CO₂ son más eficientes ya que permiten parcializar la demanda.

RETOS Y LECCIONES

- Debido a la toxicidad del NH₃, estos sistemas no pueden instalarse fácilmente en áreas urbanas, no obstante en instalaciones industriales se siguen perfilando como una opción eficiente y costo-efectiva, especialmente en combinación con otros refrigerantes como el CO₂, que aporta versatilidad y mayor seguridad a la instalación.
- La introducción de CO₂ para reducir las cargas de NH₃ en instalaciones industriales como la de Frialsa, facilita la gestión y obtención de permisos por la Secretaría de Trabajo y Prevención Social.
- Es esencial fortalecer las capacidades sobre diseño y mantenimiento de este tipo de sistemas, mientras que será necesario cuantificar los beneficios económicos, ambientales y energéticos de esta clase de proyectos para poder promoverlos más eficazmente.

Caso de
éxito:

#10

CASO DE ÉXITO #10

Sobre alternativas a los HFC

SERVICIOS



Recuperación, reciclaje y disposición final ambientalmente apropiada de refrigerantes en México

ANTECEDENTES

Con la reciente Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, México se comprometió a reducir progresivamente el consumo de hidrofluorocarbonos (HFC) hasta un 80% en 2045, y lo deberá sustituir por otras alternativas de menor Potencial de Calentamiento Global (PCG) como los hidrocarburos, hidrofluorolefinas (HFO), CO₂, entre otras. Esta sustitución resultará en la generación de bancos de HFC en desuso provenientes de la renovación de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, los cuales son manejados por centros de recuperación y reciclaje autorizados por SEMARNAT. Los HFC en desuso pueden ser reciclados, si sus características así lo permiten, o destruidos en instalaciones con tecnología y permisos para llevar a cabo este proceso de manera ambientalmente responsable. En este sentido, desde el 2007 México cuenta con la capacidad instalada para la recuperación y el reciclado de gases refrigerantes, así mismo durante 2015 y 2016 se realizó en México el primer proyecto demostrativo mediante el cual se consiguió evaluar la viabilidad técnica, ambiental y económica de la destrucción de HFC y otros refrigerantes en desuso en países en desarrollo.

CONTEXTO INTERNACIONAL Y LEGISLACIÓN

En 2011, mediante una decisión del Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal (MLF), se aprobó la ejecución de un Proyecto Demostrativo en México para evaluar la viabilidad técnica y económica de la destrucción de bancos de refrigerantes.

De acuerdo a las regulaciones nacionales, los CFC, HCFC y HFC contaminados o en desuso al estar mezclados con aceites y otras impurezas son catalogados como residuos peligrosos, por ello estos compuestos deben gestionarse y controlarse conforme a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), a su vez en lo que respecta a la normatividad internacional, debe seguirse lo establecido por el Panel de Evaluación Técnica y Económica del Protocolo de Montreal.

MANEJO DE REFRIGERANTES USADOS

Los Centros de Recuperación y Reciclaje (CRR) están autorizados por SEMARNAT prestar servicios de recu-



Gases refrigerantes recuperados. Fuente: SEMARNAT

peración, manejo, reciclaje y disposición final de refrigerantes. Como parte del Proyecto Demostrativo de México, estos centros llevaron a cabo la consolidación de los bancos de refrigerantes descartados para su destrucción, así como su transporte hasta las instala-

ciones de destrucción. En la actualidad se cuenta con una red de 9 CRR a lo largo de todo el territorio. Una de las principales fuentes de bancos contaminados fueron los programas de sustitución de refrigeradores y aires acondicionados ejecutados a nivel nacional.

BENEFICIOS Y LECCIONES APRENDIDAS

- Con el Proyecto Demostrativo se destruyeron 113 toneladas de refrigerantes. Esta cifra, considerando los PCG de las sustancias implicadas, es igual a 500 mil toneladas de CO₂e mitigadas, lo cual equivale a las emisiones que producirían 140 mil vehículos en circulación durante un año.
- Obtención de permisos para la destrucción de CFC, HCFC y HFC para las primeras instalaciones en México, vía arco de plasma de argón y co-procesamiento en hornos cementeros, lo cual abre la posibilidad de establecer un mercado nacional y regional.
- Los costos de destrucción del Proyecto Demostrativo fueron en promedio de 9.4 dólares por kg de refrigerante usado, incluyendo costos de manejo y destrucción. Los resultados indican que es necesario desarrollar un modelo de negocio rentable para asegurar la recuperación y destrucción de todos los bancos de HFC que próximamente se generen. Esto implica modificaciones al marco regulatorio, así como la implementación de incentivos y esquemas de financiamiento para los usuarios finales y prestadores de servicios.



