

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS



ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL
GRADO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA**

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN
ACORDE CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE EN
COSTA RICA PARA EL ICE TELECOMUNICACIONES EN LA
ZONA METROPOLITANA ESTE”**

AUTOR:

MAURICIO PORRAS HUETE

TUTOR:

ING. CARLOS CALDERÓN BORGE

Contenido

Índice de cuadros	8
Índice de gráficos	9
Índice de figuras	9
Abreviaturas	10
Resumen.....	11
Capítulo I: Introducción.....	13
Planteamiento del problema.....	13
Objetivos	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Justificación	14
Antecedentes	16
Antecedente N°1	16
Antecedente N° 2.....	17
Antecedente N° 3.....	17
Antecedente N° 4.....	18
Antecedente N° 5.....	19
Antecedente N° 6.....	20
Antecedente N° 7.....	20
Antecedente N° 8.....	21
Antecedente N° 9.....	22
Antecedente N° 10.....	22
Antecedente N° 11.....	23
Antecedente N° 12.....	23
Limitaciones.....	24
Proyecciones.....	25
Capítulo II: Marco teórico	26
Sistema de climatización para telecomunicaciones	26
Equipo de refrigeración y aire acondicionado eco eficiente	26
Potencial de agotamiento de ozono (PAO)	26
Potencial de calentamiento global (PCG).....	27
Acción de mitigación	28

Huella de carbono debido al uso de gases refrigerantes	28
Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono	29
Protocolo de Montreal.....	29
Protocolo de Montreal en Costa Rica (Ley N° 7223 en 1991).....	30
El Protocolo de Kyoto (Ley N°8219 en CR 1998)	31
Acuerdo de París (Ley N°9405 en CR 2016)	31
Enmienda de Kigali (Ley N°9522 en CR año 2018).....	32
Usos permitidos de gas refrigerante en Costa Rica	32
Refrigerantes hidroclorofluorocarbonos (HCFC).....	32
Refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFC)	33
Clasificación de los Refrigerantes Según Estándar 34 De ASHRAE.....	34
Mezclas zeotrópicas	35
Mezclas azeotrópicas	35
Sustitutos del CFC.....	36
Refrigerantes hidrocarburos (HC)	38
Inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes.....	38
Medidas de mitigación de gases de efecto invernadero en sector RAC	39
Consideraciones ambientales para la elección de un sistema de refrigeración y aire acondicionado con refrigerantes alternativos.....	39
Regulación de uso de gases refrigerantes convencionales.....	40
Uso de refrigerantes naturales	41
El plan nacional de energía 2015-2030	44
Directriz N° 011-MINAE	44
La Ley N° 7223	45
Qué es el ECA (Ente Costarricense de Acreditación)	46
Análisis financieros CAUE	46
Interpretación del costo anual uniforme equivalente.....	47
Seleccionar entre dos o más equipos alternativos.....	47
Seleccionar entre dos o más procesos alternativos.....	47
Reemplazar un sistema de procesamiento manual	47
Cálculo del CAUE	48
1.1 Método de Fondo de Amortización de Salvamento.....	48
1.2 Método del Valor Presente de Salvamento:.....	49

1.3 Método recuperación de capital más intereses:	50
La labor del mantenimiento	52
Capítulo III: Marco metodológico	53
Enfoque de la investigación mixto	53
Matrices para investigación con enfoque mixto	53
Método de investigación.....	55
Propuesta para el desarrollo del método.....	55
Mapeo del sistema de climatización, inventario actualizado y clasificación de equipos	55
Análisis de la situación actual de los equipos de aire acondicionado respecto a la normativa ambiental vigente	55
Valoración de acciones para optimizar	56
Evaluación del proyecto	57
Diagrama de flujo del proceso metodológico	57
Capítulo IV: Análisis de resultados	58
Desarrollo.....	58
Inventario de equipos de climatización	58
Clasificación de equipo por tipo de refrigerante y tamaño	58
Clasificación de equipo con Freón 22 según capacidad frigorífica.....	59
Clasificación equipo fuera de servicio por fallo de compresor	60
Clasificación de equipos por estado operacional.....	61
Análisis de datos recopilados	62
Situación Actual del Sistema Según la Ley Ambiental Vigente y lo que ofrece el mercado en CR.....	62
Posibles soluciones.....	62
Aspectos por tomar en cuenta para la elección del plan por seguir	65
Análisis de un primer paso para reemplazo de equipo	65
Sitios prioritarios por condición estratégica.....	66
Acciones complementarias.....	67
Plan de manejo responsable para Freón 22 residual.....	68
Análisis financiero	69
Costos de proveedor externo al ICE (listado en Apéndice K)	69
Costos operativos por reemplazo de equipo.....	69
Costo por materiales en instalación de equipo	70
Costos por reparaciones	70

Costo por destrucción responsable del Freón 22	70
Cálculo del CAUE.....	71
Cálculos CAUE en detalle	72
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	74
Conclusiones	74
Recomendaciones	76
Capítulo VI: Propuesta	77
Planteamientos	77
Resumen de costos	78
Propuesta final	79
Bibliografía	80
Apéndices	82
Apéndice A: 19 equipos (3 y 5 T. R) con fallo en compresor, fuera de servicio, pendientes de reparación a setiembre de 2021, ejemplo de casos propuestos primeros a sustituir, no reparar.	82
Apéndice B: Inventario de 109 máquinas de climatización con Freón 22, de 3 y 5 T. R, prioridad 1.	83
Apéndice C: Refrigerantes Naturales	86
Apendice D : Eficiencia equipos climatización	87
Apéndice E: Certificación ECA Ley N° 8279.....	88
Apéndice F: Propiedades de los Refrigerantes Freón 22 (comparado con otros) y R-427A (sustituto de Freón 22 aprobado).	89
Apéndice G: Información obtenida vía correo electrónico respecto a Normas INTECO, certificación ECA y otros para sistemas de climatización con personal del MINAE	92
Apéndice H: Protocolos de mantenimiento existentes.	96
Apéndice I: Formulario para supervisión de mantenimiento preventivo.....	101
Apéndice J: Autorización para utilizar datos.	103
Apéndice K: Costos de proveedor externo al ICE.....	104
Apéndice L: Cotizaciones de equipo 3 y 5 T. R	106
Apéndice M: Certificados ECA de equipo seleccionado	111
Apéndice N. Cotización repuesto para reparación por fallo de compresor.....	122
Apéndice O. Taza de fallos vs vida útil.	123
Apéndice P. Uso del recurso natural para climatización	124
Apéndice Q. Distritos de Frío	125

Apéndice R. Sistemas de gestión y monitoreo	126
Apéndice S. Sistemas Monoblock implementados en CR por DIGECA entre otros como parte del proyecto SPODS	127
Apéndice T. Cotización por los Servicios de Recuperación, Almacenaje y Disposición del Freón 22.....	128

Índice de cuadros

Cuadro 1: Características de los refrigerantes hidroclorofluorocarbonos (HCFC)	33
Cuadro 2: Características de los refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFC)	34
Cuadro 3: Clasificación de los refrigerantes	35
Cuadro 4: Mezclas azeotrópicas refrigerantes series 400, correspondiente al PCG en 100 años.....	36
Cuadro 5. Valores de PAO Y PCG de refrigerantes Hidrocarburos.....	38
Cuadro 6: Ejemplos de refrigerantes naturales	41
Cuadro 7: Carga de refrigerante hidrocarburo asociada a diversos tipos de aplicación	44
Cuadro 8. Ejemplo 1 para calcular CAUE	49
Cuadro 9. Ejemplo 2 para calcular CAUE	50
Cuadro 10. Ejemplo 3 para calcular CAUE	51
Cuadro 11. Enfoque Mixto-Diseño Anidado Predomina Cuantitativo	53
Cuadro 12. Enfoque mixto-diseño anidado predomina cualitativo	54
Cuadro 13. Aspectos tomados en cuenta para el plan a seguir	65
Cuadro 14. Costos de equipos sin instalación y sus características principales	69
Cuadro 15. Costo operativo por reemplazo de equipo de 36000 BTU/hr y 60000 BTU/hr respectivamente	70
Cuadro 16. Resumen del CAUE a evaluar.....	71
Cuadro 17. Escenario 1, 10 años de vida útil	72
Cuadro 18. Escenario 2, 12 años de vida útil.	72
Cuadro 19. Variación en consumo de equipo propuesto respecto a equipo existente	73
Cuadro 20. Costo de equipo y materiales de instalación	78
Cuadro 21. Costos operativos por reemplazo de equipos (mano de obra con planilla ICE)	78
Cuadro 22. Costo total del proyecto	78
Cuadro 23. Costo total del proyecto	79

Índice de gráficos

Gráficas 1 y 2 capacidad y tipo de refrigerante respectivamente.....	59
Gráfica 3. Tamaños de equipos con Freón 22	60
Gráfica 4. Equipos con compresor malo.....	61
Gráfica 5. Rangos de criticidad.....	67
Gráfica 6. Tamaños de equipo con Freón 22 en sitios críticos.....	67
Gráfico 7. Cantidades de equipo por tipo de refrigerante.....	74

Índice de figuras

Figura 1: Proceso de agotamiento de la capa de ozono por sustancias agotadoras de la capa de ozono.	27
Figura 2: Ilustración del efecto invernadero.....	28
Figura 3: Conversión para estimar la carga equivalente de HC.....	42
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso metodológico	57
Figura 5. Dato de consumo nominal de fábrica	73

Abreviaturas

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

GEI: Gases de Efecto Invernadero

CFC: Clorofluorocarbono

HCFC: Hidroclorofluorocarbono

HFC: Hidrofluorocarbono

HC: Hidrocarburo

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

TR: Toneladas de Refrigeración

KW: Kilowatt

SAO: Sustancias Agotadoras de Ozono

PAO: Potencial de Agotamiento de Ozono

PCG: Potencial de Calentamiento Global

GIZ: Cooperación Alemana para el Desarrollo, GIZ

PNUD: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo

MINAE: Ministerio Nacional de Ambiente y Energía

DIGECA: Dirección Gestión de Calidad

AHRI: Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración, por sus siglas en inglés

SEER: Relación de eficiencia energética estacional

EER: Relación de eficiencia energética

CAUE: Costo anual uniforme equivalente

BTU/HR: Unidad térmica británica por hora

Resumen

Este proyecto consiste en la elaboración de un plan para optimizar la operación del sistema de climatización en el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) área de Telecomunicaciones, con algunas acciones, específicamente para la Zona Metropolitana Este, enfocado en los mecanismos voluntarios y regulaciones que promueve el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), con su Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA) como punto focal del Protocolo de Montreal en Costa Rica y sus enmiendas (Convención de Viena para protección de la capa de ozono, Protocolo de Kioto, Acuerdo de Paris y Enmienda de Kigali).

DIGECA como agente promotor, regulador e implementador con objetivo de promover la mejoría en la calidad ambiental y la prevención de la contaminación mediante el diseño e implementación de herramientas e instrumentos técnicos y jurídicos de gestión ambiental, se toma como referente, para atacar principalmente el uso de sustancias químicas con potencial de agotamiento de ozono PAO, como lo es el Freón 22 acorde a sus regulaciones.

Además de diferentes tipos de refrigerantes como R-134A, R-407C y R-410A entre otros, que entrarán también en procesos de disminución gradual y regulación, los mismos se encuentran presentes en gran cantidad de equipos de aire acondicionado del sistema de climatización para las telecomunicaciones en la zona, se conocían como refrigerantes amigables con el medio ambiente, por tener cero PAO, pero estudios científicos han determinado que presentan un potencial de calentamiento global alto.

De manera que se incorporan al Protocolo de Montreal, con el Protocolo de Kyoto y la Ley N°8219, vigente en Costa Rica desde el año 1998, la regulación y eliminación gradual del refrigerante hidroclofluorocarbono (Freón 22 entre otros, prohibida su importación a CR desde 2010 que ya sustituían a los CFC, por su PAO) e hidroclofluorocarbonos HFC (R-134A entre otros) que se regulará su importación para el año 2024 según últimas enmiendas al Protocolo de Montreal hasta lograr la meta de reducirlo a un 2,5 % al año 2030.

Así crece el grupo de sustancias reguladas para importar al país, como lo fue desde el año 2010, con la Ley N°7223 vigente en nuestro país desde el año 1991, desde donde se inició el proceso gradual de reducción de sustancias con PAO, hasta enmiendas del Protocolo de Montreal más recientes (enmienda de Paris y enmienda de Kigali) con leyes N° 9405 y N°9522 respectivamente para comprometerse a ser carbono neutral en el nivel país, con tecnologías

modernas de alta eficiencia y la disminución gradual de refrigerantes con alto potencial de calentamiento global.

Por esos motivos se propone con el método adecuado, formular un plan que ayude de manera progresiva a reducir el uso del Freón 22 de dichos sistemas, de forma prioritaria, con diferentes opciones para su procedimiento, según se pueda valorar en la investigación para determinar la manera más factible de efectuarlo, en busca de la implementación de sistemas con refrigerante natural como el hidrocarburo HC, con tecnologías de eficiencia energética superior, para agilizar u optimizar el camino que lleva la institución hacia el desarrollo sostenible realmente amigable con el medio ambiente.

Capítulo I: Introducción

Planteamiento del problema

¿Cómo implementar acciones factibles que garanticen la transición adecuada a sistemas de climatización de menor impacto al medio ambiente y así lograr el cumplimiento de los compromisos ambientales vigentes en el nivel país y una mejora en la gestión de dichos sistemas en el ICE?

Objetivos

Objetivo general

Implementar un plan que permita migrar a sistemas de climatización que requiere el ICE Telecomunicaciones en la Zona Metropolitana Este, a fin con leyes vigentes, para operar y mantener dichos sistemas de manera óptima, acorde a compromisos nacionales e internacionales referentes a la conservación del medio ambiente, mediante las directrices de las entidades correspondientes, aplicable a otras zonas e instituciones.

Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento de los equipos de aire acondicionado presentes en el ICE Telecomunicaciones zona Metropolitana Este, que permita identificar las condiciones operacionales, vida útil e impacto ambiental.
- Análisis y clasificación del equipo existente para determinar maneras de optimizar, implementando acciones en el sistema de climatización del ICE Telecomunicaciones Zona Metropolitana Este, evaluando alternativas a fin con los compromisos ambientales.
- Determinar soluciones prioritarias para sitios estratégicos.
- Evaluar soluciones complementarias, de forma planificada para el proceso transitorio al que instan las enmiendas del Protocolo de Montreal, con soluciones en el corto plazo.
- Efectuar el análisis financiero de las alternativas, para evaluar rentabilidad entre distintas opciones y escenarios probables.

Justificación

Actualmente en la zona se podría optimizar en cuanto a lineamientos y puesta en práctica de acciones en pro de la conservación del medio ambiente, a pesar de los esfuerzos y gestiones que se llevan a cabo como lo determinan los diferentes entes de nuestro país, con los que se rigen comités institucionales, bajo directrices del MINAE, gobierno de la república, entre otros, acorde con los tratados y acuerdos mundiales y nacionales que regulan y buscan atacar el cambio climático que generan el efecto invernadero con emisiones de CO₂, gas con PCG (potencial de calentamiento global) y el uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono (PAO potencial de agotamiento de ozono), reacciones nocivas al planeta que se reducen y eliminan respectivamente con los lineamientos correspondientes.

Con la quinta enmienda al Protocolo de Montreal, enmienda de Kigali, que regula y desplaza el uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono, desde 1987 pero que entró en vigencia para 1989 y que actualmente insta a implementar nuevas tecnologías más eficientes. Específicamente bajo la directriz N°17-MINAET del Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones, se observa la necesidad de tomar algunas acciones que lleven a un óptimo cumplimiento y manejo específicamente del sistema de climatización en este proyecto, que se refleje en optimización de costos por consumo energético y cada vez un menor impacto ambiental por consumo y uso de sustancias químicas.

Siendo el ICE una institución insigne del desarrollo sostenible, destacando en nivel mundial como ejemplo en materia de fuentes de energías verdes amigables con el medio ambiente, galardonado por el PBAE (Plan Bandera Azul Ecológica) anualmente en diferentes categorías, es indispensable implementar los sistemas más eficientes en el nivel energético, con nuevas tecnologías, siempre lo más amigables con el medio ambiente posible, acorde con los compromisos en el nivel país adoptados por el gobierno e implementados por las leyes vigentes, por lo que se requiere un plan para migrar a sistemas con ciertas especificaciones, luego de un estudio que genere insumos para una gestión a fin.

De modo que es indispensable estar siempre actualizados con las invenciones, tendencias, acuerdos, tratados y enmiendas, que incluyen lineamientos en este caso específico para sistemas de climatización como lo es así también los demás sistemas, respecto a la conservación del medio ambiente y tecnologías cada vez más amigables con la naturaleza y el planeta en el que vivimos, lo cual implica el constante control, actualización, inventariado, modernización y evaluación de los

sistemas que se utilicen y puedan tener algún impacto, enfocados aquí específicamente en el sistema de climatización para las telecomunicaciones de la Zona Metropolitana Este, por el consumo energético que este requiere, así como las sustancias químicas que se utilizan para su funcionamiento.

Por lo que se plantea establecer una herramienta que permita conocer en detalle, estudiar y actualizarse en cuanto a parámetros requeridos en los sistemas, para una óptima gestión y el estricto cumplimiento según se establece en los compromisos para la conservación del medio ambiente, con los que se rige para los sistemas de climatización y así continuar con el desarrollo sostenible, siempre apegados a normativas. Esto implica el apego y cumplimiento con el Plan Nacional de Energía 2015-2030, directriz N° 011-MINAE, entre otros que contempla la Ley.

Antecedentes

Antecedente N°1

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Título: Modelo de Gestión Energética para los Sistemas de Aires Acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica

Autor: Kimberly de los Ángeles Robles Rojas

Año: junio 2019

Se analiza el modelo de gestión energética aquí planteado para aires acondicionados, como referencia para elaborar el plan requerido en este proyecto, ya que el modelo de gestión en la referencia al igual que el plan por desarrollar, plantean un proceso de transición hacia el uso de sistemas de climatización con equipos de aire acondicionado que generen menor impacto ambiental, para el adecuado desarrollo sostenible de la institución, la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero y la des carbonización del país.

De manera que la metodología en dicha referencia coincide mucho, ya que es totalmente a fin con lo requerido en este proyecto, y es parte de su alcance el poder usar este modelo de gestión para las demás instituciones, así que se propone y plantea en un orden muy similar y específico para la metodología, primero con un estudio general de los equipos instalados que es la actualización del inventario, seguido por un análisis basado en criterio técnico y ambiental donde se especifican y clasifican según algunas variables y características, de manera que pueda concluir con requerimientos sea de adquirir equipos nuevos o posibilidades de modificar algunos equipos, así como saber si es necesario tomar acciones prioritarias con intervenciones al sistema, para una etapa posterior que consista en valorar acciones concretas según viabilidad, tomando en cuenta análisis financiero, impacto ambiental y eficiencia energética.

Llegando así a una etapa final de evaluación del proyecto. Esperando concluir de igual manera con la recomendación de usar equipos con gas refrigerante natural y que esto sea factible, así como aportar herramientas de control que llevan al cumplimiento de las normativas, como lo son la identificación actualizada de cada equipo en una base de datos y el registro del comportamiento dinámico del gas refrigerante con que opera cada uno de ellos en cuanto a recargas, fugas e impacto ambiental.

Antecedente N° 2

Título: Propuesta de diseño para climatización de Planta 2 de la empresa Florida Retail

Autor: Michael Steven Morales Arias

Año: junio 2019

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Se toma como antecedente de interés por ser un proyecto enfocado en la mejora en cuanto a la operación de sistemas de climatización, apegado a la normativa ambiental vigente para dichos sistemas, al tener que evaluar la implementación de refrigerantes ecológicos (amoníaco y agua), para eliminar sistemas con los que operan, por su potencial de agotamiento de la capa de ozono y potencial de calentamiento global al contacto con el medio ambiente, teniendo que migrar de ciertas tecnologías a nuevas tecnologías; Sirviendo de referencia específicamente con la recopilación de datos de mantenimiento para los equipos dentro de sus objetivos, lo cual servirá para la investigación y análisis al tener que actualizar inventarios y clasificar los equipos, para llegar luego de todo el estudio al análisis financiero, como también es requerido en el plan a desarrollar para optimizar el sistema de climatización y su estudio de factibilidad. Sin embargo, al estudiar esta tesis no se logra tomar como guía el análisis financiero propiamente ya que se utiliza el TIR lo cual no se ajusta al estudio en cuestión, ya que lo que aplica en el mismo es el CAUE.

Antecedente N° 3

Título: Diseño de un sistema de aire acondicionado para confort térmico, aire acondicionado de precisión y ventilación industrial para los edificios de administración, laboratorio de control de calidad y laboratorio de metrología de RECOPE, Plantel El Alto, Ochomogo, acorde a la norma ASHRAE”

Autor: Rafael Ángel Cascante Gómez

Año: 2018

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Se estudia este proyecto ya que abarca soluciones para diferentes sistemas de climatización, como son específicamente de confort y precisión, lo cual aporta una perspectiva a tomar en cuenta, como parte del estudio, para efectuar el plan requerido de optimizar el sistema de climatización en el caso nuestro, teniendo en común dar solución en cuanto a confort y precisión, en el caso de esta referencia, para áreas administrativas y laboratorios respectivamente, como para el tema nuestro

en cuanto a equipos para oficinas administrativas y salas con equipo electromecánico y de telecomunicaciones requiriendo controlar más que solo temperatura. También es de interés que se abarca el tema de presupuesto del proyecto para análisis y estudio de controlar parámetros de humedad relativa, calidad de aire, presión positiva, entre otros, como lo es también en nuestro plan de optimización. Sin embargo, no se logra adaptar correctamente a nuestro objetivo en sus resultados, ya que toma refrigerante R410A como ecológico, el cual ya se ha comprobado que no lo es, debido a su potencial de calentamiento global.