Arco de Plasma de Argón en Quimobásicos. Fuente: SEMARNAT



Horno cementero en Holcim México. Fuente: SEMARNAT

Caso de
éxito:

#11

CASO DE ÉXITO #11

Sobre alternativas a los HFC

AIRE
ACONDICIONADO



Estimación de beneficios del Aire Acondicionado dividido (Minisplit) con R-32 y tecnología Inverter, aplicado en cinco ciudades mexicanas



Instalación de prueba de equipos de aire acondicionado en uno de los sitios del estudio. Fuente: JICA-Daikin.

ANTECEDENTES

Como parte de los compromisos adquiridos tras ratificar la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, México deberá reducir el 80% del consumo de hidrofluorocarbonos (HFC) en las siguientes décadas. El sector de aires acondicionados es uno de los principales usuarios de estas sustancias. En el 2017 contribuyó con casi el 50% del consumo total de los HFC, en términos de CO_2e , lo que incluye tanto fabricación de equipo originales, como uso para servicios. En los últimos años, el principal refrigerante usado en sistemas de aire acondicionado residencial

y comercial continuaba siendo el HCFC-22; no obstante, recientemente se ha sustituido significativamente por el HFC R-410A. Actualmente, entre las alternativas de menor Potencial de Calentamiento Global (PCG) para estos sistemas se encuentran los hidrocarburos, y el R-32, que es un HFC de menor PCG, cada una tiene diversos retos de tipo técnico, económico y de seguridad. El R-32 tiene un PCG de 675, es decir 68% menor que el del R-410A, así como con clasificación de seguridad A2L, ligeramente inflamable. En México aún no es un refrigerante establecido, pero se están comenzando a realizar actividades para evaluar su desempeño y viabilidad.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el marco del Programa de Colaboración con el Sector Privado para la Diseminación de Tecnologías Japonesas de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), en colaboración con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la empresa Japonesa Daikin se desarrolló un proyecto para evaluar la magnitud de ahorros energéticos y beneficios ambientales y económicos que se podrían alcanzar por la introducción la tecnología de Aires acondicionados Minisplit Inverter con refrigerante R-32 en cinco ciudades mexicanas. La comparación de consumo eléctrico se efectuó usando como referencia un sistema de aire acondicionado con compresor de velocidad constante (ON-OFF) y refrigerante R-410A, la cual se puede considerar un estándar de tecnología en México.

AHORROS DE ENERGÍA

Las pruebas de monitoreo de electricidad fueron realizadas por el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL) en edificios de la administración pública federal, bajo distintas condiciones climáticas de México, en época de frío entre el tercer y cuarto trimestre del 2018

y época de calor durante el segundo trimestre del 2019. Cada equipo de aire acondicionado, con una capacidad aproximada de 3,5 kW o 1 TR, fue instalado en una oficina de los edificios sede, administrado con un controlador para operar de manera alternada, y así mantener condiciones similares de carga térmica. En todas las sedes se consideró un horario laboral de lunes a viernes de 8:00 a 18:00 horas para la recolección de datos.