Se valora como aportes en sus recomendaciones factores que optimizan en cuanto a eficiencia como: arquitectura, cerramientos para presión positiva, controles manuales o automáticos para minimizar error humano, también identificar y especificar bien los parámetros requeridos para cada recinto según sea su fin, y monitoreo y evaluación constante de filtración y calidad de aire para los recintos.

Antecedente N° 4

Título: Diseño del sistema de aire acondicionado y ventilación para el edificio del centro nacional de control del dolor y cuidados paliativos

Autor: Luis Andrés Flores Quirós

Año: 2017

Institución: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

Este es un proyecto de diseño que se toma como antecedente que para fines didácticos en nuestra investigación refresca y amplía en nivel de detalle, si lo que se busca es optimizar en el caso nuestro en cuanto a eficiencia energética para climatización, como es evidente también en otras referencias, se evalúa desde la arquitectura, orientación de la infraestructura, sus materiales de construcción, localización geográfica, proximidad de otros edificios y zonas verdes. Eso es punto de partida en el método de este proyecto de diseño, junto con la consulta de literatura especializada en el tema, para tomar en cuenta para el proyecto en general y para recintos específicos. También en cuanto a cálculo de cargas térmicas, caudal de aire, así como otras condiciones relevantes que demanda el óptimo diseño para la solución requerida. Se busca seguir como guía el método del proyecto, como recopiló los datos mencionados, para obtener información de fabricantes que se ajuste en cuanto a la variedad de cargas térmicas y demás variables a

solventar. Así tener insumos suficientes para poder proveer planos de diseño con las especificaciones óptimas.

Cabe rescatar al estudio de esta referencia como antecedente, la conclusión de proyectarse también a implementar un control centralizado, operado desde una computadora, por medio de una interfaz sencilla, de tal forma que el administrador o personal de mantenimiento del edificio puedan programar y controlar parámetros y múltiples funcionalidades más que brinda la tecnología actual, en nuestro caso enfocados a eficiencia energética.

Antecedente N° 5

Título: Diseño del Sistema de Climatización del Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano (CIMOHU) de la Escuela de Educación Física y del Deporte de la Universidad de Costa Rica

Autores: Armando Flores Mora, Ricardo Madrigal Corrales y Oscar Mauricio Cordero Chinchilla

Año: 2016

Institución: Universidad de Costa Rica

En este trabajo se refiere a criterios de diseño para dar solución a diferentes escenarios de climatización con distintas variables a controlar, sirve como guía en cuanto a dichos criterios de diseño para una solución óptima, debiendo tomar en cuenta ubicación geográfica, parámetros externos del recinto a climatizar como lo dicta el estándar 62.1-2007 de ASHRAE sobre Ventilación y Calidad de Aire Interno, también parámetros internos como potencia estimada por iluminación así como por cantidad de racks de equipos (telecomunicaciones, *switches* y servidores) y puntualmente los datos de operación que se requiere en dicho recinto, por lo que es de interés, tomando en cuenta que se requiere trabajar tanto en control de temperatura para confort, y se analiza la climatización para controlar variables como humedad relativa, calidad del aire y la utilización de diferentes dispositivos tecnológicos para tal fin, como son resistencias de calentamiento y humidificadores requeridos, así como se utilizan en los equipos de precisión para climatización en salas de telecomunicaciones, basados en estándares como ASHRAE 55-2004, TBS 20°C - 21°C y HR < 70 %.

Se toma de las conclusiones y recomendaciones valorar la instalación de control centralizado con interfaz gráfica que facilite datos de consumo bajo distintos escenarios que

permitan el análisis de sus variables para optimizar consumos energéticos de ser posible, así como el apego a las normativas nacionales e internacionales en cuanto a eficiencia energética y usos de refrigerantes.

Antecedente N° 6

Título: Estudio de pre factibilidad para implementar un sistema demanda de energía para Fuerza y Luz, localizados en Pozos de Santa Ana

Autor: Adriana Porras Zúñiga

Año: 2011

Institución: Instituto Centroamericano de Administración Pública

Esta referencia se toma en cuenta primero por la implementación y el uso de termostatos inteligentes para optimizar el consumo energético, lo cual es de suma importancia para analizar la implementación de estos dispositivos y cualquier método a fin de mejorar la eficiencia energética, como complemento que ayude a el objetivo de des carbonización que se busca por medio de las directrices del MINAE.

También se encuentra de mucho interés la estrategia de investigación, primero con caracterización de la información, siguiendo con fuentes de información, investigación bibliográfica, investigaciones de campo y finalmente procesamiento de la información, lo cual sirve como modelo a seguir en esta etapa de la investigación para formular un plan que permita optimizar el sistema de climatización propuesto.

Antecedente N° 7

Título: Elaboración De Plan De Mejoramiento De Equipos Para El Laboratorio De Refrigeración Y Acondicionamiento De Aire De La Universidad

Autores: Juan David Gómez Mejía Y Juan David Piragauta Barrera

Año: 2018

Institución: Fundación Universidad De América, Colombia

La presente referencia se toma por el análisis ambiental en el capítulo 4, cuenta con la temática de los diferentes tipos de refrigerantes, e identifican bien al 134A, como uno de transición al no tener PAO (potencial de agotamiento de ozono), pero si un alto potencial de calentamiento global, por lo que se analiza al estar actualizados en cuanto a requerir migrar a refrigerantes

naturales, como lo es uno muy utilizado y ahora de interés para nuestro estudio, específicamente el R717, también conocido como NH₃ amoníaco, lo cual es de suma importancia para el proyecto, así como la solución para climatizar con variedad de tipo de equipos y el presupuesto para las diferentes soluciones, aunque difiere de nuestro proyecto por diferentes factores como cantidad de equipos, son 7 equipos distintos y se presenta en diferentes ámbitos didácticos para su plan de mejoramiento en cada uno de esos 7 diferentes tipos de equipo del campo de la refrigeración y aire acondicionado, con objetivos interesantes como diagnóstico y estado actual de los equipos, selección de funcionalidad de equipos según cierta metodología, elaboración de propuesta de mejora, diseño de manuales de mantenimiento, presupuesto, recomendaciones y análisis ambiental del proyecto, se consideran insumos válidos para el análisis y el desarrollo de la investigación propuesta en el plan de optimizar el sistema. También se menciona el refrigerante natural dióxido de carbono designado como R-744 del cual se deberá investigar ara el caso nuestro.

Se toma en cuenta como los HFC impactan en cuanto a calentamiento global, las emisiones de carbono, el CO₂, con el vapor de agua, y gas metano forman una capa neutral en la atmósfera que retiene parte de la energía que viene del sol, por lo que la quinta enmienda del protocolo de Montreal (1987), acuerdo adoptado en Kigali (Ruanda) firmada por 200 países en Octubre 2016, se comprometen a la eliminación progresiva de dichos gases para preservar la capa de ozono y evitar el calentamiento de 0,5 °C en la temperatura media del planeta durante ese siglo.

Antecedente N° 8

Título: Desarrollo E Implementación De Una Metodología Para Orientar A Usuarios De Sistemas De Aire Acondicionado En La Elección De La Mejor Opción Basado En Criterios Económicos Y Ambientales, En La Empresa Aire Acondicionado Y Ventilación Sas

Autor: Andrés Mauricio Guerrero Agudelo

Año: 2018

Institución: Universidad Tecnológica De Pereira, Colombia

De esta referencia se estudia como antecedente, el método de análisis comparativo entre los sistemas de climatización para aplicaciones específicas, como es su objetivo, valorando impacto ambiental, consumo energético, costos y recuperación de la inversión. Será de interés por temas relacionados a los de la investigación propuesta en el proyecto de optimizar el sistema de

climatización en la zona. El análisis por medio de catálogos y tablas comparativas entre equipos convencionales y tecnologías *inverter* para para diferentes capacidades y consumo energético de los equipos de sistema de aire acondicionado. Concluyendo que con equipo *inverter* se obtienen ahorros de 50 % en costos entre una tecnología y otra, tomando en cuenta toda su vida útil, y reducción del impacto ambiental también de 50 %, debido a su eficiente consumo energético que se traduce en ahorro por costo de la energía y por emisiones indirectas de CO₂ la optimización de impacto ambiental.

Antecedente N° 9

Título: Diseño De Un Sistema De Aire Acondicionado De Bajo Costo De Operación Para Las Oficinas Administrativas Del Cuarto Piso Del Edificio De Ingeniería Usat – Chiclayo

Autor: Franco Antonio Germain Rodas Gómez

Año: 2018

Institución: Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Chiclayo, Perú

Se propone impulsar el desarrollo de sistemas alternativos de acondicionamiento de aire que tengan un costo de operación bajo para la climatización de oficinas y centros de trabajo, contribuyendo principalmente al cuidado medioambiental. Así que la evaluación económica de la opción seleccionada comparándola con un sistema convencional, ya que en la evaluación se incluyen precios de adquisición, operación y mantenimiento, es de gran interés para la investigación en cuanto a migrar a sistemas más eficientes en el nivel energético y demás. Y se tomará como ejemplo el tema de costos, con tasa de retorno de inversión aplicado, VAN y TIR, solo como referencia de análisis comparativo, pero se descarta su uso como guía final, ya que será requerido el cálculo de costos mediante CAUE en nuestro proyecto para optimizar.

Antecedente N° 10

Título: Instalación de Climatización Edificio Multifuncional

Autor: Mario Martín Fernández

Año: 2018

Institución: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, España

Se utilizan programas de cómputo que pueden servir para el modelado de las diferentes redes mecánicas por lo que puede ser muy interesante analizar el modo de cálculos para múltiples

recintos diferentes, aunque se requieran cálculos detallados si es el caso, para analizar datos muy generales y poder tener un panorama básico para profundizar más en temas referentes a las normativas vigentes, parámetros de equipos y opciones de solución de últimas tecnologías sostenibles con el medio ambiente. Así como la metodología para mediciones y presupuestos es de interés para análisis como parte de la investigación.

Antecedente N° 11

Título: Sistemas De Acondicionamiento De Aire En Arquitectura

Autor: Carlos Giovanni Loarca Martínez

Año: 2015

Institución: Universidad de San Carlos de Guatemala

Dar a conocer los diferentes Sistemas de Acondicionamiento de Aire de acuerdo con las necesidades de la Infraestructura Arquitectónica es uno de los objetivos específicos, por lo que se toma como referencia para aquellos casos en que se pueda optimizar de alguna manera en pro del ahorro energético según la arquitectura del recinto a climatizar. Así como se una fuente de consulta para profesionales es otro de sus objetivos específicos, por lo que puede ser de gran interés.

Antecedente N° 12

Título: Diseño Y Construcción De Un Acondicionador De Aire Ecológico

Autor: Torres Ordóñez Junior Paul

Año: 2014

Institución: Universidad De Guayaquil, Ecuador

Se toma como referencia al estar enfocado directamente en la implementación de sistemas de climatización distinto a lo convencional en cuanto al cuidado del medio ambiente, como se propone de manera innovadora, con optimizar el consumo energético y el uso de gas refrigerante ecológico, entre otros elementos claves que disminuyen el impacto ambiental. Se construye un equipo de aire acondicionado de unos 12mil a 24mil BTU/h de capacidad, que no utiliza compresor y trabaja con gas R-410A el cual es una mezcla casi azeotrópica que no contribuye a la reducción de la capa de ozono, es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) como A1/A1, es decir; no tóxico y no inflamable aun en caso de fugas.

Limitaciones

La primer limitante identificada es la complejidad del sistema tomando en cuenta toda la zona, con mucha variedad, ya sea por estado y condiciones de operación, clasificación según el tipo de equipo, tamaño, capacidad de enfriamiento y recintos a climatizar, variedad de tecnologías entre lo más moderno, intermedio y obsoleto, con diversidad de producto a climatizar, carga térmica variable, según diseños originales y nuevas tecnologías en telecomunicaciones (racks, salas servidores), electromecánica (UPS, salas de baterías, plantas de fuerza) o confort para oficinas, así como variables arquitecturas en la infraestructura civil que se albergan los sistemas.

Al buscar desarrollar acciones que garanticen el cumplimiento de los compromisos con el medio ambiente en Costa Rica e incluya herramientas para una mejora continua al sistema de climatización a nivel general, bajo distintos escenarios y esquemas de trabajo que se pueden presentar, ya que al ser un sistema dinámico su gran cantidad se vuelve una limitante, por diferente ubicación de equipos, diseños de recintos, tecnologías cambiantes, cargas térmicas variables, se requiere actualizar hasta donde sea posible, los inventarios de equipos y su clasificación, tomando en cuenta las más de 1000 máquinas distribuidas en más de 70 sitios de diferentes criticidades, se pretende abarcar a cierto nivel de detalle.

Con la limitante del manejo de información de una empresa en competencia que debe adoptar políticas de confidencialidad por la naturaleza del negocio para ciertos datos específicos. De manera que se manejan datos generales para fines didácticos, pero para uso interno se cuenta con el dato específico, por ejemplo, se asigna un número a ciertos sitios en lugar del nombre de la localidad, así se desarrolla un plan que provea lineamientos para optimizar la gestión para operación y mantenimiento del sistema de climatización, apegado a la normativa vigente y actualizado con el mercado actual, así como soluciones técnicas complementarias, ya sea con códigos numerales en lugar del nombre de ciertos sitios considerado pertinente la codificación.

Finalmente, se cuenta con la limitante para poder analizar en detalle las variaciones entre un sistema u otro en cuanto al monto de facturación eléctrica para calcular costos, debido a que entre los diferentes sitios en estudio se tienen tarifas comerciales, tarifa TMT, distintos proveedores del servicio eléctrico como CNFL, Coopesantos y JASEC entre otros.

Proyecciones

Dentro de las proyecciones, se tiene plantear distintas opciones para dar solución al problema de contener sustancias químicas en nuestros sistemas que pueden ir en detrimento en cuanto a la problemática mundial de cambio climático. Suministrando ideas y herramientas enfocados en cumplimiento de la ley ambiental vigente en nuestro país, reflejados en funcionamiento óptimo en el sistema de climatización de la zona en cuanto a consumo energético y costos asociados.

En este trabajo de investigación se busca mostrar los criterios para recomendar el uso óptimo e implementación de nuevas tecnologías, actualización de datos de equipo existente, uso de técnicas eficientes, amigables con el medio ambiente y su factibilidad, implementación de controles electrónicos que optimicen funcionamiento, implementación de mantenimiento predictivo que agilice la transición a sistemas más adecuados, poder recomendar también la actualización tanto del personal técnico y profesional involucrado con los sistemas, así como tecnologías actualizadas de la herramienta y equipo que se use, con certificados de calibración y especificaciones técnicas recomendables para optimizar en varios aspectos, hasta donde sea posible el alcance según las limitantes que se presenten.

Capítulo II: Marco teórico

Sistema de climatización para telecomunicaciones

Sistema capaz de mantener un ambiente controlado en cuanto a variables del aire como temperatura, humedad relativa, calidad de aire (partículas circundantes), CO₂, presión positiva, entre otras, según sea su fin, para ciertos recintos, en el caso específico de las telecomunicaciones, se utilizan recintos en los que se controla la temperatura del aire, la humedad relativa y en algunos casos presión positiva, también se requiere una filtración adecuada, y algunos otros recintos como oficinas, que utilizan equipos de confort para controlar básicamente temperatura ambiente.

Equipo de refrigeración y aire acondicionado eco eficiente

Un equipo de Refrigeración y Aire Acondicionado (RAC) es aquel utilizado para la refrigeración y acondicionamiento del aire en edificios, oficinas, hoteles, comercio, entre otros. Un equipo RAC puede considerarse eco eficiente cuando ha contemplado el análisis de ciclo de vida en su diseño, y lo ha incorporado desde su construcción, operación hasta la recuperación de sus partes una vez finalizada su vida útil. Por ello, es deseable que estén diseñados bajo este enfoque para minimizar su impacto ambiental. Por ejemplo, el uso de gases naturales como agentes espumantes de los aislantes, la utilización de compuestos naturales como gases dentro del sistema de enfriamiento, el uso de tecnologías de flujo variable de refrigerante y los motores de alta eficiencia energética, se consideran elementos que aportan positivamente a la eco eficiencia. Por tanto, para considerar un equipo eco eficiente, debe contemplar gases con potencial de agotamiento de capa de ozono nulo, potencial de calentamiento global con valor marginal o cero y final mente alta eficiencia energética.

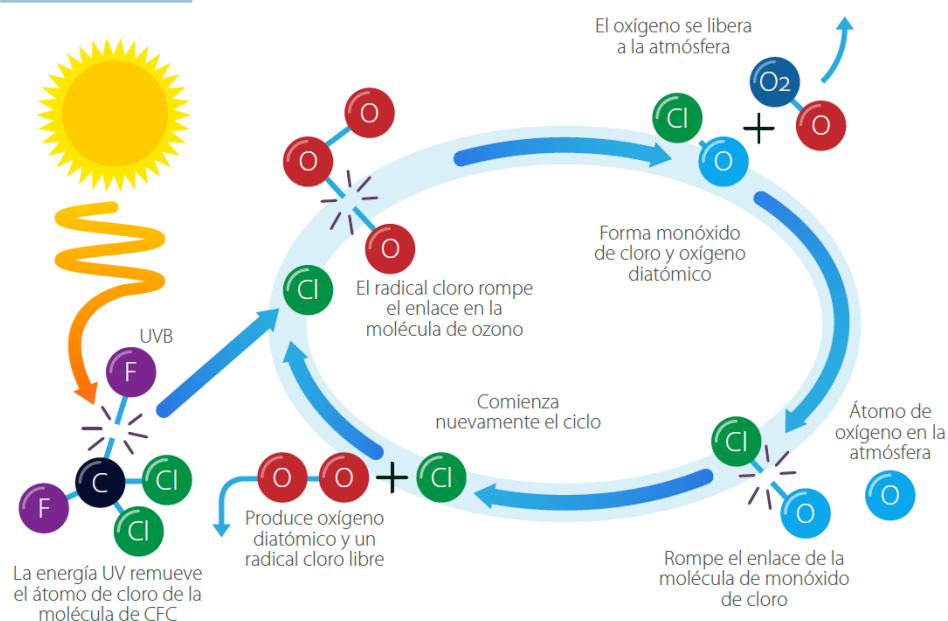
Fuente: PPCN (Programa País Carbono Neutralidad)

Potencial de agotamiento de ozono (PAO)

Las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) están compuestas de elementos químicos que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono de la estratosfera. Las SAO son principalmente hidrocarburos halogenados (clorados, fluorados o bromados). La destrucción de la molécula de ozono ocurre cuando un rayo ultravioleta libera un átomo de cloro de una molécula de clorofluorocarbono (CFCs) o de otro compuesto clorado. El cloro se combina con una molécula de

ozono (compuesta por tres átomos de oxígeno). De estos, toma uno y se genera el compuesto de monóxido de cloro. En promedio, un átomo de cloro es capaz de destruir hasta 100 mil moléculas de ozono. La habilidad que estas sustancias químicas tienen para agotar la capa de ozono se conoce como potencial de agotamiento del ozono (PAO). A cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC-11, cuyo PAO por definición tiene el valor 1.

Figura 1: Proceso de agotamiento de la capa de ozono por sustancias agotadoras de la capa de ozono.



Fuente: PPCN (Programa País Carbono Neutralidad)

Potencial de calentamiento global (PCG)

El potencial de calentamiento global en la atmósfera (PCG) es un índice que compara el efecto del recalentamiento en un período de tiempo para diferentes gases con respecto a emisiones iguales de CO₂ (por peso), considerado el gas de referencia. El calentamiento global o efecto invernadero es otro efecto producido por la liberación de los gases refrigerantes a la atmósfera y se manifiesta como la capacidad de retención de la radiación infrarroja recibida del sol sobre la superficie terrestre. La tierra mantiene un equilibrio dinámico de temperatura, donde parte de la radiación es absorbida por la tierra y otra es reflejada de nuevo al exterior de su atmósfera. Este efecto es el responsable del incremento de la temperatura media de la atmósfera, provocando efectos como el cambio climático, cuyas manifestaciones negativas son eventos atmosféricos más

intensos (lluvias, huracanes, sequías) y el deshielo de glaciares que aumenta el nivel de los océanos, así como la pérdida de una gran parte de la biodiversidad.

Figura 2: Ilustración del efecto invernadero.



Fuente: PPCN (Programa País Carbono Neutralidad)

Acción de mitigación

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC, 2014), se define como “una intervención humana para reducir las fuentes o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero”. Así, las acciones de mitigación son la principal herramienta para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través del tiempo. Además, son uno de los componentes medulares para alcanzar la carbono-neutralidad y cumplir las metas fijadas por el país en la Contribución Nacionalmente Determinada. Por otro lado, en el nivel territorial se debe procurar que las acciones de mitigación, además de reducir emisiones de GEI, mejoren la calidad de vida de los habitantes y que promuevan el desarrollo cantonal bajo en misiones.

Huella de carbono debido al uso de gases refrigerantes

Dentro de la familia de los GEI se encuentran los gases hidrofluorocarbonos (HFC). Conforme se reduce la importación de hidroclorofluorocarbonos (HCFC), se incrementa la importación de los HFC. Estas sustancias se utilizan para cargar equipos nuevos o para reponer el gas que se ha fugado a la atmósfera producto de una mala manipulación del equipo. Si no cambiamos los patrones de consumo, cada día emitiremos más gases de este tipo, con las terribles

consecuencias que nos ha pronosticado la ciencia. Se recomienda el uso de gases refrigerantes cuyo Potencial como Sustancia Agotadora de la Capa de Ozono (SAO) y Potencial de Gases de Calentamiento Global (PCG) tienen valores marginales o iguales a cero. Ejemplo de ellos es la familia de refrigerantes naturales; dentro de los que están los hidrocarburos, el dióxido de carbono (CO₂), el amoníaco (NH₃), entre otros.

Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono

El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, ratificado por los 33 países de América Latina y el Caribe, entró en vigor en septiembre del 1988. El Convenio tiene por objetivo alentar a las Partes a promover la cooperación a través de observaciones sistemáticas, investigaciones e intercambio de información sobre el impacto de las actividades humanas en la capa de ozono y para adoptar medidas legislativas o administrativas en contra de actividades que puedan producir efectos adversos en la capa de ozono.

Las Partes se comprometen a cooperar, directamente o por conducto de órganos internacionales competentes, para garantizar la reunión, validación y transmisión de los datos de observación e investigación a través de los centros mundiales de datos adecuados, en forma regular y oportuna. Las partes facilitarán y estimularán el intercambio de información científica, técnica, socioeconómica, comercial y jurídica pertinente a los efectos del convenio.

Protocolo de Montreal

Según el Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo, el Protocolo de Montreal es un acuerdo ambiental internacional que logró ratificación universal para proteger la capa de ozono de la tierra, con la meta de eliminar el uso de sustancias que agotan la capa de ozono (SAO). De otro modo, aumentaría el riesgo de que altos niveles de radiación ultravioleta penetren en la tierra, lo que daría lugar a una mayor incidencia de cáncer de piel y cataratas oculares, afectaría los sistemas inmunológicos y tendría efectos negativos en las cuencas hidrográficas, las tierras agrícolas y los bosques. Desde su adopción en 1987 y a partir de finales de 2014, se ha eliminado con éxito más del 98 % de las SAO controladas, lo que ha ayudado a revertir los daños a la capa de ozono.

Un beneficio colateral importante es que, durante el período 1989-2013, se han reducido las emisiones acumuladas de CO₂ en 135.000 millones de toneladas. Sin embargo, siguen

existiendo retos. La transición de los CFC (alto potencial de agotamiento de la capa de ozono, o PAO) a los HCFC intermedios (con un PAO más bajo) se ha completado, y la transición final es pasar a alternativas que tienen un nivel PAO de cero. El desafío es desarrollar/seleccionar alternativas (principalmente en refrigeración, aire acondicionado y productos de espuma) que también sean amigables con el clima.

En calidad de organismo encargado de la ejecución del Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal, el PNUD apoya a los países en desarrollo a eliminar las SAO. El PNUD es también un organismo encargado de la ejecución del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) que financia programas similares en países con economías en transición. Los servicios del PNUD incluyen la transferencia de tecnología y la asistencia técnica, la formulación y aplicación de estrategias nacionales y sectoriales, el fomento de la capacidad, el acceso a financiación de diferentes fuentes y la facilitación de las alianzas entre el sector público y el privado. El PNUD ha ayudado a 120 países asociados a acceder a una financiación de 733,5 millones de dólares, ayudando a eliminar 67.870 toneladas de SAO y reduciendo al mismo tiempo 5.080 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero equivalentes de CO₂.

Protocolo de Montreal en Costa Rica (Ley N° 7223 en 1991)

Costa Rica en el cumplimiento del Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono es producto del esfuerzo conjunto de muchos actores, donde destaca la participación del Gobierno como ejecutor de las diferentes actividades; el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo como agencia de implementación; el sector empresarial beneficiario directo, comprometido con cada una de las acciones desarrolladas, y la ciudadanía en general, siempre preocupada por apoyar iniciativas que mejoren su calidad de vida sin impactar el ambiente.

En 1991 Costa Rica emprende un arduo camino para tratar de minimizar el impacto sobre la capa de ozono y el calentamiento global, con acciones como la ratificación del Convenio de Viena y del Protocolo de Montreal y sus enmiendas. En el marco de la implementación de este Protocolo, se alcanzó en el 2010 la eliminación de la importación de sustancias sintéticas como los clorofluorocarbonos (CFC) que agotan la capa de ozono y producen calentamiento global, utilizadas en Costa Rica desde la década de los cincuentas, como agentes refrigerantes en sistemas

de refrigeración y aire acondicionado, lo cual es uno de nuestros grandes logros. Para alcanzar esta meta se brindó asistencia técnica a cerca de 1.000 técnicos y se ofrecieron incentivos económicos para la reconversión de sistemas de refrigeración, al sector industrial, comercial y la flota pesquera; esta última consumía alrededor del 60 % del total de las importaciones nacionales de CFC. Estos objetivos fueron alcanzados gracias al apoyo financiero y técnico del Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal.

La Dirección de Gestión de Calidad DIGECA del Ministerio de Ambiente y energía MINAE, como Punto Focal del Protocolo de Montreal en Costa Rica, se suma a los esfuerzos mundiales por proteger la capa de ozono y el clima, desarrollando acciones tendientes a reducir el consumo de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y los hidrofluorocarbonos (HFC), en el sector de refrigeración y aire acondicionado.

En el marco del Programa País Carbono Neutralidad 2.0 (PPCN 2.0) de la Dirección de Cambio Climático (DCC) del MINAE, las municipalidades y empresas de Costa Rica han mostrado interés en conocer sobre el manejo de los aires acondicionados y refrigerantes.

El Protocolo de Kyoto (Ley N°8219 en CR 1998)

Fue aprobado el 11 de diciembre de 1997. Debido a un complejo proceso de ratificación, entró en vigor el 16 de febrero de 2005. Actualmente, hay 192 Partes en el Protocolo de Kyoto.

Lo ideal sería que estos mecanismos alentaran a que la reducción de los GEI comenzara donde fuera más eficaz en función de los costos, por ejemplo, en el mundo en desarrollo. No importa dónde se reduzcan las emisiones, siempre y cuando se eliminen de la atmósfera. Esto tiene los beneficios paralelos de estimular las inversiones verdes en los países en desarrollo e incluir al sector privado en este esfuerzo por reducir y mantener las emisiones de GEI a un nivel seguro. También hace que el salto, es decir; la posibilidad de saltarse el uso de la tecnología más antigua y sucia para obtener una infraestructura y unos sistemas más nuevos y limpios, con evidentes beneficios a largo plazo, sea más económico.

Acuerdo de París (Ley N°9405 en CR 2016)

Establece un marco global para evitar un cambio climático peligroso manteniendo el calentamiento global muy por debajo de los 2 °C y prosiguiendo los esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C. También aspira a reforzar la capacidad de los países para hacer frente a los efectos del cambio climático y a apoyarlos en sus esfuerzos.

El Acuerdo de París es el primer acuerdo universal y jurídicamente vinculante sobre el cambio climático, adoptado en la Conferencia sobre el Clima de París (COP21) en diciembre de 2015.

La UE y sus Estados miembros se encuentran entre las cerca de 190 Partes del Acuerdo de París. La UE ratificó formalmente el Acuerdo el 5 de octubre de 2016, lo que permitió que entrara en vigor el 4 de noviembre de 2016. Para que el Acuerdo entrara en vigor, al menos 55 países que representasen al menos el 55 % de las emisiones mundiales debían depositar sus instrumentos de ratificación.

Enmienda de Kigali (Ley N°9522 en CR año 2018)

Vigente desde el año 2016, establece la eliminación gradual de gases refrigerantes que tienen un alto aporte al calentamiento global. Costa Rica ratificó y publicó el acuerdo como Ley N° 9522 el pasado 19 de marzo del 2018.

Usos permitidos de gas refrigerante en Costa Rica

Los permitidos Costa Rica son tres tipos de gas refrigerantes en aplicaciones de aire acondicionado y de refrigeración: HCFC (2° generación, en proceso de eliminación), HFC (3° generación de refrigerantes en proceso de transición) y HC denominados refrigerantes hidrocarburos.

Refrigerantes hidroclorofluorocarbonos (HCFC)

Los HCFC son sustancias refrigerantes que incorporan un átomo de hidrogeno, lo cual reduce la estabilidad de la sustancia a menos que la del CFC (familia de refrigerantes cuya importación se prohibió en Costa Rica a partir del 2010). Tienen un poder de agotamiento de ozono estratosférico entre el 2 % y el 7 % comparado con los CFC y han sido utilizados como sustancias de transición.

Sus principales aplicaciones son como:

- Disolvente,
- Propelentes para aerosoles,
- Agente espumante,
- Refrigerante en sistemas de refrigeración y aire acondicionado y

- Limpieza de circuitos de refrigerante antes de cargar.

Cuadro 1: Características de los refrigerantes hidroclorofluorocarbonos (HCFC)

Número ASHRAE	Tipo de sustancia	Nombre químico	Formula química	Envase y color
R22	HCFC	Clorodifluorometano	CHF ₂ Cl	Cilindro Verde Claro
R123	HCFC	Diclorotrifluoroetano	C ₂ HF ₃ Cl ₂	Tambor Gris
R124	HCFC	Clorotetrafluoroetano	C ₂ HF ₄ Cl	Cilindro Verde Intenso
R141	HCFC	Diclorofluoroetano	C ₂ H ₃ FCl ₂	-
R141b	HCFC	1,1-dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CFCl ₂	Tambor Gris Verdoso Claro
R142	HCFC	Clorodifluoroetano	C ₂ H ₃ F ₂ Cl	-
R142b	HCFC	1-cloro-1,1-difluoroetano	CH ₃ CF ₂ Cl	Cilindro Gris Verdoso Claro

Fuente: CICR, 2017. Manual de refrigeración y climatización eficiente.

Los refrigerantes más utilizados en Costa Rica son el R22 y el R141b, principalmente en unidades de aire acondicionado tipo partido. Los HCFC fueron incorporados en una estrategia de eliminación gradual de su importación que inició en el 2013 y finalizará en el 2030.

Refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFC)

Los HFC son sustancias que se incorporan al mercado comercial como sustitutos del CFC-12 y del HCFC-22 principalmente. Se han diseñado químicamente de tal manera que la presencia del hidrogeno y el flúor en su estructura molecular hace que su poder de agotamiento de ozono estratosférico sea de cero.

Se aplican como:

- Propelentes para aerosoles,
- Agente espumante en la fabricación de espumas y
- Refrigerante en sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Cuadro 2: Características de los refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFC)

Número ASHRAE	Tipo de sustancia	Nombre Químico	Formula química	Envase y color
R23	HFC	Trifluorometano	CHF_3	Cilindro Gris Azulado Claro
R32	HFC	Fluoruro de Metileno	CH_2F_2	
R125	HFC	Pentafluoroetano	CF_3CHF_2	Cilindro Marrón Claro
R134a ¹	HFC	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$	Cilindro Azul Cielo
R143a	HFC	1,1,1-Trifluoroetano	CF_3CH_3	Cilindro Gris Verdoso Claro
R152a	HFC	1,1-Difluoroetano	CHF_2CH_3	Cilindro Gris Verdoso Claro

Fuente: CICR 2017. Manual de refrigeración y climatización eficiente.

Como refrigerante puro, el más utilizado es el R-134A, sin embargo, hay mezclas de HFCs como el R-410A que ha venido sustituyendo al Freón 22 en equipos de acondicionamiento de aire, ya que se ha considerado erróneamente como un refrigerante ecológico cuando en realidad no lo es, dado su alto potencial como gas de calentamiento global (el PCG del R-410A en 100 años es de 2100 veces mayor al del CO₂; el del R22 para ese mismo plazo o período es de 1810 veces).

Clasificación de los Refrigerantes Según Estándar 34 De ASHRAE

De acuerdo con la clasificación estándar 34 de ASHRAE, a los refrigerantes se les asignan una nomenclatura según las características del origen al que correspondan. Estos orígenes conforman las series, las cuales son conocidas de manera universal. En el cuadro 3 se observa la clasificación de los refrigerantes según ASHRAE.

Cuadro 3: Clasificación de los refrigerantes

Serie	Nombre	Algunos refrigerantes
000	Metanos	R12, R23
100	Etanos	R134a, R141b
200	Propanos	R290
400	Zeotropos	R407, R410a
500	Azeotropos	R502, R507
600	Orgánicos	R600, R600a
700	Inorgánicos	R717, R744

Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010).

Mezclas zeotrópicas

Las mezclas zeotrópicas son aquellas mezclas de dos o más refrigerantes puros, los cuales poseen diferentes volatilidades. Cuando estas sustancias se evaporan o se condensan en un sistema de refrigeración, la composición y la temperatura de saturación de la sustancia cambian (MINAE, 2014).

Los fabricantes, desde 1990 a la fecha, se han encargado de desarrollar más mezclas zeotrópicas, estas sustancias se conocen como de transición y se desarrollaron con la finalidad de sustituir a los refrigerantes HCFC (Refrigerantes y el medio ambiente, 2012).

Mezclas azeotrópicas

Se les llaman así a las mezclas de dos o más refrigerantes puros con similares volatilidades. Cuando estas mezclas son sometidas a evaporación o se condensan en los sistemas de refrigeración, la composición y temperatura de saturación no varía. Al combinar los componentes, la mezcla se comporta como si estuviera formado por un solo componente (refrigerante puro) (MINAE, 2014).

Cuadro 4: Mezclas azeotrópicas refrigerantes series 400, correspondiente al PCG en 100 años.

Número R	Componentes	PAO	PCG*
404A	R125/R143a/R134a (44/52/4)	0	3 900
407A	R32/R125/R134a (20/40/40)	0	2 100
407B	R32/R125/R134a (10/70/10)	0	2 800
407C	R32/R125/R134a (23/25/52)	0	1 800
407D	R32/R125/R134a (15/15/70)	0	1 600
407E	R32/R125/R134a (25/15/70)	0	1 600
410A	R32/R125 (25/25)	0	2 100
413A	R218/R134a/R600a (9/88/3)	0	2 100
417A	R125/R134a/R600a (46,6/50/3,4)	0	2 300
419A	R125/R134a/R170 (77/19/4)	0	3 000
421A	R125/R134a (58/42)	0	2 600
421B	R125/R134a (85/15)	0	3 200
422A	R125/R134a/R600a (85,1/11,5/3,4)	0	3 100
422B	R125/R134a/R600a (55/42/3)	0	2 500
422C	R125/R134a/R600a (82/15/3)	0	3 100
422D	R125/R134a/R600a (65,1/31,5/3,4)	0	2 700
423A	R134a/R227ea (52,5/47,5)	0	2 300
424A	R125/R134a/R600a/R601a (50,5/47/0,9/0,6)	0	2 400
425A	R32/R134a/R227ea (18,5/69,5/12)	0	1 500
426A	R125/R134a/R600a/R601a (5,1/93/1,3/0,6)	0	1 500
427A	R32/R125/R143a/ R134a (15/25/10/50)	0	2 100
428A	R125/R143a/R290/R600a (77,5/20/0,6/1,9)	0	3 600
429A	RE170/R152a/R600a (60/10/30)	0	20
430A	R152a/R600a (76/24)	0	110
431A	R290/R152a (71/29)	0	53
434A	R125/R143a/R134a/R600a (63,2/18/16/2,8)	0	3 100
435A	RE170/R152a (80/20)	0	27
437A	R125/R134a/R600a/R601a (19,5/78,5/1,4/0,6)	0	1 700
507A	R125/R143a (50/50)	0	3 800
508A	R23/R116 (39/61)	0	13 000
508B	R23/R116 (46/54)	0	13 000

Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010).

Sustitutos del CFC

Desde que la Humanidad se enteró en los años 1980 de la enorme destrucción que estaban ocasionando los clorofluorocarbonos (CFC) a la capa de ozono, se inició el proceso de eliminación de esta familia de sustancias químicas. En el año 1987 varias naciones se comprometieron a aportar a esta meta a través de la promulgación del Protocolo de Montreal, el cual para el año 2009 fue firmado por la totalidad de los países del mundo y se ha convertido en el acuerdo internacional

ambiental más exitoso. Costa Rica firmó este protocolo en 1991 mediante la Ley #7223, y sus enmiendas posteriores, incluyendo la de Kigali (quinta enmienda).

Históricamente, los CFC fueron utilizados como los principales refrigerantes en la mayoría de los sistemas de enfriamiento. Se consideraron sustancias de uso común, usadas ampliamente desde el 1950.

Como características químicas, poseen gran estabilidad y un periodo de degradación muy largo; razón por la que tienen un alto poder de agotamiento del ozono estratosférico, y han sido considerados como la base de todo cálculo (100 %) referente a posibles sustituciones por otras familias químicas. Al requerirse la pronta eliminación de los CFC por su potencial como sustancias agotadoras de la capa de ozono, varios fabricantes introdujeron en el mercado los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) como gases sustitutos. Estas sustancias se han usado desde entonces como gases de cambio en equipos electrodomésticos nuevos, o como gases sustitutos en sistemas recientemente instalados, o bien para reabastecer el refrigerante en los sistemas existentes que han perdido el refrigerante por fugas. Hoy, por ejemplo, un aire acondicionado tipo partido en Costa Rica usa Freón 22 en el circuito de refrigeración y R-141b como el agente soplante en el aislamiento de espuma de poliuretano. Posteriormente, como un paso adicional en la eliminación de sustancias con potencial de agotamiento de ozono, se introdujo la familia de los gases refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFC), que tienen como característica distintiva un potencial de cero como sustancias agotadoras del ozono (SAO).

Sin embargo; sustituir los HCFCs por esta alternativa no trae consigo una reducción en las emisiones de GEI, sino que en varios casos más bien las aumenta. En consecuencia, se ha hecho cada vez más necesario encontrar alternativas con cero potenciales de agotamiento de la capa de ozono, y un potencial de calentamiento global muy reducido y con valor de cero, tal como los refrigerantes hidrocarburos (HC). Las industrias fabricantes de gases refrigerantes han puesto en el mercado una cantidad de opciones disponibles que cumplen con las características mencionadas, y que han sido diseñadas para el uso específico en refrigeración y climatización, y que responden a una amplia gama de aplicaciones; no obstante, es relevante resaltar que cada opción requiere de un análisis técnico-económico para obtener el mayor beneficio desde el punto de vista operacional y ambiental.

Refrigerantes hidrocarburos (HC)

Los refrigerantes hidrocarburos (HC) son refrigerantes naturales que fueron utilizados en los primeros sistemas de refrigeración mecánica de compresión de vapor desde mediados del siglo XIX. Los HC poseen un PAO de cero y un PCG muy bajo. Sin embargo, su mayor característica negativa es que son inflamables, por lo que todas sus aplicaciones requieren de la consideración de normas de seguridad específicas.

Sus principales aplicaciones han sido como:

- Propelentes para aerosoles,
- Refrigerante en sistemas de refrigeración,
- Refrigerante en sistemas de climatización.

Cuadro 5. Valores de PAO Y PCG de refrigerantes Hidrocarburos.

Número R	Componentes	PAO	PCG*
1150	Etileno	0	NA
1270	Propileno	0	NA
120	Etano	0	3
290	Propano	0	3
600	Butano	0	3
600a	Isobutano	0	3

Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010).

Valores PCG en 100 años.

Inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes

La matriz para la valoración de los factores de seguridad para la selección de un refrigerante alternativo se fundamenta en las características de toxicidad e inflamabilidad, interpretándose de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba respectivamente. Su toxicidad está basada en los índices TLV/TWA. El TLV (Threshold Limit Value) es la concentración máxima permisible a la exposición al gas en periodos de 8 a 12 horas por día, cinco días a la semana durante 40 años. El TWA (Time-Weighted Average) es la concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas

por día. Los refrigerantes están clasificados en dos clases, de acuerdo con el tiempo que una persona puede estar expuesta a estos en:

- Clase A: TLV/TWA 400 ppm o mayor
- Clase B: TLV/TWA 399 ppm o menor

De manera que esa letra mayúscula designa la clase de toxicidad basada en exposición permitida. El número denota inflamabilidad. Así mismo: “La norma 34 define dos clasificaciones de seguridad para la toxicidad: la clase A denota refrigerantes de menor toxicidad, y la clase B denota refrigerantes de mayor toxicidad”.

En cuanto a la inflamabilidad, existen tres clasificaciones y una subclase:

- La clase 1: para los refrigerantes que no propagan una llama cuando se prueban según la norma
- La clase 2: para los refrigerantes de menor inflamabilidad
- La clase 3: para los refrigerantes altamente inflamables como los hidrocarburos.

Aunque existen clasificaciones, hay condiciones ambientales extremas que, unidas a la naturaleza del refrigerante, pueden llevar a una mayor toxicidad", indica ASHRAE, que también recuerda que "recientemente han actualizado la matriz de clasificación de seguridad para incluir una nueva subclase de inflamabilidad 2L, para refrigerantes de clase de inflamabilidad 2 que se queman muy lentamente. Algunos HFO, que tienen un potencial de calentamiento global muy bajo, son ligeramente inflamables y se clasifican como A2L. Esto indica que son de menor toxicidad y tienen una baja velocidad de combustión.

Medidas de mitigación de gases de efecto invernadero en sector RAC

Consideraciones ambientales para la elección de un sistema de refrigeración y aire acondicionado con refrigerantes alternativos

La selección de un sistema de refrigeración y aire acondicionado es una tarea que debe considerar una serie de factores que en el pasado no eran relevantes. Conforme las regulaciones impulsadas por organizaciones internacionales y adoptadas por los gobiernos al interno de cada país respecto al desempeño ambiental, esta tarea se ha convertido en un desafío cada vez más importante y necesario, con fin de buscar la sostenibilidad y el cumplimiento, bajo consideraciones financieras más ajustadas, en búsqueda de cambios tecnológicos y con mayor eficiencia desde el punto de vista térmico, eléctrico, y del más bajo impacto ambiental.

Desde que se inició el proceso de eliminación de gases refrigerantes incorporados en el Protocolo de Montreal, la industria química ha trabajado en el desarrollo de nuevas alternativas, considerando la reducción de los impactos ambientales exigidas por regulaciones internacionales. Existe una cantidad de opciones disponibles, diseñadas para el uso específico en aplicaciones de refrigeración y climatización que permiten obtener el mayor beneficio desde el punto de vista operacional, económico y ambiental.

Las nuevas opciones de refrigerantes, tanto actuales como futuras, deben cumplir con cuatro premisas fundamentales: Seguridad, Protección al Medio Ambiente, Desempeño y Economía. Por lo tanto, su selección es una condición integrada de los factores indicados, es decir; requiere de un “enfoque holístico” en el cual la suma de todos los factores considerados no tendrá una solución única posible, sin comprometer alguno de los elementos considerados.

Regulación de uso de gases refrigerantes convencionales

El mecanismo establecido por el Protocolo de Montreal para la eliminación de CFC y HCFC en los países en desarrollo consiste en la regulación y reducción gradual de la importación de los gases refrigerantes, de acuerdo con un calendario previamente establecido y progresivo, hasta llegar en el niveles de cero importaciones. Estos calendarios establecen un plazo amplio de cumplimiento, con el fin de que los países, tengan la oportunidad de realizar un proceso de transición hacia otras tecnologías de forma planificada, con la menor afectación económica posible.

Las primeras sustancias refrigerantes controladas y eliminadas por el Protocolo de Montreal fueron los gases CFC, cuyo calendario de eliminación total se cumplió el 1 de enero de 2010. En nuestro país a partir de esa fecha se prohibió la importación de estos compuestos químicos. Actualmente se implementa la estrategia de eliminación de la segunda familia de gases controlados por el Protocolo de Montreal, los HCFC, cuyo PAO es 95 % menor que el de los CFC, y el plazo de cumplimiento es para el año 2030 en un proceso escalonado.

A partir de 2020 se prohíbe la importación de sistemas y equipos de refrigeración y climatización con gases hidroc fluorocarbonos (DE-37614-MINAE). Esto permitirá que los usuarios de equipos de refrigeración y climatización opten por otras alternativas, que tengan un menor impacto ambiental y cumplan con requerimientos de seguridad y de eficiencia energética.

Casi todos los refrigerantes desarrollados por el ser humano poseen potencial de calentamiento atmosférico, por tanto el consumo de gases refrigerantes (fugas) y el consumo energético de los sistemas de refrigeración y climatización son responsables por emisiones de GEI que impactan en el cambio climático de dos formas: en forma directa por causa de la emisión misma del refrigerante y de forma indirecta por el consumo de combustibles fósiles para suministrar la energía eléctrica que requieren para la operación. En la actualidad se comercializan los HFC como gases refrigerantes y sistemas “amigables con el ambiente”, dado que no tienen potencial de agotamiento de ozono, pero poseen valores muy significativos de potencial de calentamiento global.

En el mes de octubre de 2016 se estableció la Enmienda de Kigali, a través de la cual finalmente se incorporan los HFC en el Protocolo de Montreal para su regulación. En el caso de los países en vías de desarrollo el inicio de la regulación se dará a partir del año 2024. Esta acción es consecuente con el objetivo del Acuerdo de París, firmado el 22 de abril de 2016, de reducir las emisiones de gas de efecto invernadero para limitar el incremento de temperatura media de la atmósfera por debajo de los 2° Celsius.

Uso de refrigerantes naturales

Los refrigerantes naturales existen en la biósfera de una forma natural y se han utilizado para sistemas de frío, principalmente en la elaboración y almacenamiento de alimentos, desde mediados del siglo XIX.

Cuadro 6: Ejemplos de refrigerantes naturales

Refrigerantes naturales		
Naturales	Hidrocarburos	Mezclas de hidrocarburos
R-702 (Hidrógeno)	R-1150 (Etileno)	R-432a R-1270/E170 (80/20)
R-704 (Helio)	R-1270 (Propileno)	R-433a R-1270/290 (30/70)
R-717 (Amoníaco)	R-270 (Etano)	R-436A R290/600a (56/44)
R-718 (Agua)	R-290 (Propano)	R-436B R290/600a (52/48)
R-729 (Aire)	R-600 (Butano)	R-510A R-E170/600a (88/12)
R-744 (Dióxido de Carbono)	R-600a (Isobutano)	
R-764 (Dióxido de Azufre)		

Fuente: CICR, 2017. Manual de refrigeración y climatización eficiente.

El amoníaco (R-717) fue el refrigerante preferido para plantas industriales y tuvo una gran importancia en ese tipo de instalaciones a lo largo del tiempo.

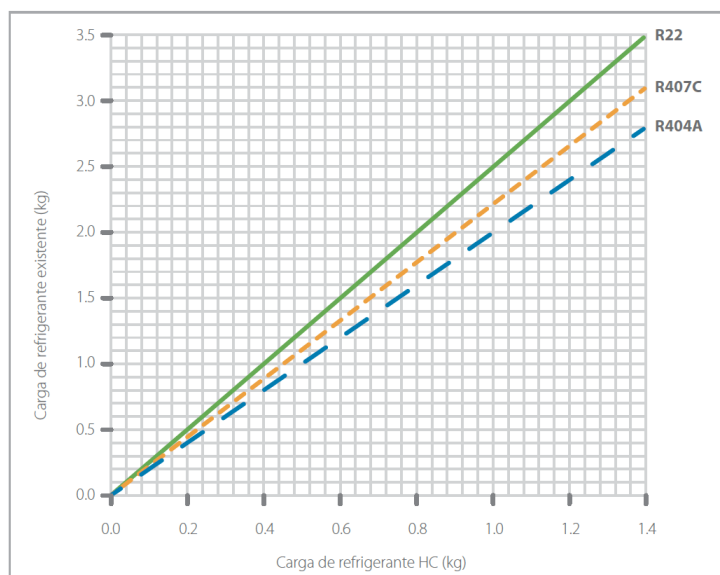
El CO₂ perdió importancia con el nacimiento de los CFC y otros refrigerantes sintéticos, debido a la estabilidad y baja toxicidad de estos nuevos compuestos. Ambas sustancias (CO₂ y amoníaco) se utilizan desde hace años en sistemas de refrigeración en gran escala. En Costa Rica, las agroindustrias y empresas de alimentos que requieren refrigerar alimentos han optado por el amoníaco.

Para el caso de los hidrocarburos, al ser considerados subproductos derivados de la destilación de petróleo, o acompañantes de gas natural, se pueden obtener de forma económica y abundante.

El CO₂ como refrigerante se está expandiendo en aplicaciones comerciales; actualmente es muy utilizado en el sector de los supermercados en Brasil y Europa, debido a que sus niveles de presión y la potencia frigorífica son similares a los del R-502 y del Freón 22. El propano (R-290) se utiliza ampliamente como sustituto del R-502 y del Freón 22, este último prohibido actualmente en Europa en las instalaciones nuevas.

El uso de refrigerantes naturales como el amoníaco y los hidrocarburos se presentan como posibles sustitutos en la mayoría de las aplicaciones, ya que son amigables con el medio ambiente y se ha demostrado que poseen mejores cualidades operacionales en sistemas de refrigeración, como un mayor calor latente de vaporización, mejor coeficiente de desempeño en el compresor, mejor relación de eficiencia energética y, por lo tanto, menos consumo de energía.

Figura 3: Conversión para estimar la carga equivalente de HC.



Fuente: GIZ, 2014. Operación de equipo de aire acondicionado tipo partido con hidrocarburos.

Sin embargo, es importante resaltar que algunos son inflamables o tóxicos, por lo que las implicaciones de seguridad del uso de dichos fluidos pueden requerir el diseño de un sistema específico y rutinas de operación y mantenimiento adecuadas. Se ha confirmado que los sistemas que usan este tipo de refrigerantes disminuyen al menos un 10 % de consumo energético con respecto a otras tecnologías de refrigerantes químicos tradicionales; a su vez estas tecnologías requieren menos de refrigerante que los refrigerantes actuales.

Por ejemplo, un sistema de aire acondicionado tipo partido que utiliza 2 kg de R22, requiere únicamente 0.8 kg de HC; lo cual equivale a una reducción del 60 %.

Varios de los principales fabricantes europeos y asiáticos de refrigeradores tipo doméstico han optado por el uso del refrigerante Isobutano (R-600a), ya que brinda grandes beneficios en la disminución del consumo energético y requiere una cantidad inferior de refrigerante por sistema. El caso de Europa es considerado muy exitoso, dado que desde el año 2000 solo se pueden fabricar equipos con esta familia de refrigerantes. Una gran ventaja por considerar es que los sistemas que operan con hidrocarburos, para aquellos con cargas iguales o menores a 0.15 kg, pueden ser instalados en cualquier habitación sin restricción de seguridad, mientras que aquellos con cargas superiores a los 0.15 kg deben ser instalados de tal manera que cualquier pérdida de refrigerante del sistema no aumente su concentración más allá de la permitida por su límite de inflamabilidad.

Cuadro 7: Carga de refrigerante hidrocarburo asociada a diversos tipos de aplicación

Categorías	Ejemplos	Cantidades
A (Doméstica/ Pública)	Hospitales, teatros, escuelas, supermercados, hoteles	<ul style="list-style-type: none"> • <1.5 kg para un sistema sellado • <5 kg en cuartos de maquinarias especiales o en sistemas indirectos al aire libre
B (Comercio/Áreas Privadas)	Oficinas, pequeños negocios, restaurantes, lugares de manufactura o espacios de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • <2.5 kg para sistemas sellados • <10 kg en cuartos de maquinarias especiales o en sistemas indirectos al aire libre
C (Industrias/Áreas restringidas)	Tiendas frías, áreas de acceso restringidos en plantas y supermercados	<ul style="list-style-type: none"> • <10 kg en espacios ocupados por personas • <25 kg si se encuentran altas presiones en espacios localizados en las áreas de la maquinaria • No existe límite si el refrigerante es contenido en una maquinaria especial para su utilización

Fuente: Australian Standard AS 1677 (Seguridad en Refrigeración y Aire Acondicionado) en Crincoli, C. (sf). Refrigerantes hidrocarburos como alternativa para los Sistemas de refrigeración.

El plan nacional de energía 2015-2030

Su objetivo sectorial 2 establece: “Fomentar las acciones frente al cambio climático global, mediante la participación ciudadana, el cambio tecnológico, procesos de innovación, investigación y conocimiento para garantizar el bienestar, la seguridad humana y la competitividad del país” (MINAE, 2015).

Esto representa el compromiso del actual gobierno de Costa Rica, orientado en una sostenibilidad energética con un bajo nivel de emisiones de CO₂ y de gases de efecto invernadero.

Directriz N° 011-MINAE

El presidente de la república y el ministro de ambiente y energía.

En uso de las facultades que les confiere los artículos 50, 130, 140 incisos 3), 8) y 18), 146 de la Constitución Política, la Ley de Planificación Nacional, N° 5525 del 2 de mayo de 1974; la Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554 del 4 de octubre de 1995; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, N° 7414 del 13 de junio de 1994; la Aprobación de la

Adhesión de Costa Rica al Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, N° 7228 del 6 de mayo de 1991; Aprobación del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, N° 7223 del 8 de abril de 1991; Ley de Conversión del Ministerio de Industria, Energía y Minas (MIEM) en Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), N° 7152 de 5 de junio de 1990; los artículos 26, 27, 99 y 100 de la Ley General de la Administración Pública, N° 6227 del 2 de mayo de 1978; el artículo 28 de la Ley para la Gestión Integral de Residuos, N° 8839 del 24 de junio del 2010; el Decreto Ejecutivo N° 34582-MP-PLAN de 4 de junio del 2008, Reglamento Orgánico del Poder Ejecutivo; la Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector Telecomunicaciones, N° 8660 del 8 de agosto del 2008; artículos 4, 6, 11, 12, siguientes y concordantes del Decreto Ejecutivo N° 35676-S-H-MAG-MINAET del 06 de agosto de 2009, Reglamento de control de las sustancias agotadoras de la capa de ozono de acuerdo con la Ley 7223 y sus enmiendas; los artículos 4, 5, 6 y 13, Decreto Ejecutivo N° 37614-MINAE del 10 de abril de 2013, Reglamento para implementar un mecanismo de cuotas de importación para la eliminación gradual del uso de HCFC limitados en el grupo I del Anexo C del protocolo de Montreal el Decreto Ejecutivo N° 35991-MINAET de 19 de enero de 2010, Reglamento de Organización del Subsector Energía; el Decreto Ejecutivo N° 36499-MINAET-MS del 17 de marzo de 2011, Reglamento para la elaboración de Programas de Gestión Ambiental Institucional en el Sector Público de Costa Rica; y el Decreto Ejecutivo N° 38272-S del 7 de enero del 2014, Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial.

La Ley N° 7223

Desde 1991 se compromete al cumplimiento del Protocolo de Montreal, donde establece mecanismos financieros para la transferencia de tecnologías, fortalecimiento institucional, y la calendarización para la eliminación de refrigerantes HCFC, entre ellos el R22, el cual actualmente opera como refrigerante en aires acondicionados del ITCR. 19

En la Ley N° 8219 del año 1998 se aprueba el protocolo de Kyoto, el cual regula las emisiones de los seis gases que generan el calentamiento global. Así como la Ley N° 9405 del 2016 y la aprobación del acuerdo de París, donde Costa Rica se compromete a ser carbono neutral, en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al 50 % para el 2050, con respecto al 2021.

Todo lo anterior se sustenta en la directriz emitida por el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicación N° 017-MINAET para la elaboración de planes de eficiencia energética para diferentes entidades del estado entre ellas incluyendo las instituciones del sector público.

Qué es el ECA (Ente Costarricense de Acreditación)

El ECA, es la organización responsable de otorgar y emitir las acreditaciones en el país, contribuyendo a mejorar la calidad y la productividad de empresas e instituciones en sus productos, bienes y servicios. Permitiendo así cumplir los objetivos legítimos del Estado.

El ECA se creó en 2002 bajo la Ley 8279 "Sistema Nacional para la Calidad", publicada el 21 de mayo en La Gaceta 96.

Es una entidad pública de carácter no estatal y es el único ente competente con potestad para emitir las acreditaciones en el nivel nacional, en las áreas de laboratorios de ensayo y calibración, laboratorios clínicos, organismos de inspección, organismos de certificación y organismos validadores/verificadores de gases de efecto invernadero, contribuyendo así, a mejorar la calidad y la productividad de empresas e instituciones en sus productos, bienes y servicios.

Análisis financieros CAUE

CAUE es un criterio de evaluación útil en aquellos casos en los cuales la TIR y el VAN no son del todo precisos.

El Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) es un indicador utilizado en la evaluación de proyectos e inversión y corresponden a todos los ingresos y desembolsos convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente que es la misma cada período.

Cuando se utiliza el Método CAUE, el costo anual uniforme equivalente de la alternativa debe calcularse sólo para un ciclo de vida útil porque, el CAUE es un costo anual equivalente sobre la vida útil del proyecto. Si el proyecto se continúa por más de un ciclo, el costo anual equivalente para el siguiente ciclo y todos los ciclos subsiguientes sería exactamente el mismo que el primero, suponiendo que todos los flujos de caja fueran iguales para cada ciclo.

El Método del CAUE consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos. Obviamente, si el CAUE es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y por lo tanto, el proyecto puede realizarse; pero, si el CAUE es negativo, es porque los ingresos son menores que los egresos y en consecuencia el proyecto debe ser rechazado.

El Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) presenta las siguientes características:

- Conocida como CAUE.
- Si los ingresos no son relevantes, se puede tomar una decisión con base en los costos.
- La decisión puede ser para un elemento del sistema productivo que no genera ingresos.
- En general, si la información que se tiene es de costos.
- Representa todos los flujos de efectivo como un monto uniforme (igual).
- Es equivalente a convertir los flujos en una anualidad (A).
- Adquiere "significado" cuando se usa para comparar alternativas (proyectos con diferentes vidas útiles).
- Por su naturaleza, la Regla de Decisión es escoger la Alternativa con menos CAUE.

El método del CAUE consiste en convertir todos los flujos en flujos uniformes a través del horizonte del proyecto, de tal forma que se aceptara el proyecto que tenga el menor flujo anual, puesto que representara un menor costo periódico.

Interpretación del costo anual uniforme equivalente

En ocasiones es necesario seleccionar la mejor alternativa, desde el punto de vista económico, pero no existen ingresos en el análisis. Algunas de las situaciones donde sólo se presentan costos para el análisis económico son:

Seleccionar entre dos o más equipos alternativos

Para un proceso industrial o comercial, que elabora una parte de un producto o servicio. El equipo no elabora un producto o servicio final que se pueda vender y obtener ingresos por su venta.

Seleccionar entre dos o más procesos alternativos

Para el tratamiento de contaminantes producidos por una industria. El proceso de tratamiento es forzoso instalarlo, pues así lo exige la Ley, pero esa inversión no producirá ingresos.

Reemplazar un sistema de procesamiento manual

Se requiere reemplazar un sistema de procesamiento manual de datos, por un sistema computarizado, o se requiere sustituir el procesamiento de datos, que actualmente se realiza en

computadoras personales, por un procesamiento en red. La inversión que este cambio requiere no producirá ingresos, pero son inversiones necesarias en muchas industrias y negocios.

El objetivo del inversionista es siempre ganar más dinero o incurrir en menores costos, pues esto le proporcionara más dinero, entonces se tiene una primera base para tomar acertadamente decisiones bajo condiciones planteadas, y se debe responder a dos preguntas:

¿Cuáles de las alternativas disponibles tiene un menor costo? Si el problema es elegir entre varias, y sólo se tienen costos en el análisis. La segunda pregunta es:

¿Se obtiene alguna ganancia monetaria por reemplazar el equipo (sistema) actual de producción de algún bien (o servicio), dado que el reemplazo implica una inversión adicional?

Cálculo del CAUE

Este criterio de evaluación es útil en aquellos casos en los cuales la TIR y el VAN no son del todo precisos. Cuando un activo tiene un valor final de salvamento (VS), existen varias maneras por medio de la cuales se puede calcular el CAUE.

A continuación, 3 Métodos para calcular el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE):

1.1 Método de Fondo de Amortización de Salvamento

El costo inicial (P) se convierte primero en un costo anual uniforme equivalente utilizando el factor A/P (recuperación de capital). El valor de salvamento, después de la conversión a un costo uniforme equivalente por medio del factor A/F (fondo de amortización), se resta del costo anual equivalente del costo inicial. La Ecuación General es:

$$\text{CAUE} = P/(A/P, i \%, n) - VS (A/F, i \%, n) + \text{CAO}$$

Dónde:

P: Costo Inicial

VS: Valor de Salvamento

i : tasa de interés

n: Periodo de tiempo

CAO: Costo Anual de Operación

Pasos por seguir

1. Anualizar el costo de la inversión inicial sobre la vida útil del activo, utilizando el factor A/P.
2. Anualizar el valor de salvamento empleando el factor A/F.

3. Restar el valor de salvamento anualizado del costo anualizado de inversión.
4. Sumar los costos anuales uniformes al valor del paso 3.

EJEMPLO N°1:

Cuadro 8. Ejemplo 1 para calcular CAUE

MÁQUINA	
Costo Inicial	8000
Valor de salvamento	500
Tasa de interés	6 %
Periodo de tiempo	8
Costo anual de operación	900

Fuente: gestionamundo.blogspot.com

Ecuación General:

$$\text{CAUE} = P/(A/P, i \%, n) - VS (A/F, i \%, n) + \text{CAO}$$

Expresada:

$$\text{CAUE} = P \frac{[i(1+i)^n]}{(1+i)^n - 1} - VS \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] + \text{CAO}$$

$$\text{CAUE} = 8000 \frac{[0.06(1+0.06)^8]}{(1+0.06)^8 - 1} - 500 \left[\frac{0.06}{(1+0.06)^8 - 1} \right] + 900$$

$$\text{CAUE} = 1238 + 900$$

$$\text{CAUE} = 2138$$

1.2 Método del Valor Presente de Salvamento: El valor Presente del Valor de salvamento se resta del costo inicial de inversión y la diferencia resultante se anualiza para la vida útil del activo.

Ecuación general:

$$\text{CAUE} = [P - VS (P/F, i \%, n)] (A/P, i \%, n) + \text{CAO}$$

Dónde:

P: Costo Inicial

VS: Valor de Salvamento

i : tasa de interés

n: Periodo de tiempo

CAO: Costo Anual de Operación

Pasos por seguir:

1. Calcular el valor presente del valor de salvamento por medio del factor P/F
2. Restar el valor obtenido en el paso 1 del costo inicial P.
3. Anualizar la diferencia resaltante sobre la vida útil del activo, empleando el factor A/P
4. Sumar los costos anuales uniformes al resultado del paso 3.

EJEMPLO N°2:

Cuadro 9. Ejemplo 2 para calcular CAUE

MÁQUINA	
Costo inicial	8000
Valor de salvamento	500
Tasa de interés	6%
Periodo de tiempo	8
Costo anual de operación	900

Fuente:gestionamundo.blogspot.com

La ecuación general es:

$$\text{CAUE} = [P - VS (P/F, i \%, n)] (A/P, i \%, n) + \text{CAO}$$

Expresada:

$$\text{CAUE} = [P - VS \left[\frac{i}{(1+i)^n} \right] \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]] + \text{CAO}$$

$$\text{CAUE} = [8000 - 500 \left[\frac{0.06}{(1+0.06)^8} \right] \left[\frac{0.06(1+0.06)^8}{(1+0.06)^8 - 1} \right]] + 900$$

$$\text{CAUE} = 1238 + 900$$

$$\text{CAUE} = 2138$$

- 1.3 Método recuperación de capital más intereses:** Se reconoce que se recuperará el valor de salvamento si se resta el valor de salvamento del costo de la inversión antes de multiplicar por el factor A/P. Sin embargo, el hecho de que el valor de salvamento no se recuperará para n años debe tenerse en cuenta al sumar el interés VS (i) perdido durante la vida útil del activo. Al no incluir este término se supone que el valor de salvamento se obtuvo en el año cero en vez del año n.

Ecuación general:

$$\text{CAUE} = [(P - VS) (A/P, i \%, n)] + VS (i) + \text{CAO}$$

Dónde:

P: Costo inicial

VS: Valor de salvamento

i: Tasa de interés

n: Periodo de tiempo

CAO: Costo anual de operación

Pasos por seguir:

1. Restar el valor de salvamento del costo inicial
2. Anualizar la diferencia resultante con el factor A/P
3. Multiplicar el valor de salvamento por la tasa de interés
4. Sumar los valores obtenidos en los pasos 2 y 3
5. Sumar los costos anuales uniformes al resultado del paso 4.

EJEMPLO N°3:

Cuadro 10. Ejemplo 3 para calcular CAUE

MÁQUINA	
Costo inicial	8000
Valor de salvamento	500
Tasa de interés	6%
Periodo de tiempo	8
Costo anual de operación	900

Fuente: gestionamundo.blogspot.com

La ecuación general es:

$$\text{CAUE} = [(P - VS) (A/P, i \%, n)] + VS (i) + \text{CAO}$$

Expresada:

$$\text{CAUE} = [P - VS] \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + VS(i) + \text{CAO}$$

$$\text{CAUE} = [8000 - 500] \left[\frac{0.06(1 + 0.06)^8}{(1 + 0.06)^8 - 1} \right] + 500(0.06) + 900$$

$$\text{CAUE} = 1238 + 900$$

$$\text{CAUE} = 2138$$

(Gestionamundo.blogspot.com)

La labor del mantenimiento

Según García, S (2003): “El mantenimiento se define como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.

Así que es relevante generar un manual de mantenimiento con medidas preventivas para asegurar un óptimo estado de equipos durante el mayor tiempo posible. Esta optimización debe reflejarse fácilmente en costos, así como en su operación confiable.

Se puede ver el mantenimiento de un equipo durante su vida útil representado con la llamada curva de la bañera (apéndice O) donde se expresa la tasa de fallos que directamente se puede relacionar con el costo de mantenimiento contra la vida operacional de la máquina. Podemos observar en la misma que en un periodo temprano si se da un fallo corresponde principalmente a errores de diseño y representan un costo medianamente caro, durante su vida útil es un costo normal de mantenimiento y después de cumplir su vida útil empieza a subir el costo de mantenimiento (tasa de fallos) hasta hacerse exponencial y por ende más caro por lo tanto ya no es rentable mantener ese equipo. Se debe tener presente que el manual de mantenimiento siempre va a estar en proceso de mejora continua conforme el paso del tiempo y con el uso del equipo es posible que surjan más recomendaciones para asegurar su disponibilidad.

Capítulo III: Marco metodológico

Enfoque de la investigación mixto

Matrices para investigación con enfoque mixto

Cuadro 11. Enfoque Mixto-Diseño Anidado Predomina Cuantitativo

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Levantamiento de equipos del sistema climatización	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidades • Tamaños • Estados operacionales • Sitios prioritarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje • T.R • Bueno, malo u obsoleto • Criticidad de 0 a 4 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario actualizado • Capacidad de enfriamiento • Vida útil • Equipo prioritario. 	Cantidades y ubicación, dimensiones de equipos, confiabilidad en funcionamiento y equipo estratégico para el negocio de telecomunicaciones.	Base de datos en servidores de sistema electromecánico, placas de datos de fabricantes, criterio experto, clasificación existente.
Análisis financiero	Monto económico	CAUE	Costo anual uniforme equivalente	Aplicación del método correspondiente para cálculo del costos.	Situación CAUE: Seleccionar entre 2 o más equipos alternativos, método del valor presente de salvamento.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12. Enfoque mixto-diseño anidado predomina cualitativo

Objetivo	Categoría de Análisis	Subcategoría	Definición Conceptual	Instrumento	Ítem
Análisis y clasificación del equipo existente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tamaño 2. Tipo de refrigerante 3. Estado operacional 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 T.R • HCFC • Obsoleto 	<ul style="list-style-type: none"> • Toneladas de refrigeración • Compuesto químico • Criterio experto 	Protocolos de mantenimiento, bases de datos, reportes de alarmas, sistemas de gestión y monitoreo.	<ul style="list-style-type: none"> • Reportes específicos • Diagnósticos • Incidentes • Variables de funcionamiento
Solución principal para sitios estratégicos	Especificaciones Según datos de fabricante y componentes	Sustancias químicas contenidas en los equipos y eficiencia energética.	<ul style="list-style-type: none"> • PCG y PAO. • Consumo en Kw vs capacidad de enfriamiento. 	Especificación técnica del fabricante y certificados de acreditación.	<ul style="list-style-type: none"> • SEER: Relación de eficiencia de energía estacional • Certificación ECA.
Acciones complementarias	Mejora continua en protocolos de mantenimiento y estudios para uso de tecnologías amigables con el medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Variables y acciones que se realicen en protocolos, • Rangos de eficiencia energética y tipos de sistemas de climatización 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de equipos, sobrecalentamiento, diagramas de presión-entalpía. • Uso de recurso natural para la climatización como el aire ambiente en zonas altas entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación y análisis de variables en mantenimiento • Estudios minuciosos de posibilidades de uso factible en sistemas de climatización ecológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisión incisiva del mantenimiento y operación del sistema de climatización • Estudios de perfectibilidad para el uso de tecnologías ecológicas para climatización.

Fuente: Elaboración propia

Método de investigación

Aquí se puede observar mediante algunos pasos y un diagrama de flujo, el método de investigación, de acuerdo con los siguientes puntos y orden cronológico:

- Mapeo del sistema de climatización, inventario actualizado y clasificación de equipos
- Análisis de la situación actual de los equipos de aire acondicionado respecto a la normativa ambiental vigente
- Valoración de acciones a realizar para optimizar en cuanto a eficiencia energética y sustancias químicas
- Evaluación del proyecto
- Diagrama de flujo.

Propuesta para el desarrollo del método

Mapeo del sistema de climatización, inventario actualizado y clasificación de equipos

Se utilizan inventarios actualizados del mantenimiento realizado al sistema de climatización en los últimos años, se observan variables y parámetros definidos para clasificar según corresponda.

Se identifica la cantidad total de equipos, su ubicación y se clasifican por capacidad, tipo de máquina, tipo de refrigerante, en los que se logra identificar marca, modelo y serie, así como últimas intervenciones con el mantenimiento que se les da.

Para los casos en los que no se logra observar el modelo y serie del equipo por diferentes motivos, se utiliza una identificación con un código correspondiente por sitio y por zona, así se logra llevar un seguimiento constante de datos importantes, como posible consumo de refrigerante, intervenciones al sistema, insumos indicadores del historial de funcionamiento de los equipos y todo para agruparlos como corresponda y analizarlos para su optimización en cuanto a consumo energético y uso de sustancias químicas, de acuerdo con la normativa.

Análisis de la situación actual de los equipos de aire acondicionado respecto a la normativa ambiental vigente

Con los datos obtenidos del inventario y clasificación de equipos se determina el estado operacional además de categorías y subcategorías, se clasifica cada equipo según el tipo de

refrigerante, diagnóstico técnico, registros de eventos como alarmas, fallos reportados y monitoreo actual.

Se observa muy poco uso de refrigerante natural, pero si se tiene como dato positivo, esto como lo es el agua (H₂O como refrigerante) para algunos sistemas de agua helada con que se cuenta en la zona, sin embargo, los sistemas de agua helada usan R-134A para enfriar esa agua el cual es del tipo HFC sin PAO, pero con un grado de PCG y no califica como equipo con refrigerante 100 % natural sin embargo las manejadoras de agua helada sí.

También hay alguna parte importante con refrigerante R-410A y R-407C ambas son mezclas del tipo azeotrópicas HFC sin PAO pero con algún grado relevante de PCG, y la parte crítica corresponde a una parte de los equipos que operan con refrigerante que debe ser sustituido por ser Freón 22 que es del tipo HCFC por su grado de PAO y PCG, el cual va en proceso de salida desde la entrada en vigencia en nuestro país de la Ley N° 7223 en 1991 que se compromete a cumplir el protocolo de Montreal con lo que se prohíbe la importación al país de dicha sustancia desde el año 2010.

Además, van de salida de manera progresiva los HFC por las leyes N°8219 y N°9405 en Costa Rica sustentados por la directriz N17-MINAET en cuanto al cumplimiento respectivamente del Protocolo de Kyoto en 1998 y Acuerdo de Paris en 2016, ratificado por la enmienda de Kigali que incluye la eliminación de dichas sustancias HFC desde el 2020 en países desarrollados y a partir del 2024 en países en vías de desarrollo.

Valoración de acciones para optimizar

La primera opción por valorar es la sustitución de equipos que cuenten con refrigerante del tipo HCFC y en segunda estancia los que cuentan con refrigerante HFC, ambos casos por equipo moderno, con certificación ECA.

También se valora el cambio de refrigerante a equipos que contienen Freón 22, en caso de tener que intervenir el sistema por reparación, en casos de cambio de compresor o algún elemento del circuito que implique la recuperación y carga total del gas refrigerante del sistema, incluyendo las buenas prácticas correspondientes para implementar la sustitución de dicha sustancia por una con valores óptimos en cuanto a PAO y PCG hasta donde sea posible.

Se analiza la posibilidad de utilizar el aire ambiente natural de algunos sitios donde las condiciones lo permiten, con el concepto de aprovechamiento de recursos naturales para optimizar,

donde se aprovecha la temperatura natural del aire ambiente en la zona por ejemplo en los cerros y lo que se requiere es controlar la humedad y la calidad en cuanto a filtración, para disminuir sustancialmente el consumo energético y uso de sustancias químicas, en el sistema de climatización requerido para albergar equipo de telecomunicaciones.

Implementar mejoras en los protocolos de mantenimiento preventivo, buscar como meta tener que realizar menos mantenimiento correctivo y poder orientarse más a confiabilidad.

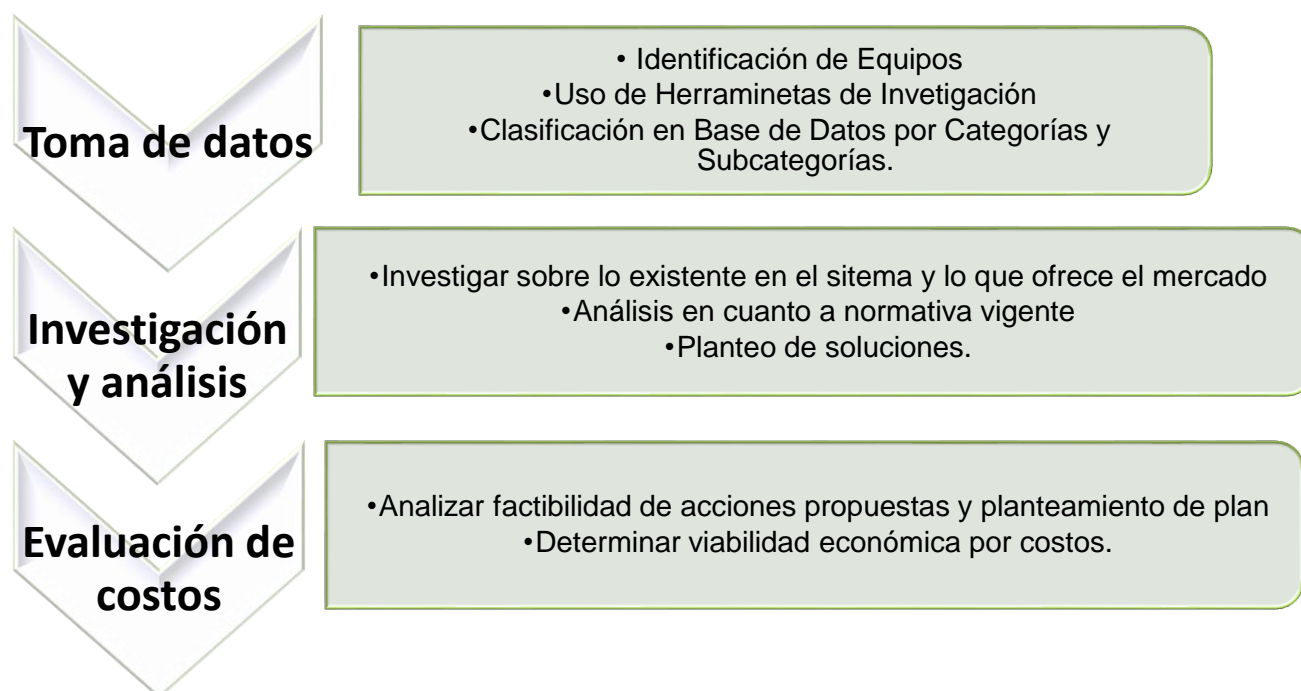
Evaluación del proyecto

Aplicación de los parámetros para calcular costos mediante el CAUE y valorar dichos costos, para hacer el análisis ante distintos escenarios presentes y así realizar propuestas y determinar factibilidad.

Diagrama de flujo del proceso metodológico

En el diagrama de flujo se especifica que se debe realizar en cada etapa para concluir con éxito la propuesta del plan.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso metodológico



Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV: Análisis de resultados

Desarrollo

Inventario de equipos de climatización

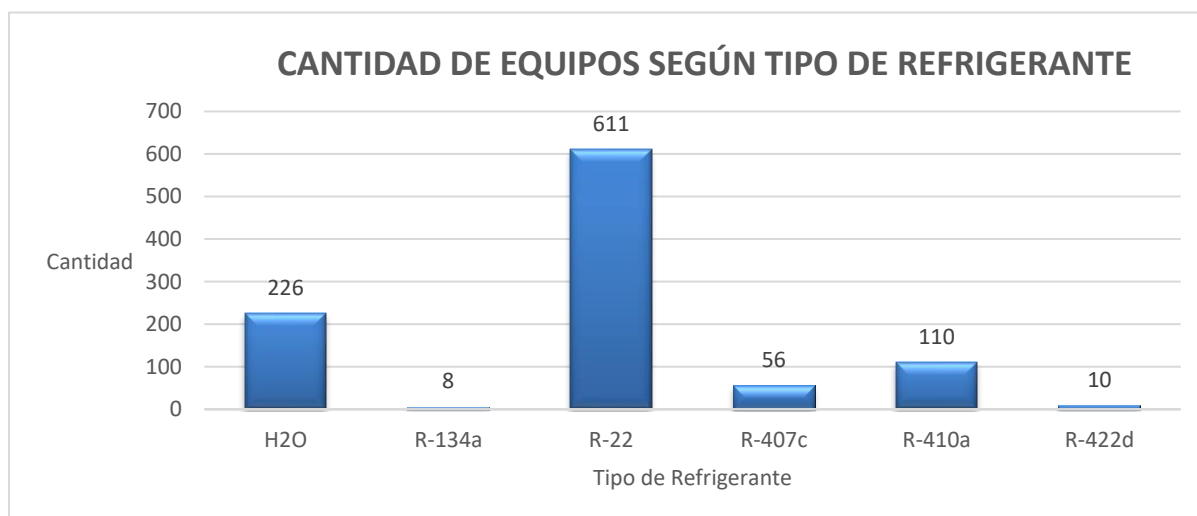
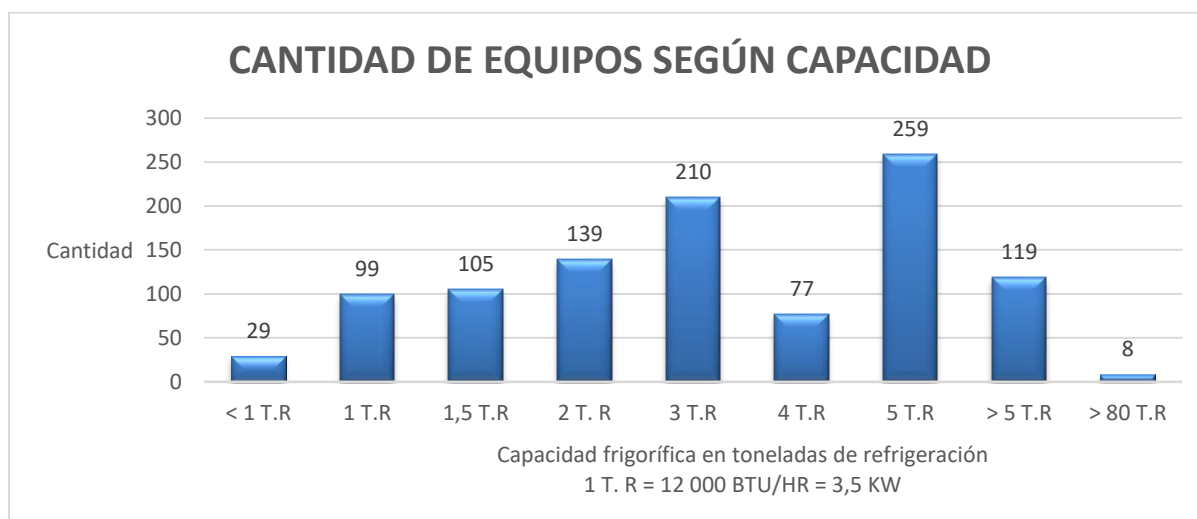
Producto de operación y mantenimiento de equipos de climatización para la zona Metropolitana Este del ICE Telecomunicaciones, se cuenta con un inventario de 1044 equipos de climatización en total, distribuidos en 71 sitios distintos, los cuales se albergan en edificios de telecomunicaciones, centrales telefónicas y nodos de comunicación, así como sitios empresariales, ubicados en dicha zona que comprende desde la provincia de Cartago pasando por San José, San Pedro, Paso Ancho, incluyendo también distritos como Puriscal, Turrubares, Zona de los Santos, Acosta, León Cortés, entre otros.

Siendo así una extensión importante del territorio nacional, cabe destacar que es la zona del ICE que cuenta con más cantidad de equipo electromecánico, por esas razones y por motivos lógicos de confidencialidad de una empresa en competencia, dicho inventario no se incluye en este documento de manera detallada al ser muy extenso. Siendo así se clasifican y agrupan por categorías y subcategorías para las métricas aplicables y demostrables en este estudio, pero se aclara que el dato detallado por sitio específico y ubicación puntual detallada de cada equipo se tiene a la mano en caso de requerirse a lo interno de la institución.

Clasificación de equipo por tipo de refrigerante y tamaño

Se clasifican inicialmente por tipo de refrigerante y por tamaño, con el fin de visualizar el panorama general en cuanto a sustancias químicas reguladas por el protocolo de Montreal y las dimensiones de los equipos con que se cuentan en total.

Gráficas 1 y 2 capacidad y tipo de refrigerante respectivamente

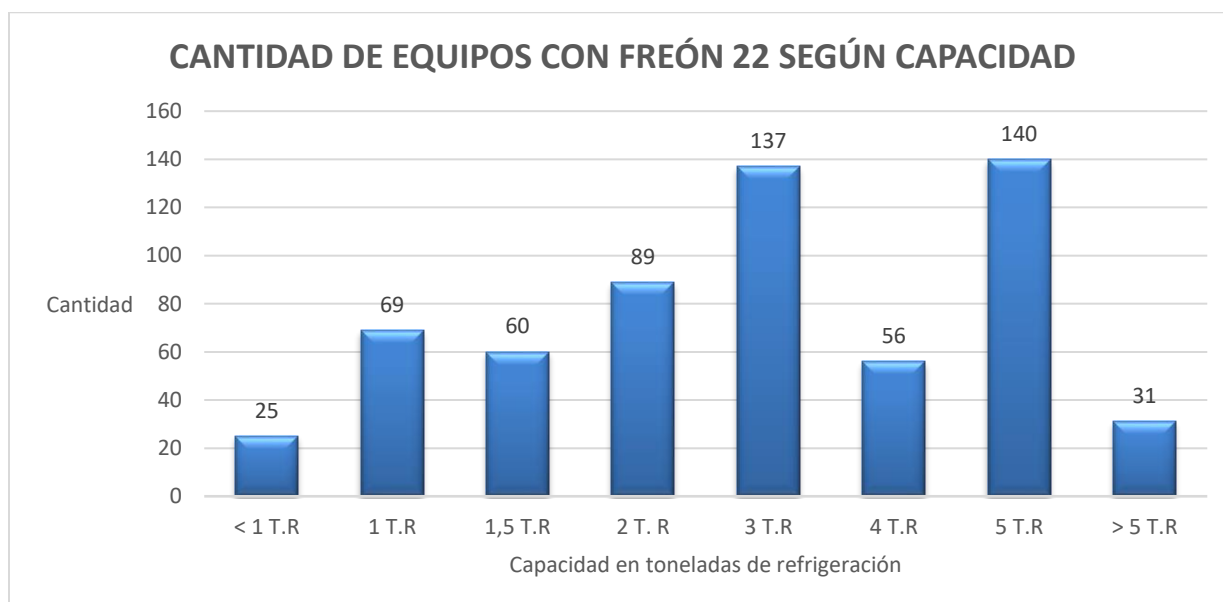


Fuente: elaboración propia.

Clasificación de equipo con Freón 22 según capacidad frigorífica

Se clasifican los equipos que utilizan gas refrigerante Freón 22 en subcategorías, por tamaño de equipo lo cual está determinado en su capacidad de enfriamiento específicamente en toneladas de refrigeración. Para un 54 % de esos equipos (334 máquinas) correspondiente a capacidades de 3, 3.5, 4 y 5 toneladas de refrigeración. Un total de 243 equipos son de 2 T. R o menos correspondiente al 39 % de los equipos. Y el equipo más grande correspondiente a equipo de precisión (mayor que 5 T.R) abarca un 5 % de la totalidad de equipos que contienen la sustancia HCFC Freón 22. Como se muestra de manera aún más detallada en la siguiente información:

Gráfica 3. Tamaños de equipos con Freón 22

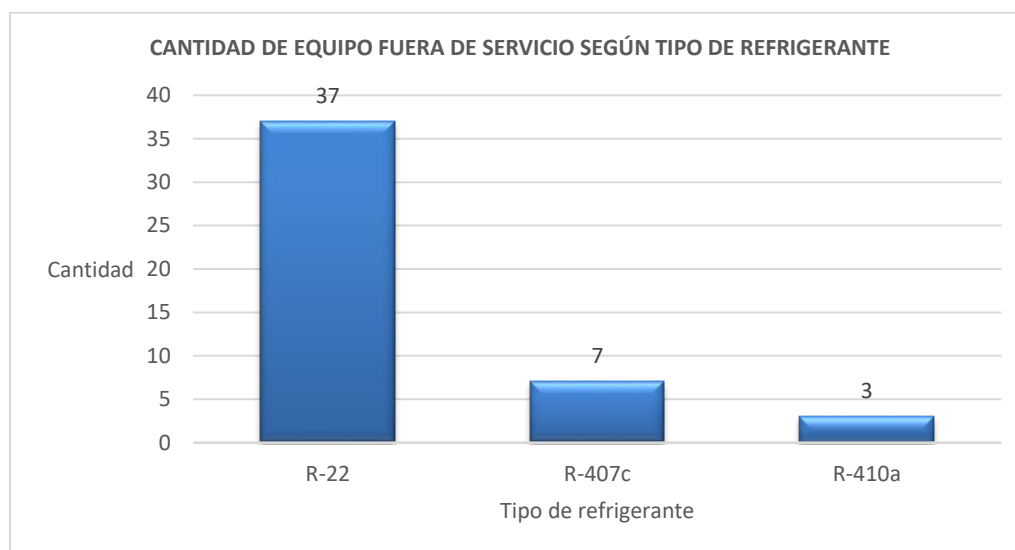


Fuente: Elaboración propia.

Clasificación equipo fuera de servicio por fallo de compresor

Se tiene un registro del último año en cuanto a equipos totalmente fuera de servicio por falla de compresor, con un total de 82 máquinas, de las cuales al último corte en setiembre del 2021 se contabilizan 47 equipos aún pendientes de reparación y 37 de esos utilizan refrigerante Freón 22, de manera que un 78,70 % del equipo pendiente de reparación es equipo obsoleto que usa HCFC y 17 de esos son de 3 y 5 T. R. (el 45 % del equipo clasificado obsoleto).

Gráfica 4. Equipos con compresor malo



Fuente: Elaboración propia.

Clasificación de equipos por estado operacional

Para esta clasificación se toma un muestreo correspondiente al equipo que se encuentra fuera de servicio por fallo de compresor a setiembre del 2021, al ser la condición crítica para la continuidad de servicio, del total de 1044 equipos, un segmento crítico de 47 máquinas fuera de funcionamiento, corresponde a un 4,5 % importante del gran total, de ese 4,5 % un 78,7 % obsoleto con Freón 22.

Se clasifican como bueno y regular todo el equipo que no presenta fallas con mayor frecuencia y se encuentra dentro de los datos recopilados que esto coincide con los equipos que tienen el tipo de refrigerante HFC, como se observa en la gráfica 4 “Equipo Fuera de Servicio vs Tipo de Refrigerante”, es muy significativa la incidencia de ese tipo de fallas comparando los equipos que cuentan con Freón 22 comparado con los equipos que contienen HFC (R-407C y R-410A), tomando como referencia el muestreo del equipo fuera de servicio, se considera como bueno y regular el 21,2 % lo cual indica que aún vale la pena repararlo.

En estado malo u obsoleto se clasifica el equipo con refrigerante Freón 22 al ser equipo que presenta mayor incidencia de fallos, lo cual fue expuesto en la gráfica 3 evidenciando casi un 80 % de los fallos graves registrados con compresor malo, son correspondientes a esta categoría de equipos que contienen el compuesto HCFC, que no vale la pena mantener en operación.

Análisis de datos recopilados

Se logra identificar 1044 equipos con casi un 60 % que contienen la sustancia HCFC (Freón 22 la cual tiene algún potencial de agotamiento de ozono y de calentamiento global), así que se debe buscar la manera de eliminarlo, como ha venido sucediendo de forma progresiva, escalonada con la menor afectación económica posible, pero ya se identifica la oportunidad de optimizar el proceso, esto planificado según corresponde, tal como lo establece el protocolo de Montreal y sus enmiendas, hasta su eliminación.

En segundo plano se identifica el 17,86 % de ese gran total de equipos que contienen el tipo de refrigerantes clasificados como HFC (no tienen potencial de agotamiento de ozono, pero sí de calentamiento global), estos entrarán en proceso escalonado de regulación en el año 2024 para su disminución en un 80 % en año meta 2045, respecto al 2021 según enmienda de Kigali.

Como dato positivo, se cuenta con un 22, 18 % de los equipos existentes usando agua como refrigerante y estas son las manejadoras del sistema de agua helada en edificios, dato que optimiza el panorama existente apega al objetivo de combatir el cambio climático por la eficiencia energética que se logra con ese tipo de sistemas y las sustancias químicas con la que trabajan, aunque el agua es enfriada por R134A en su mayoría, así que entrarán en proceso de regulación a partir de 2024.

Situación Actual del Sistema Según la Ley Ambiental Vigente y lo que ofrece el mercado en CR

Los datos recopilados en la investigación determinan que es de importancia y hay que actuar a la brevedad posible, por la cantidad de equipos mostrados con Freón 22 ya que son la mayoría, que además de ser equipos de más de 10 años en funcionamiento y por la frecuencia en que presentan fallo como se mostró en la gráfica 3 comparativa de equipos fuera de servicio vs tipo de refrigerante, se evidencia que requieren una sustitución por equipo sin PAO, certificado por ECA lo cual garantiza los parámetros establecidos por la Ley ambiental vigente.

En cuanto a los equipos existentes con refrigerantes HFC por ahora no se requiere dar alta prioridad a su reemplazo, ya que la calendarización según la enmienda de Kigali es iniciar su regulación a partir de 2024, estando aún permitido al día de hoy la importación de la sustancia.

Posibles soluciones

Al contar con equipos que contienen Freón 22, teniendo por compromiso ambiental acogido en la Ley de CR su eliminación gradual, equipo obsoleto que presenta mayor incidencia de fallos con un 78,7 % de las averías críticas, como puede verse en la gráfica 4 “equipo fuera de servicio

según tipo de refrigerante”, lo que se traduce en costos operativos por la necesidad de mantenimiento correctivo frecuente y requerimiento de reemplazo como problemática identificada.

Se busca solventar el problema analizando cambiar el tipo de refrigerante por uno compatible en ciertos casos de máquinas existentes, pero para óptimos resultados se debe descartar reparaciones pendientes a equipos que están fuera de servicio y que utilizan la sustancia HCFC, para ser reemplazados por máquinas con certificación ECA y se identifica la manera para lograr sustituir la mayor cantidad posible de esta sustancia en la zona buscando agilizar la transición.

Desde el punto de vista de reemplazar el equipo como lo más confiable por continuidad del servicio, referente a la curva de la bañera (apéndice o), como es normal un incremento constante en la tasa de fallas que se traduce incremento de costos operativos el seguir operando con equipo obsoleto, solventarlo según el análisis financiero tiene costo anual uniforme equivalente de 188 870 017 colones en una primera fase que sustituye equipo de 10,5 KW y 17.5 KW de capacidad frigorífica para una vida útil de 10 años, que se estima puede implementarse en 3 años esa primera fase, y otras 2 fases en las que la segunda tardará 3 años y la siguiente 2 años respectivamente para su implementación y eliminación total del PAO en los próximos 8 años de nuestros sistemas de manera gradual y escalonada.

Para la opción de sustituir el tipo de refrigerante a equipos que contienen Freón 22, se cambia el tipo de sustancia de HCFC a HFC (ahora se está utilizando R-427A como sustituto), y se realiza solo si se interviene su circuito de refrigerante, sea por fuga, fallo de compresor, obstrucción interna o irregularidad en las presiones, eso se da en casos en los que se requieren reparar de manera prioritaria por continuidad del servicio, sin embargo con eso se está invirtiendo en equipo obsoleto, aunque sea siguiendo las mejores prácticas de refrigeración aplicable, se modifican parámetros de fábrica y no es lo más rentable al ser equipo que ya cumplió su vida útil, se deben tomar en cuenta aspectos que se señalan en “cuadro 13” comparando ventajas y desventajas de reemplazo de solo refrigerante contra reemplazo total del equipo.

El cambio de refrigerante que se realiza puede parecer viable y efectivo pero no garantiza la continuidad deseable del servicio de climatización para sistemas críticos en sitios estratégicos, para muestra de eso es recomendable efectuar un nuevo estudio donde se pueda visualizar la incidencia de fallos al sistema de climatización en la zona, reportados por las métricas aplicables como incidentes de alta temperatura y fallos en unidades de climatización, contra el tipo de equipos

con Freón 22 y con sustituto compatible como R-422D y R-427A que son los utilizados recientemente como sustituto.

De acuerdo con la gráfica 3 “cantidad de equipos con Freón 22 vs capacidad en T. R”, el 55 % de equipos que cuentan con Freón 22 son de entre 3 y 5 T. R, por lo que, enfocándose en ese grupo, para un eventual reemplazo de equipos, por equipo con certificación ECA, aún más detalladamente solo los de 3 y 5 T. R existentes, se lograría eliminar cerca de un 50 % del principal problema en cuanto a PAO, identificando así la solución para solventar con agilidad, abarcando la mayor cantidad de equipo posible con Freón 22 para ser desplazado del sistema.

Tomando en cuenta que al corte de la toma de datos de este inventario hay 37 equipos que usan Freón 22 y están fuera de servicio por fallo de compresor, eso representa casi un 80 % de equipo pendiente de reparar con ese tipo de fallo. Considerando esos dos grupos más importantes a ser reemplazados 3 y 5 T.R con Freón 22, para optimizar el sistema considerablemente, poniendo especial atención a esos 37 equipos fuera de servicio por fallo de compresor e identificando sitios prioritarios para el negocio de las telecomunicaciones, se establece un orden prioritario para atacar el problema y mejorar resultados de funcionamiento y continuidad del servicio.

Aspectos por tomar en cuenta para la elección del plan por seguir

Cuadro 13. Aspectos tomados en cuenta para el plan a seguir

Cambio de refrigerante a equipo existente ✗	Reemplazo por equipo con certificación ECA ✓
Gran parte de los equipos se clasificaron regular y obsoleto, no se recomienda cambiar el refrigerante por sustituto y seguir operando el equipo en esos casos. Sin embargo para ciertas reparaciones de equipo clasificado bueno, existen instrucciones del área Gestión Ambiental Institucional y protocolos para el adecuado manejo de refrigerantes, con almacenamiento seguro y tratamiento adecuado con los gestores autorizados para tal fin.	Ya vienen con el refrigerante adecuado contenido en el equipo y no requiere recuperación, intervenciones a su circuito de refrigerante ni cambios de alguno de sus elementos originales de fábrica.
Equipo obsoleto, presenta desgaste y se requerirán correctivos a mediano o corto plazo muy probablemente.	Mayor confiabilidad y garantía en continuidad del servicio e impacto ambiental al no contener PAO y ser equipo sin desgaste por ende menos propenso a fugas de refrigerante y otro tipo de fallos.
Al modificar parámetros de fábrica se pierde eficiencia y el control de ciertos datos de los equipos por lo que podrían perder confiabilidad de operación.	Las tecnología disponible actualmente en el mercado nacional con su certificado ECA correspondiente garantiza la eficiencia energética y sustancia química como refrigerante acorde a la Ley ambiental vigente en el país.

Fuente: elaboración propia.

Análisis de un primer paso para reemplazo de equipo

Siguiendo la directriz del protocolo de Montreal en realizar la transición de las sustancias HCFC de forma escalonada, planificada sin afectar económicamente hasta donde sea posible, se propone el plan para dar los siguientes pasos mediante 3 fases, con la posibilidad de ajustar el presupuesto de manera que se ataque la situación regulada inicialmente y se permita dejar para otras 2 fases de proyecto las de menor impacto por cantidad de equipo, valorando el reemplazo en primera instancia de equipos de 3 y 5 T. R, que actualmente se encuentran fuera de servicio por fallo de compresor y todos los demás de estas dos capacidades que utilizan Freón 22, por equipo

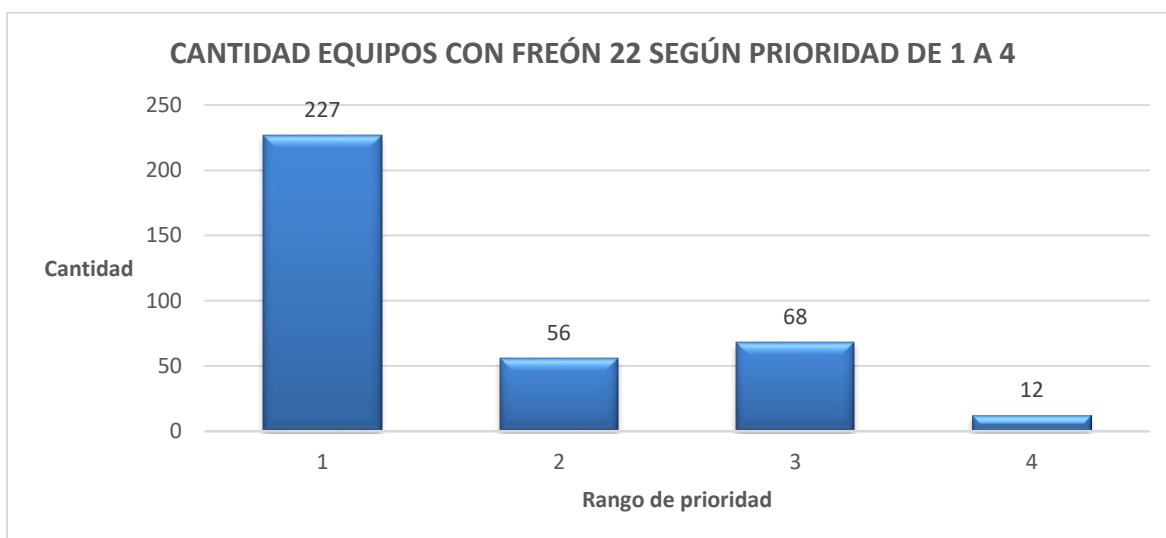
con certificación ECA y en una segunda y tercer fase el estudio y análisis correspondientes para sustitución de equipo restante con la sustancia HCFC.

Sitios prioritarios por condición estratégica

Al contar con herramientas actualizadas en cuanto a sitios estratégicos, se obtienen los siguientes datos importantes para la toma de decisiones en cuanto a prioridades, existe un 2 % de incertidumbre aproximadamente en la exactitud de los datos debido a variables en la base de datos:

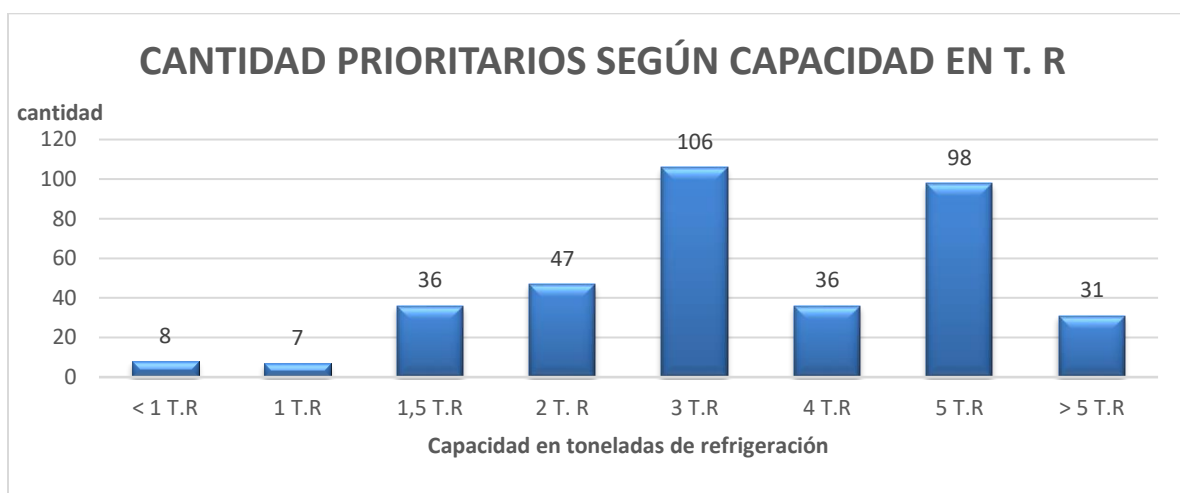
- Del inventario total de equipos de climatización, hay 38 sitios estratégicos para el negocio de las telecomunicaciones o sea de mayor criticidad, en estos se cuenta con aproximadamente 370 máquinas con Freón 22, correspondiente a un 35,44 % de la totalidad de equipos inventariados, que cuentan con la sustancia HCFC contenida en los sistemas, en sitios prioritarios bien identificados con categorías y subcategorías correspondientes, los cuales se analizan e identifican por capacidad, tipo de refrigerante, cantidades, pero al ser información sensible para la empresa no se puede dar el detalle de cada sitio específico, pero se enumeran del 1 al 38 cada sitio (12 sitios son prioridad 1), que por políticas de resguardo de la información confidencial se manejan esos datos de cierta forma para efectos didácticos, pero el dato exacto y específico existe y está disponible a lo interno de la institución.
- Se identifica que en 37 de los 38 sitios estratégicos prioritarios (apéndice “B” prioridad 1, 109 equipos) hay unidades de 3 y 5 T. R con Freón 22, son 204 equipos aproximadamente de estas subcategorías, cada una de las máquinas bien identificadas, y cada sitio categorizado en una escala de 1 a 4 según la criticidad para el negocio lo cual indica el orden de los sitios que se debe atender en cuanto al reemplazo del equipo obsoleto por equipo nuevo y con certificación ECA.
- En este apartado de análisis se presentan 2 panoramas a tomar en cuenta, uno con la cantidad de equipos con Freón 22 ubicados en 38 sitios específicos clasificados por criticidad de 1 a 4 para la continuidad del negocio de las telecomunicaciones y el otro es un 54 % de la cantidad de equipos con Freón 22 en sitios prioritarios, con capacidades de 3 y 5 T. R, entre otros, ubicados en estos sitios estratégicos, pueden llamarse equipo de climatización de mayor importancia en este trabajo y se muestran en las siguientes gráficas respectivamente:

Gráfica 5. Rangos de criticidad



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6. Tamaños de equipo con Freón 22 en sitios críticos



Fuente: Elaboración propia

Acciones complementarias

Primero debe complementarse toda acción con buena capacitación para tomar acciones enfocadas a parámetros como consumo de refrigerantes y eficiencia energética con base en el Protocolo de Montreal y sus enmiendas, se identifica la oportunidad de mejora en cuanto a la operación y mantenimiento del sistema de climatización en la zona, analizando los formularios de mantenimiento programado que se ejecutan periódicamente en la zona Metropolitana Este y otros formularios en distintos sitios ICE para sistemas homólogos (apéndice H), se propone un protocolo

de supervisión de mantenimiento de aire acondicionado y las actividades correspondientes (apéndice I), que considere las siguientes variables:

- Temperaturas:
 - Suministro y retorno del aire
 - Succión y descarga de tuberías
 - Censado en termostato de pared o bulbo sensor de retorno.
- Rastros de fugas de refrigerante
- Vibraciones superficiales en motores y aspas
- Ruidos anormales
- Condiciones generales previas y posteriores al mantenimiento
- Estados de alarmas
- Observaciones

Se analiza realizar estudios para optimizar parámetros que disminuyan la huella ambiental de los equipos con acciones como implementación y mayor uso de ciertos sistemas, ejemplo gestión y monitoreo para climatización que ofrecen la tecnología actual “Apéndice R”, así como lo que ofrece el mercado internacional como Distritos de Frío “Apéndice Q”, refrigeración con recurso natural “Apéndice P” y equipos monoblock “Apéndice S”.

Plan de manejo responsable para Freón 22 residual

Todo gas residual producto del plan propuesto en este proyecto debe someterse a un proceso de inicio a fin, bajo los criterios certificados que garanticen las buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado acorde a la normativa ambiental vigente, concluyendo con el certificado de incineración correspondiente de las labores para las cuales los gestores autorizados por el MINAE serán contratados por el ICE para destruir aproximadamente 630 kg de Freón 22 en una primer fase, proveniente de 137 máquinas de 36000 BTU/h y 140 máquinas de 60000 BTU/h, que se deben reemplazar al no estar en estado bueno u óptimo según la clasificación realizada.

El Freón 22 producto de las máquinas de desecho debe ser recuperado y almacenado adecuadamente por personal ICE, eso se realizará durante la supervisión del reemplazo de equipos, mientras que el gestor ambiental Green Costa Rica se encargará de recoger y transportar el Freón 22 a Holcim para su incineración y entrega de certificado al ICE.