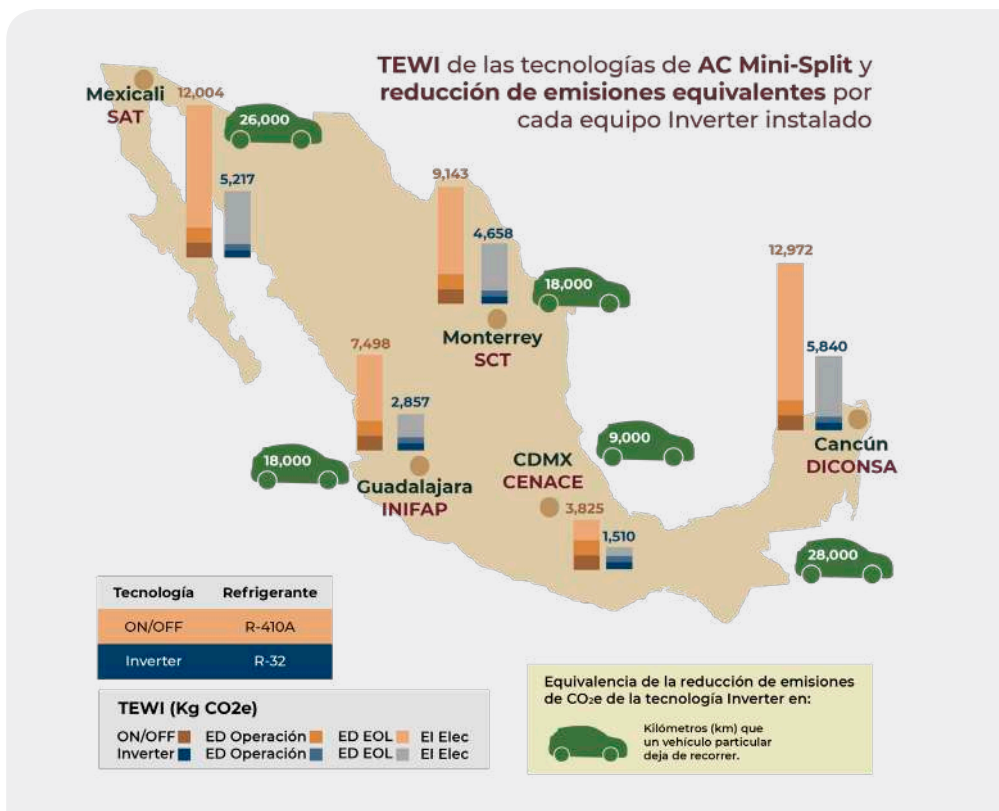
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE MEDICIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO CONSIDERANDO LOS MÁXIMOS AHORROS

| Tecnología | Consumo promedio diario (kWh/día) | | Ahorro de energía (%) |
|------------------|-----------------------------------|----------|-----------------------|
| | ON/OFF | Inverter | |
| Refrigerante | R-410A | R-32 | |
| Mexicali | 8.42 | 3.73 | 56% |
| Monterrey | 7.03 | 3.75 | 47% |
| Guadalajara | 5.12 | 1.86 | 64% |
| Ciudad de México | 1.57 | 0.56 | 64% |
| Cancún | 8.73 | 3.44 | 61% |

AT: Alternative Technology BAU: Business as Usual
Fuente: Colegio de Ingenieros Ambientales de México (CINAM).

BENEFICIOS CLIMÁTICOS

Las reducciones potenciales de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se evaluaron en términos del indicador TEWI, Potencial de calentamiento equivalente total, el cual considera las emisiones directas de CO₂e por fugas de refrigerante en la operación y al final de la vida de los equipos, así como las emisiones indirectas de CO₂e por consumo de electricidad a lo largo de la vida útil de los sistemas. Las reducciones de emisiones por cada unidad de aire acondicionado rondan entre 46% y 57%, y en general la contribución de las emisiones indirectas es la más sustancial. Estas reducciones de CO₂e son equivalentes a dejar de recorrer entre 9 mil y 28 mil km en un vehículo particular por cada unidad de aire acondicionado que se sustituya, y en una proyección a 2030 se reducirían 9.6 millones de toneladas de CO₂e, equivalentes a las emisiones anuales de GEI de una central carboeléctrica operando en Coahuila.



Fuente: CINAM

Caso de
éxito:

#12

CASO DE ÉXITO #12

Sobre alternativas a los HFC

REFRIGERACIÓN
Y AEROSOL



Aplicación de hidrocarburos en sustitución de SAO y de HFC



Foto: Propysol, Planta Teoloyucan.

ANTECEDENTES

Los productos en aerosol utilizan como propelente un gas licuado, comprimido o disuelto a presión, que permite expulsar el contenido del envase en forma de partículas sólidas o líquidas en suspensión en un gas, en forma de espuma, pasta o polvo y con patrones de pulverización, tamaños de partícula y cantidades de producto controlados por una válvula o dispositivo de descarga.

En el pasado, los aerosoles usaron los mismos compuestos clorofluorocarbonos (CFC) utilizados como agentes refrigerantes (CFC-11 y el CFC-12), hasta que fueron clasificados como Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono (SAO).

En respuesta a la eliminación de CFC, algunos fabricantes de aerosoles iniciaron la transición al uso de propelentes alternos que no agotaban la capa de ozono, pero que tienen un alto potencial de calentamiento global (PCG), como el HFC-134a. Sin embargo, también hubo emprendedores que dirigieron sus esfuerzos hacia el uso de hidrocarburos (HC), generando una alternativa amigable con el ambiente, más económica, accesible y segura.