Análisis financiero

Cuadro 14. Costos de equipos sin instalación y sus características principales

Proveedor	Leaho	Airteccr	Strong	Beirute
MARCA	Innovair	Daikin	Lennox	Lennox
CAPACIDAD	36000 BTU/hr	36000 BTU/hr	36000 BTU/hr	36000 BTU/hr
MODELO	DHV36C2V18	DX16SA0361	LIUH036180P431	LIAH036180P431
EFICIENCIA	SEER 18	SEER 16	SEER 16	SEER 18
REFRIGERANTE	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A
COSTO	₡1 017 000	₡1 120 191	₡1 289 600	₡1 488 210
CAPACIDAD	60 000 BTU/hr	60 000 BTU/hr	60 000 BTU/hr	60 000 BTU/hr
MODELO	VEA60C2V18	DX16SA0601	LIUH060180P431	LIAH060180P431
EFICIENCIA	SEER 18	SEER 16	SEER 16	SEER 18
REFRIGERANTE	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A
COSTO	₡1 491 600	₡1 710 514	₡1 744 680	₡2 147 000

Costos de proveedor externo al ICE (listado en Apéndice K)

El ICE telecomunicaciones cuenta con proveedores internos y externos a la institución para cubrir requerimientos de operación y mantenimiento de infraestructura electromecánica de climatización, por lo que se obtiene un listado de los costos de un proveedor externo y se agrega al “Apéndice K”, para tomar como base de referencia el costo de ciertas labores, como lo es el cambio de un compresor de aire acondicionado.

Costos operativos por reemplazo de equipo

Se toma como referencia el salario base de 750 000 colones mensual para un técnico en telecomunicaciones, categoría 2 del ICE, jornada 48 horas semanales, correspondiente a 3 592 colones la hora/hombre, contemplando rubros financieros institucionales de 37 % adicional que corresponde a cargas sociales entre otros costos indirectos, para un valor final de 4 921 colones por hora/hombre, con la limitante de no poder manejar un dato exacto debido a las anualidades que son un rubro variable entre diferentes técnicos de la misma categoría con el mismo nombramiento.

Para una instalación y desmontaje de equipo de 3 o 5 T.R se estima un tiempo de 48 horas para el caso de las unidades de 36 mil BTH/hr y de 58 horas para la instalación de un equipo de 60 mil BTU/hr, eso contando con 4 técnicos realizando labores, quedando de la siguiente manera el cálculo de costo operativo por reemplazo de cada equipo:

Cuadro 15. Costo operativo por reemplazo de equipo de 36000 BTU/hr y 60000 BTU/hr respectivamente

capacidad	Costo Hr/h	Cantidad de técnicos	Horas estimadas	Subtotal	Rubros ICE 37 %	Costos operativos
3 T. R	₡3 592	4	48	₡ 689 664	₡ 255 176	₡ 944 840
5 T. R	₡3 592	4	58	₡ 833 344	₡ 308 337	₡ 1 141 681

Elaboración propia

Costo por materiales en instalación de equipo

Para la instalación de un equipo nuevo se estima un 20 % adicional del costo del equipo, para contemplar materiales requeridos como: Tubería de cobre, figuras, soldadura oxiacetilénica, aislamientos térmicos, material eléctrico, estructuras de anclaje, soportes, tornillos, pernos, angulares, rieles y gazas B line, pintura, soldadura eléctrica, tubería PVC, bomba de condensado (solo si aplica), entre otros.

Costos por reparaciones

Se toma como base el listado de costos presentado por un contratista externo al ICE en “apéndice L”, por mano de obra sin materiales, por diferentes reparaciones y específicamente para un cambio de compresor el costo es de 225 mil colones, a esto se le suma un 37 % de rubros institucionales respecto al costo del contratista, más 300 mil colones por costo del repuesto (cotización “apéndice O”), para un total de 608 250 colones por cambio de compresor con personal externo al ICE, representando el panorama real con que se trabaja con proveedor externo y proveedor interno para suplir estos requerimientos y los rubros como cargas sociales incluidas.

Durante el último año en la zona se registró el fallo de 82 compresores, aproximadamente un 80 % usan Freón 22 y tienen más de 10 años en funcionamiento, lo que indica que ya se va cumpliendo su vida útil y que por la cantidad de equipos con esas mismas características funcionando se puede esperar un costo anual en incremento por estos rubros.

Costo por destrucción responsable del Freón 22

Según el gestor autorizado por el MINAE Green Costa Rica para la cotización correspondiente, el costo es 3 dólares por incineración del Kg de Freón 22, de manera que, para el trámite completo de incineración de 630 Kg de refrigerante, el costo es de 1890 dólares, que al tipo de cambio del dólar al día 25-11-21 corresponde a 1 348 500 colones incluyendo impuestos correspondientes.

Cálculo del CAUE

Para una primer fase, se estima el costo del proyecto mediante costo anual uniforme equivalente, se considera el costo total del proyecto de 708,5 millones de colones y la vida útil de los equipos propuestos a instalar como una variable según el mantenimiento, planteando un financiamiento de proyecto con una tasa de interés al 12 %, contemplando un valor de salvamento de 26,1 millones de colones, se contemplan además 11,5 millones a favor al no hacer reparación en 19 equipos señalados en apéndice A, y los costos operativos que requiere el equipo propuesto por 66,7 millones de colones anuales, siendo así se presentan 2 escenarios:

- Escenario 1: 10 años de vida útil tomando en cuenta que esto puede variar según el mantenimiento.
- Escenario 2: 12 años de vida útil siguiendo recomendaciones en cuanto a mejora continua en protocolos de mantenimiento.

Cuadro 16. Resumen del CAUE a evaluar

ESCENARIOS DE COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE		
Rubros	Escenario 1	Escenario 2
VAN	¢1 067 157 723	¢1 105 205 994
CAUE	¢188 870 017	¢178 420 927

Elaboración propia

Para el análisis de costos planteados, no se contempla un rubro por paro de sistemas para la sustitución de equipos propuestos, durante la ejecución del proyecto, debido a que se cuenta con equipo de respaldo fijo instalado en cada sitio, como redundancia para ser utilizado en caso de mantenimiento y garantizar la continuidad de servicios, además se cuenta con equipo de climatización portátil tipo industrial, para respaldo adicional en caso de requerirse por imprevistos principalmente en algún sitio estratégico. Tampoco se contempla una variación en costos de la facturación del consumo energético por la limitante de variables en tarifas TMT, comercial y proveedores de servicio distintos entre algunos de los 71 sitios estudiados.

Cálculos CAUE en detalle

Cuadro 17. Escenario 1, 10 años de vida útil

Tiempo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
BENEFICIO		11556750									
COSTO		66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240
INVERSIÓN	708500000										
Salvamento											26100000
Flujos netos	-708500000	-55233490	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-40690240
VAN	- 1 067 157 723,86										
CAUE	188 870 017,78										

Elaboración propia

Cuadro 18. Escenario 2, 12 años de vida útil.

TIEMPO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
BENEFICIO		11556750											
COSTO		66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240	66790240
INVERSIÓN	708500000												
Salvamento													26100000
Flujos netos	-708500000	-55233490	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-66790240	-40690240
VAN	- 1 105 205 994,46												
CAUE	178 420 927,48												

Elaboración propia

Para el análisis de costos planteados, no se contempla un rubro por paro de sistemas para la sustitución de equipos propuestos, durante la ejecución del proyecto, ya que se cuenta con equipo de respaldo instalado en cada sitio como redundancia, para ser utilizado en mantenimiento y garantizar la continuidad de servicios, así como equipo portátil tipo industrial, para respaldo adicional, en caso de requerirse por imprevistos, principalmente, en algún sitio estratégico.

Tampoco se contempla una variación en costos de la facturación del consumo energético por la limitante de variables en tarifas TMT, comercial y proveedores de servicio distintos entre algunos de los 71 sitios estudiados. Sin embargo; se realiza el análisis de la variación en consumos del equipo propuesto con su corriente nominal según dato de fábrica, contra el consumo de equipo existente de acuerdo con un muestreo tomado en 6 sitios distintos de las 2 capacidades propuestas, se calcula un promedio, como se muestra en el cuadro comparativo de datos cuadro 19.

Cuadro 19. Variación en consumo de equipo propuesto respecto a equipo existente

EQUIPO EXISTENTE				EQUIPO PROPUESTO			
Capacidad frigorífica	Sitio	Equipo ID	Consumo de potencia promedio en Kw	Capacidad frigorífica	Corriente nominal (amperios)	Potencia (Kilowatts)	Variación en consumo
10,5 Kw	Tabarcia	AA70-0229	3,24	10,5 Kw	13,3	2,93	-9,69%
	Escazú	AA70-0324					
	Real Pereira	AA70-0190					
17,5 Kw	Tarbaca	AA70-0229	4,75	17,5 Kw	23,7	5,21	9,77%
	Tierra Blanca	AA70-0324					
	Santa Ana	AA70-0190					

Elaboración propia

Figura 5. Dato de consumo nominal de fábrica

MODELO		VEV26C2R18	VEV36C2R18	VEV52C2R18	VEV62C2R18
CAPACIDAD	Nominal Btu/h	24,000	35,200	48,000	60,000
	Rango Btu/h	9,000–26,000	11,000–38,500	18,000–52,000	20,000–62,000
EFICIENCIA	EER	12.5	12.2	12.5	11.7
	SEER	18	18	18	18
ELECTRICIDAD	Voltaje-Fase-Hz	208/230-1Ph-60Hz	208/230-1Ph-60Hz	208/230-1Ph-60Hz	208/230-1Ph-60Hz
	Minima del Circuito (A)	17.7	24.2	31.9	36.5
	Corriente Nominal (A)	8.9	13.3	17.8	23.7
MOTOR	FLA	0.8	1.0	2.5	2.5
REFRIGERANTE	R410a (g)	2400	3400	4500	4800

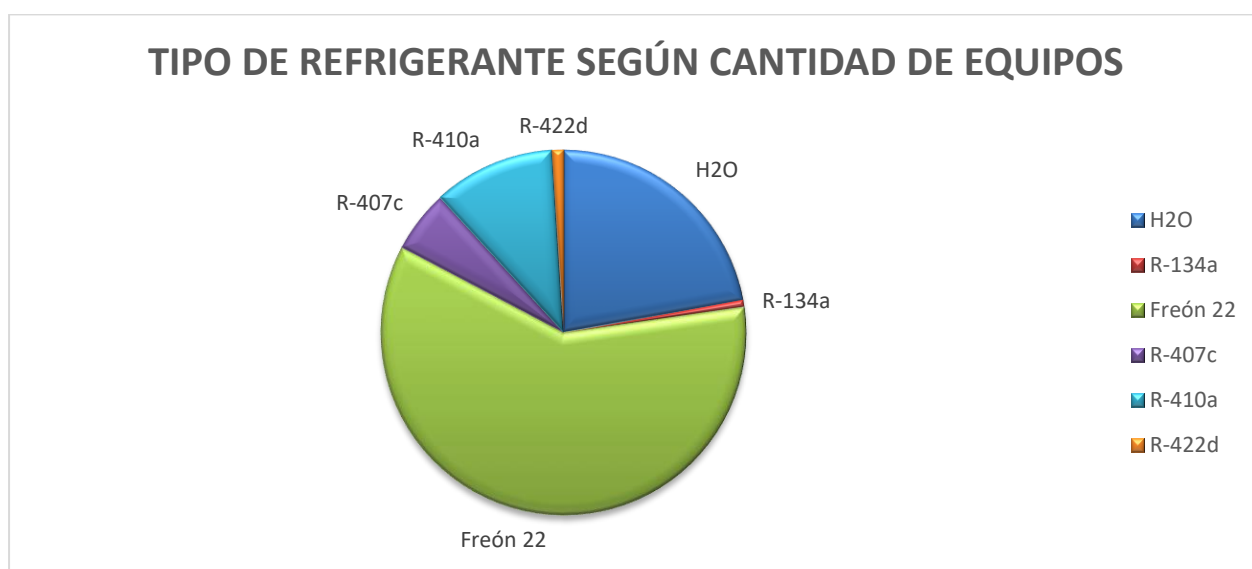
Innovair Corporation 2015

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se propone un plan que permite dar un paso significativo hacia la transición de equipos con Freón 22 a equipos sin PAO, mediante 3 fases.
- Se tienen 1044 equipos distribuidos en 71 sitio distintos, 38 de esos sitios son prioritarios para el negocio de las telecomunicaciones y a la fecha de corte se encuentran 47 equipos fuera de servicio por fallo de compresor.
- 60 % de equipos del sistema de climatización tiene potencial de agotamiento de ozono y debe ser reemplazado de acuerdo con Protocolo de Montreal y la Convención de Viena para la protección de la capa de ozono.
- Un 17,86 % del equipo se encuentra a media vida y contiene refrigerante HFC, al no tener PAO, pero si PCG, aún la Ley ambiental vigente permite su ingreso al país, pero ya entró dentro de una calendarización que inicia con su regulación a partir del año 2024 según enmienda de Kigali adoptada por Ley 9522 en 2018 en CR.
- Dato positivo un 22,18 % del equipo en la zona utiliza agua helada como refrigerante, lo cual representa un beneficio en cuanto a la huella ambiental del sistema de climatización, aunque para enfriar esa agua se utilice HFC en su gran mayoría.

Gráfico 7. Cantidades de equipo por tipo de refrigerante



Fuente: Elaboración propia

- El gas residual de ese proceso debe llevar el tratamiento responsable para cumplir el objetivo esencial de mitigar la huella ambiental.
- Complementario a sustituir equipos hay que mejorar protocolos de mantenimiento para optimizar la gestión.
- De acuerdo con el análisis económico, una primer fase de eliminar el PAO del sistema contemplando reemplazar equipos de 10,5 KW y 17,5 KW de capacidad frigorífica, tiene un costo anual uniforme equivalente de 188,8 millones de colones a 10 años plazo de vida útil como primer escenario; Y como segundo escenario siguiendo una mejora continua a protocolos de mantenimiento, como complemento de la sustitución de equipos a proponer, se estima un CAUE de 178,4 millones de colones para una vida útil de 12 años plazo.

Recomendaciones

- Una vez concluido el plan propuesto y se cuente con los certificados de la destrucción responsable del freón 22 emitida por el gestor ambiental autorizado por el MINAE, replicar la investigación para atacar los demás parámetros que regula el Protocolo de Montreal y sus enmiendas aparte del PAO que contenga el sistema.
- Ser incisivos en cuanto a actualizar constantemente inventarios y las bases de datos con información referente al mantenimiento e intervenciones al sistema, por ser una herramienta básica para este tipo de estudios y la toma de decisiones.
- Transición a 0 PAO, acorde al Protocolo de Montreal mediante 3 pasos:
 - Paso 1, implementar mi propuesta, adquirir 277 equipos propuestos, no hacer reparaciones en equipos de las 19 máquinas de 3 T. R y 5 T. R respectivamente clasificadas obsoletas detalladas en “Apéndice A”, sustituirlas por equipo nuevo.
 - Paso 2, reemplazar el total de 140 máquinas de 5 T. R y 137 de 3 T. R respectivamente, iniciando por las 109 unidades identificadas y enlistadas en “Apéndice B” como prioridad 1 y continuar ese orden en prioridad 2, 3 y 4 según registros existentes.
 - Paso 3, realizar el estudio y sustituir los equipos en el siguiente orden por cantidades, 89 equipos de 2 T. R, 56 equipos de 4 T. R y de último un 16 % de la cantidad exteniente en este momento que sería el restante con Freón 22.
- Certificar al personal en manejo de refrigerantes y eficiencia energética.
- Implementar la norma ISO 50001 respecto al modelo de gestión de energía (Planificar, hacer, evaluar y actuar).
- Valorar la posibilidad de implementar la propuesta utilizando el escenario 2 para optimizar el costo anual uniforme equivalente en aproximadamente unos 10 millones de colones, al aplicar la mejora en protocolos y garantizar el tiempo de funcionamiento establecido con menor impacto ambiental.
- La recuperación del Freón 22 residual debe ser realizado por personal calificado, certificado para el manejo de refrigerantes y seguir todo el protocolo correspondiente y trazabilidad en cuanto a buenas prácticas y manejo adecuado para el proceso de envasado y entrega al gestor ambiental autorizado, hasta la obtención del certificado de incineración de la sustancia correspondiente.

Capítulo VI: Propuesta

Planteamientos

Acorde a los lineamientos del protocolo de Montreal y sus enmiendas, que consiste en planificar para efectuar de manera gradual y escalonada la regulación de las sustancias clasificadas como potenciales para el agotamiento de ozono, parámetro que impactan en cuanto al cambio climático.

La cantidad de equipos con Freón 22 es la situación de enfoque en este estudio, por lo que se pretende disminuir esa gran cantidad hasta eliminarlo. De manera que se busca reemplazar la mayor cantidad de equipos que contengan la sustancia HCFC en una primera fase, para revertir la situación y en el corto plazo se podría contar con la mayor cantidad de equipos operando con la 3^o generación de refrigerantes (según apéndice C) correspondiente a los HFC que no presenta potencial de agotamiento de ozono, sin embargo, en pocos años empezarán a ser regulados acorde a la enmienda de Kigali.

Se plantea no reparar 19 equipos de aire acondicionado que a la fecha del corte se encontraron fuera de servicio por fallo de compresor, son de 10,5 y 17,5 KW de capacidad frigorífica, cuentan con Freón 22, para ser sustituido por equipo con refrigerante sin PAO y el equipo que se adquiriera ahora para el reemplazo debe contar con certificación ECA.

La manera de hacerlo escalonado es reemplazar todo el grupo específico de 10,5 y 17,5 KW de capacidad frigorífica, que contiene Freón 22, que además de contribuir con el tema de cambio climático aporta confiabilidad al sistema en su funcionamiento y así menores costos de operación por reparaciones, adquiriendo unos 140 equipos de 17,5 KW y 137 de 10,5 KW de capacidad frigorífica, ya que son justo la cantidad de equipos actual de esa subcategoría con que opera el sistema de climatización en la zona. Esa primera fase bajaría aproximadamente el 50 % de la cantidad total de equipos que actualmente contiene Freón 22.

La fase siguiente debe reemplazar 89 equipos de 7 KW y 56 de 14 KW de capacidad frigorífica, para bajar el saldo correspondiente en ese momento a otro 50 % aproximadamente, que quedaría restando lo que actualmente representa un 16 % de la cantidad total de equipos con Freón 22 para una fase final de eliminación de la sustancia HCFC en los sistemas de climatización del ICE Telecomunicaciones de la Zona Metropolitana Este.

Resumen de costos

Cuadro 20. Costo de equipo y materiales de instalación

Capacidad	Cantidad	Costo unitario	Sub total	Costo por materiales 20 %	Total
3 T. R	137	¢ 1 017 000	¢ 139 329 000	¢ 27 865 800	¢ 167 194 800
5 T. R	140	¢ 1 491 600	¢ 208 824 000	¢ 41 764 800	¢ 250 588 800
Total	277	¢ 2 508 600	¢ 348 153 000	¢ 69 630 600	¢ 417 783 600

Elaboración propia

Cuadro 21. Costos operativos por reemplazo de equipos (mano de obra con planilla ICE)

Capacidad	Cantidad	Costo Hr/h	Cantidad de técnicos	Horas estimadas	Subtotal	Cargos financieros ICE 37 %	Costos unitario	Total
3 T. R	137	¢3 592	4	48	¢ 689 664	¢ 255 176	¢ 944 840	¢ 129 443 036
5 T. R	140	¢3 592	4	58	¢ 833 344	¢ 308 337	¢ 1 141 681	¢ 159 835 379
Total								¢ 289 278 415

Elaboración propia

Cuadro 22. Costo total del proyecto

Capacidad	Costo de equipo y materiales	Costo unitario por mano de obra	Subtotal	Cantidad	Total
36000 BTU/hr	¢ 1 220 400	¢ 944 839	¢ 2 165 240	137	¢ 296 637 880
60000 BTU/hr	¢ 1 789 920	¢ 1 141 681	¢ 2 931 601	140	¢ 410 424 140
Costo por incineración del Freón 22 IVA.I					¢ 1 348 500
Total					¢ 708 410 528

Elaboración propia

Cuadro 23. Costo total del proyecto

COTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE CONTEMPLANDO VAN		
Rubros	Escenario 1	Escenario 2
Valor actual neto	¢1 067 157 723	¢1 105 205 994
CAUE	¢188 870 017	¢178 420 927

Elaboración propia

Propuesta final

Realizar las 3 fases indicadas para desplazar la sustancia Freón 22 que tiene potencial de agotamiento de ozono, contenido en los equipos con que opera la climatización de la zona Metropolitana Este del ICE Telecomunicaciones, hacia la siguiente generación (apéndice C) de refrigerantes que son los HFC, con una inversión para una primera fase, que contemplando costos de mantenimiento, valor de salvamento de 6 % del costo del equipo propuesto al final de su vida útil, el rubro de 19 equipos fuera de servicio por fallo de compresor de las categorías indicadas por las que no deberá incurrirse en costo de reparaciones a favor, con financiamiento al 12 % de interés, para una vida útil de 12 años con los protocolos de mantenimiento óptimos, se trae a valor presente el costo del proyecto, estimando un costo anual uniforme equivalente de 178,4 millones de colones, que contempla compra de equipo, materiales, costo operativo y destrucción del Freón 22, para sustituir 277 máquinas de aire acondicionado, de 10,5 y 17,5 KW de capacidad frigorífica, que actualmente cuentan con refrigerante HCFC, cambiándolos por equipos con certificación ECA.

Específicamente en la primera fase iniciando por 19 equipos que están fuera de servicio por falla de compresor, se muestra detalle en apéndice A, seguido por los 109 equipos específicos indicados en apéndice B correspondientes a sitios de mayor prioridad para el negocio de las telecomunicaciones, luego los sitios de prioridad 2, 3 y 4 sucesivamente hasta concluir con los 37 sitios críticos en primer lugar, para finalizar con el restante de los 277 equipos propuestos en esta primera fase correspondiente a una capacidad de 1111 toneladas de refrigeración en total, distribuidas en 71 sitios.

La segunda fase debe reemplazar el equipo de 7 y 14 KW de capacidad frigorífica que contenga Freón 22 para llegar a un 16 % únicamente de la cantidad total de equipos operando con dicha sustancia que se eliminará en una tercera fase final de transición a la generación de refrigerantes adecuada en su momento al haber concluido las primeras 2 fases propuestas en este trabajo.

Bibliografía

Carrier Air Conditioning Company. (1999). Manual de Aire Acondicionado (Handbook Of Air Conditioning System Design)

ASHRAE. (2010). Designation and safety classification of refrigerants. Alanta: USA, ASHRAE.

Air Conditioning and Refrigeration Institute ARI. (1999). Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado Tomo 1, ARI, New Jersey

Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR). ("SF"). Gestión y Uso Seguro de Refrigerantes

Ente Costarricense de Acreditación. (2021). *Certificación ECA.*

<https://www.eca.or.cr/#:~:text=EI%20ECA%2C%20es%20la%20organizaci%C3%B3n%20responsable%20de%20otorgar,Permitiendo%20as%C3%AD%20cumplir%20los%20objetivos%20leg%C3%ADtimos%20del%20Estado>

gestionamundo.blogspot.com CAUE . (2014). <http://gestionamundo.blogspot.com/2014/07/caue.html>

GIZ, SPODS. (2021). <https://www.green-cooling-initiative.org/es/sobre-nosotros/nuestros-proyectos/sustainable-and-climate-friendly-phase-out-of-ozone-depleting-substances-spods>

Observatoriop10.cepal.org Enmiendas P M. (2021)

<https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-viena-la-proteccion-la-capa-ozono>

Ec.europa.eu/ https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es

Unfccc.int https://unfccc.int/es/kyoto_protocol

Undp.org <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development/environment-and-natural-capital/montreal-protocol.html>

Blogquimobasicos.com Refrigerantes de transición. ("S.F"). <https://blogquimobasicos.com/2012/02/14/el-desarrollo-de-los-refrigerantes/>

Gas-servei.com <https://gas-servei.com/productos/refrigerantes/refrigerantes-hcfc/>

Genetron® 410A - Aire acondicionado Comercial - Productos & Aplicaciones - Honeywell Refrigerants Europe

AHRICertified.("2018").

https://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/Certification/TranslatedFlyers/CERT_PROGS_SpanEng.pdf

INTECO Certificaciones. ("S.F"). <https://www.inteco.org/verificacion-de-la-carbono-neutralidad>

HC Refrigerantes. ("2016-2021"). <http://www.hcrefrigerant.com/spanish/home.html>

Refrigeracioncyc.com <https://www.refrigeracioncyc.com/refrigeracion-alternativa-y-amigable-hidrocarburos/>

Acrlatinoamerica R-290 Productos. (2021).

<https://www.acrlatinoamerica.com/201812138442/productos/aire-acondicionado-y-ventilacion/equipos-split-con-refrigerantes-naturales.html>

Forane.com Referente a R-427^a. (2021). <https://www.forane.com/en/product/fluorochemicals/forane427a/>

Airsystems.ge Climatización c/ recurso natural (free cooling). ("SF"). <https://airsystems.ge/free-cooling-technology/>

Apéndices

Apéndice A: 19 equipos (3 y 5 T. R) con fallo en compresor, fuera de servicio, pendientes de reparación a setiembre de 2021, ejemplo de casos propuestos primeros a sustituir, no reparar.

Localidad	Tipo AA	Fallo	Observaciones
Coronado	TPD	Compresor trabado	Pendiente reparación ID AA70-0355
Desamparados	TPC	Compresor dañado	Pendiente reparación- ID AA70-0293
Rb. Pitahaya- Paseo Colón	TPC	Compresor dañado	Pendiente reparación- AA70-0513
Ctrl Sur	ADO	Compresor trabado	Pendiente reparación- ID AA70-0113
Ctrl Sur	ADO	Consumo anormal	Pendiente reparación-ID AA70-0118
Tabarcia	PAQ	Compresor dañado	Pendiente reparación-ID AA70-0228
Cartago	PDI	Compresor #2 dañado	Pendiente reparación- ID AA70-0039
Cartago	TPD	Falta compresor	Pendiente reparación- ID AA70-0056
Cervantes	PAQ	Compresor trabado	Pendiente reparación- ID AA70-0021
Santa María de Dota	PAQ	Compresor a tierra	Pendiente reparación ID AA70-0219
Plaza Cristal	ADO	Compresor trabado	Pendiente reparación ID AA70-0260
Tarbaca	TPQ	Compresor ligado a tierra	Pendiente reparación ID AA70-0094
Coronado	ADO	Compresor trabado	Pendiente reparación ID AA70-0357
Forum I	PAQ	Compresor dañado	Pendiente reparación ID AA70-0342
Puriscal	PAQ	Compresor dañado	Pendiente reparación ID AA70-0274
Coronado	TCP	Compresor dañado	Pendiente reparación ID AA70-0354
Cartago	TPD	Compresor dañado	Pendiente reparación ID AA70-0056
Cerro Sabanas	ADO	Compresor scroll - monofásico- dañado	Pendiente reparación ID AA70-0057
Central Sur	ADO	Compresor dañado	Pendiente reparación ID AA70-0113

Apéndice B: Inventario de 109 máquinas de climatización con Freón 22, de 3 y 5 T. R, prioridad 1.

SITIO	PRIORIDAD	ID	MARCA	MODELO	SERIE	Capacidad en T. R	TIPO DE REFRIGERANTE	AREA CLIMATIZADA
# 1	1	AA70-0362	Liebert	DH199A-CAEI / DCDF205-Y	761190-002 / 0522C77727	3 T.R	R-22	SALA ERICSSON SEGUNDO PISO
# 1	1	AA70-0363	Liebert	DH199A-CAEI / DCDF205-Y	761190-004 / 0522C77768	3 T.R	R-22	SALA ERICSSON SEGUNDO PISO
# 1	1	AA70-0364	Liebert	DH199A-CAEI / DCDF205-Y	761190-003 / 0522C77728	3 T.R	R-22	SALA ERICSSON SEGUNDO PISO
# 1	1	AA70-0365	Liebert Hiross	M34UA000V DG01125X63 59490002	M34UA00635 9490002	3 T.R	R-22	SALA ERICSSON SEGUNDO PISO
# 1	1	AA70-0366	Liebert	UH125A-CSM	217567-004	3 T.R	R-22	PUERTA #16 SEGUNDO PISO (N1-89)
# 1	1	AA70-0367	Liebert	UH125A-CSM	217567-001	3 T.R	R-22	PUERTA #16 SEGUNDO PISO (N2-9)
# 1	1	AA70-0368	Liebert	UH125A-CSM	217567-008	3 T.R	R-22	PUERTA #16 SEGUNDO PISO (N3-9)
# 1	1	AA70-0369	Peake/York	H2CB024506 A	MOXM16695 1	3 T.R	R-22	PUERTA 8 SALA DE TRANSPORTE
# 1	1	AA70-0373	Miller	134ACX-060-230-13	9708001471	3 T.R	R-22	PUERTA 8 SALA DE TRANSPORTE
# 1	1	AA70-0374	Liebert	ET036A-PFO	224720-014	3 T.R	R-22	PUERTA 8 SALA DE TRANSPORTE
# 1	1	AA70-0379	Goodman	CK60-1C / A60-00-2	14938-07 / 9706129540	5 T.R	R-22	PUERTA 12 PRIMER PISO
# 1	1	AA70-0385	Liebert	UH125A-CSM / DCDL143Y	217567-020 / 0224C57009	3 T.R	R-22	PUERTA 30
# 1	1	AA70-0386	Liebert	UH125A-CSM / DCDL143Y	248702-004 / 0105C44171	3 T.R	R-22	PUERTA 30
# 1	1	AA70-0435	Bard	WA253-A0ZXWXXXM	254F0318430 1	3 T.R	R-22	PUERTA 9
# 3	1	AA-70-0549	Space Cooler	451655-p	370138	5 T.R	R-22	(Piso 2)SALA DE EQUIPOS DE TRANSMISION(Pasillo)
# 3	1	AA-70-0575	Tempstar	MK036AWAT	*074377272	3 T.R	R-22	(piso 6) Central digital alcatel
# 3	1	AA-70-0589	Mitsubishi Daiya	FDTJ112HKXE2	T11700282	3 T.R	R-22	(Piso 9) ANTIGUA CENTRAL ERICSSON
# 3	1	AA-70-0591	Mitsubishi Daiya	FDTJ112HKXE2	T11700275	3 T.R	R-22	(Piso 9) ANTIGUA CENTRAL ERICSSON- A/C # 3
# 3	1	AA-70-0592	Mitsubishi Daiya	FDTJ112HKXE2	T11700280	3 T.R	R-22	(Piso10) OFICINA DE ABOGADO
# 3	1	AA-70-0593	Mitsubishi Daiya	FDTJ112HKXE2	T11700280	3 T.R	R-22	Antigua Central Celular Ericsson
# 3	1	AA-70-0594	Mitsubishi Daiya	FDTJ112HKXE2	T11700279	3 T.R	R-22	(Piso 9) ANTIGUA CENTRAL ERICSSON- A/C # 6
# 3	1	AA-70-0595	Mitsubishi Daiya	FDTJ112HKXE2	T11700281	3 T.R	R-22	(Piso 9) ANTIGUA CENTRAL ERICSSON
# 3	1	AA-70-0596	Mitsubishi Daiya	FDTJ112HKXE2	T11700278	3 T.R	R-22	(Piso 9) ANTIGUA CENTRAL ERICSSON A/C #7
# 3	1	AA-70-0597	Mitsubishi Daiya	FDTJ112HKXE2	T11700277	3 T.R	R-22	(Piso 9) ANTIGUA CENTRAL ERICSSON
# 3	1	AA-70-0598	Mitsubishi Daiya	CONDENSADOF	U28700024LF	3 T.R	R-22	(Piso 9) ANTIGUA CENTRAL ERICSSON
# 3	1	AA-70-0600	Mitsubishi Daiya	CONDENSADOF	U28700030LF	3 T.R	R-22	(Piso 9) ANTIGUA CENTRAL ERICSSON
# 5	1	AA70-0234	General Electric	ACS38A29	L963831388	3 T.R	R-22	
# 5	1	AA70-0235	York	H3RA060S06 A	KM038103	5 T.R	R-22	
# 10	1	AA70-0291	Arcoaire	BYTD060GA / SB601SA-F	R893100234 / 849503505	5 T.R	R-22	SALA TRANSPORTE
# 10	1	AA70-0295	Goodman	CKL60-1N	806880145	5 T.R	R-22	DISTRIBUIDOR
# 10	1	AA70-0300	Goodman	CKL60-1N	806080147	5 T.R	R-22	SALA DE BATERIAS
# 10	1	AA70-0301	Goodman	CKL60-1N	806080144	5 T.R	R-22	SALA DE BATERIAS
# 10	1	AA70-0303	Liebert	FH199A-C10	147488F	3 T.R	R-22	PUERTA 5 #1
# 10	1	AA70-0302	Liebert	FH199A-C10	147488H	3 T.R	R-22	PUERTA 5 #2
# 10	1	AA70-0292	Liebert	CH125A-CSM	217567012	3 T.R	R-22	SALA NORTEL- SIST. PREFERIDO #1
# 10	1	AA70-0293	Liebert	UH125A	217567003	3 T.R	R-22	SALA NORTEL #2
# 10	1	AA70-0290	linternational Confort /Tempstar	N2AE60AHA1 00	X083678315	5 T.R	R-22	SALA UPS
# 10	1	AA70-0288	Tempstar	N2AE60AHA1 00	X083678312	5 T.R	R-22	SALA UPS

# 10	1	AA70-0287	Tempstar	N2AE60AHA100	X083577424	5 T.R	R-22	SALA UPS
# 10	1	AA70-0294	Union Aire	ORTC036		3 T.R	R-22	DISTRIBUIDOR
# 15	1	AA70-0051	Carrier	N2AE36AKA	X080778076	3 T.R	R-22	OFICINA DE PESONAL DE CIVIL
# 15	1	AA70-0054	Carrier	50ZP060-311	4108G51697	5 T.R	R-22	PISO 1 -SUBESTACIÓN
# 15	1	AA70-0063	Carrier	50ZP060-311	1102G11494	5 T.R	R-22	PISO 1- SALA TX
# 15	1	AA70-0060	Coolaire	FBA03600	L974072487	3 T.R	R-22	PISO 1- SALA EQUIPO LORAIN UNID.#2
# 15	1	AA70-0057	Fujisoni	NO VISIBLE	CART01	5 T.R	R-22	SALA VORTEX Y DONGAH
# 15	1	AA70-0056	Goodman/commodaire	CK36-1B	9708013917	3 T.R	R-22	PISO 1- SIST. INALAMBRICOS PUERTA 10
# 15	1	AA70-0059	Innovair	U60C2DBB	NO VISIBLE	5 T.R	R-22	PISO 1- DISTRIBUIDOR
# 15	1	AA70-0038	Liebert	FH199A	201433-014	3 T.R	R-22	PISO 3- SALA ALCATEL UNIDAD #1
# 15	1	AA70-0039	Liebert	FH199A-C00	201433-014	3 T.R	R-22	PISO 3- SALA ALCATEL UNIDAD #2
# 15	1	AA70-0040	Liebert	DH125A-CAEI	243577-012	3 T.R	R-22	PISO 3- SALA ALCATEL UNIDAD #3
# 15	1	AA70-0041	Liebert	DH125A-CSEI	228696-011	3 T.R	R-22	PISO 3- SALA ALCATEL UNIDAD #4
# 15	1	AA70-0046	Liebert	DH125A-CSEI	767005-004	3 T.R	R-22	PISO 2- SALA SOFT SWITCH
# 15	1	AA70-0042	Liebert Hiross	UA001V70210	6112040005	3 T.R	R-22	PISO 2- SALA SOFT SWITCH
# 15	1	AA70-0065	Ruud / Innovair	13AJN36A01	392W26120293	3 T.R	R-22	OFICINA DE SISTEMAS HIJOS
# 18	1	AA70-0394	Mc Quay	SCB301	8142-02/JSS11	5 T.R	R-22	(Piso 1) SALA DE FUERZA-TRANSFERENCIA
# 18	1	AA70-0422	Miller	NO VISIBLE	NO VISIBLE	3 T.R	R-22	(Piso 2) SALA DE TRANSMISION
# 23	1	AA70-0354	Union Aire	RH-HM6024JK	8395W251216509	3 T.R	R-22	ELECTRONICA EN LA RED
# 23	1	AA70-0355	EUBANK	W60CS00833F08A	006-P70390	5 T.R	R-22	SALA DE RECTIFICADORES
# 23	1	AA70-0357	Lennox	13ACX06023013	1911A10960	5 T.R	R-22	ELECTRONICA EN LA RED
# 23	1	Etiquetar	Air Rover- Portátil	XL-36PAREU001		3 T.R	R-22	ELECTRONICA EN LA RED
#26	1		Carrier	CB29M-GS1P	1102E24571	3 T.R	R-22	PANTALLAS
#26	1		Tempstar	MK036AWAT		3 T.R	R-22	SALA UPS GAMATRONIC, PUERTA 5
# 27	1		Lennox	10ACB36-12P	O1JRWL0421	3 T.R	R-22	Aula Capacitación sótano Casa Transmisión
# 27	1		Carrier	50ZP-060-X-301	3408G40429	5 T.R	R-22	Oficina Electromecánica DGRM
# 27	1		Carrier	50SS-036-301	No visible	3 T.R	R-22	Oficina Mantenimiento de Edificios
# 27	1		Goodman	CKL60-1	203443010	5 T.R	R-22	Consultorio Médico
# 27	1		Air Flow	AFX-300A2	022MX086	5 T.R	R-22	Centro de Datos Sala #1
# 27	1		Goodman	CK60-1AB	9706140714	5 T.R	R-22	Oficina Cindy Sánchez
# 27	1		Miller	NFX70605VW2	EFV5009611	5 T.R	R-22	Gestión RAI
# 27	1		Miller	NFX70605VW2	EBV5002117	5 T.R	R-22	Gestión RAI
# 27	1		Liebert	FH125A-CSM	225762-009	3 T.R	R-22	Sala Maquetas
# 27	1		Liebert	FH125A-CSM	225762-008	3 T.R	R-22	Sala Maquetas
# 27	1		York	H2RA060506D	ENHM91806	5 T.R	R-22	Oficina Técnicos Microonda
# 27	1		Liebert	UH125A-CSM	215567-017	3 T.R	R-22	Sala PCM #2, puerta 12
# 27	1		Tempstar	BMB120N2MB	L991918276	3 T.R	R-22	Sala PCM #1
# 27	1		Liebert	UH125A-CSM	217567	3 T.R	R-22	Sala PCM #1
# 27	1		Tempstar	DF2HU60WAT	V082625349	5 T.R	R-22	Sala Conectividad y Servidores DGRM #1
# 27	1		Gair	GOV-60CR	No visible	5 T.R	R-22	Sala Conectividad y Servidores DGRM #1
# 27	1		Tempstar	N2AE60AHA	X083678313	5 T.R	R-22	Sala Conectividad y Servidores DGRM #1
# 27	1		Tempstar	N2AE60AHA	X083678326	5 T.R	R-22	Sala Conectividad y Servidores DGRM #1
# 27	1		Liebert Hiross	UA001V70210	28350200C4	3 T.R	R-22	Central Digital San Pedro I
# 27	1		York	DA-10	AB8-115821	3 T.R	R-22	Central Digital San Pedro I
# 27	1		York	H1CB030050	30YCE	3 T.R	R-22	Sistemas Inalámbricos, puerta 24
# 27	1		Classic	CK60-1C	481200003	5 T.R	R-22	Sistemas Inalámbricos, puerta 24
# 27	1		Liebert	BF067A-LAES	631493-001	5 T.R	R-22	Sala de Gestores TX
# 27	1		Liebert	BF067A-LAES	631493-002	5 T.R	R-22	Sala de Gestores TX
# 27	1		Classic	TU03036A	25D030403292	3 T.R	R-22	DTOM Tecnologías
# 27	1		York	H2RA060506D	EAM004906	5 T.R	R-22	Financiero DGRM

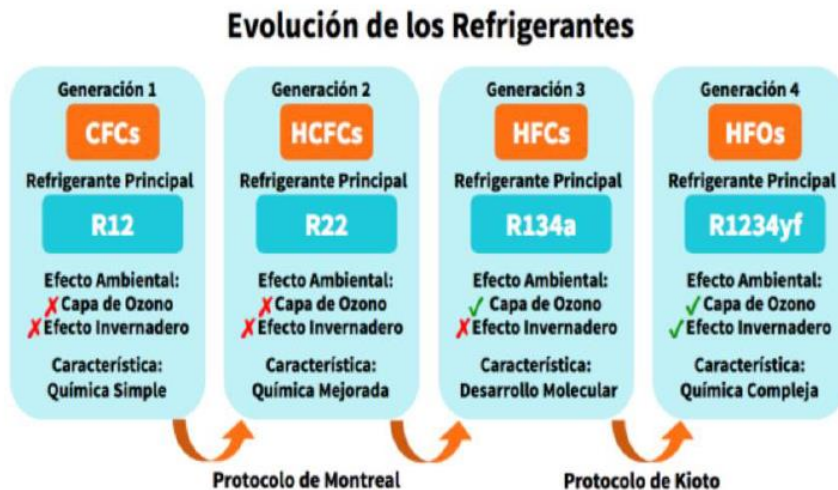
# 27	1		York	H2RA060S06D	9810-33244	5 T.R	R-22	Call Center 1119
# 27	1		Goodman-McQuay	CK60-1AB	9911543077	5 T.R	R-22	Control de la Red GRM (Sala AIX)
# 27	1		Tempstar/ Carrier	N2AE36AKA	X080778676	3 T.R	R-22	Cubicación (Sala IXP ICE)
# 31	1	AA70-0238	Tempstar	NAC060AKC3	E850737821	5 T.R	R-22	
# 31	1	AA70-0239	Tempstar	EVAD606A/N AC060AKC3	E52338530	5 T.R	R-22	Sala IP/Distribuidor
# 31	1	Etiquetar	Bard	N361-A05XWX AW361- A05XWXXJ	5P971183429- 12519711834 26-02	3 T.R	R-22	Distribuidor
# 31	1	Etiquetar	Bard	SEE BELOW	JSA08060098 2	5 T.R	R-22	PRIMER PISO (SALA SERVIDORES Y UPS) PUERTA# 18
# 32	1	AA70-0101	Miller	DF2HU60WA T	V082625393	5 T.R	R-22	PRIMER PISO (DISTRIBUIDOR PRINCIPAL) PUERTA# 1
# 32	1	AA70-0103	Tempstar	TCV3048A	GSD0306013 31	3 T.R	R-22	SEGUNDO PISO (SALA TECNICOS) PUERTA #13 A/C 2
# 32	1	AA70-0108	Classic	N2AE60AHA1 00	X083678316	5 T.R	R-22	PRIMER PISO PUERTA #9
# 32	1				93	3 T.R	R-22	
# 32	1	AA70-0113	Tempstar	N2AE36AHA	X080778027	3 T.R	R-22	PRIMER PISO PUERTA #14
# 32	1	AA70-0114	Tempstar	TCV3036A	GSD030403296	3 T.R	R-22	PRIMER PISO (SALA NORTEL) PUERTA #14
# 32	1	AA70-0115	Classic