PROPYSOL S.A. DE C.V.

Una de las empresas pioneras en el uso de HC para el sector de aerosoles fue Propysol S.A. de C.V., empresa 100% mexicana, fundada el 25 de abril de 1978 y con la visión de proteger la capa de ozono mediante la sustitución de las SAO por HC producidos en el país y con tecnología propia.

A finales de los años 80´s, la compañía incursionó en la industria de los plásticos espumados, contribuyendo a la sustitución del HCFC-142b y el HFC-134a. A partir del 2016, Propysol identificó la oportunidad de comercializar propano puro como refrigerante para el sector comercial y doméstica (R-290) y también la mezcla de butanos (R-600).

La planta de Propysol para la purificación y acondicionamiento de HC se ubica en el municipio de Teoloyucan, Estado de México. Cuenta con la infraestructura para distribuir a cualquier parte del país hidrocarburos puros como: propano, mezcla de butanos y mezclas de propano/butano.

Los resultados de la sustitución de CFC por HC, llevaron a Propysol a ser considerada como un "Caso de éxito" por el Programa de las Naciones Unidas para el Am-

biente (UNEP IE Ozone Action Programme) en marzo de 1995. Además, la calidad de los hidrocarburos que comercializa Propysol, ha sido reconocida a nivel internacional y publicada por el autor del Aerosol Handbook (Jonhnsen, M.A.), en la Revista "Spray Tecnología" Latin America, Vol. 2, No. 6, Nov/Dic, año 2000.

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL HIDROCARBURO (HC)

Los HC son una de las mejores opciones para sustituir las SAO y algunos HFC debido a su disponibilidad, alto grado de pureza y menor costo.

Aunque los HC son gases inflamables, en México y en el mundo existe la tecnología, normativa y experiencia para el manejo y almacenamiento seguro.

Por lo anterior, el HC es una opción recomendada y factible para sustituir las SAO y mitigar el calentamiento global.

LOS HC: SUSTANCIAS EN CONSTANTE CRECIMIENTO

En la industria nacional del aerosol, la penetración de Propysol en el mercado ha sido muy exitosa. Su propelente se utiliza en aerosoles de cuidado personal y del hogar, medicamentos, alimentos, uso veterinario e industrial, pinturas, insecticidas, artículos de diversión, entre otros. Así mismo, el HC utilizado como agente espumante ha logrado posicionarse como una alternativa importante en el mercado mexicano. Sin embargo, la presencia de Propysol, como distribuidor de HC para la industria nacional de la refrigeración doméstica y comercial, es aún incipiente.

La empresa compra los hidrocarburos grado petroquímico a Petróleos Mexicanos (PEMEX), industria paraestatal con la que ha creado una productiva sinergia a nivel nacional.

Hoy en día, la capacidad de producción en la planta de Teoloyucan es de 4,000 toneladas al mes, cubriendo una demanda actual para sus clientes de 3,000 toneladas por mes.

La compañía se ha destacado por su excelente calidad y servicio, cubriendo más del 60% del mercado nacional. En el 2020 iniciará operaciones en una nueva planta, localizada en el Parque Industrial Petroquímico de Xaloztoc, en el estado de Tlaxcala, México. Así, la empresa está preparada para responder anticipadamente a las nuevas demandas del mercado.



Foto: Propysol, Planta Tlaxcala.

RETOS Y LECCIONES APRENDIDAS

- La industria nacional del aerosol transitó exitosamente de los CFC a HC, de forma rápida, disminuyendo costos y con tecnológicas seguras.
- El mercado potencial de la industria nacional del aerosol es mayor, pero se ha visto limitada porque gran parte de la población sigue considerando que el aerosol daña la capa de ozono.
- Con la entrada en vigor de la Enmienda de Kigali en México, los HC pueden ser adoptados como una de las alternativas para disminuir el consumo nacional de HFC en diversos sectores y abrir nuevas oportunidades de mercado para otras empresas como Propysol.



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

El presente documento de “Casos de Éxito sobre alternativas a los HFC” fue elaborado con financiamiento del **Fondo Multilateral** para la implementación del Protocolo de Montreal, en el marco de las actividades de apoyo para implementar la EK, a través de la **Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial** y en estrecha colaboración con el **Gobierno de México** y la **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales**.



**GOBIERNO DE
MÉXICO**

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



GOBIERNO DE
MÉXICO

MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES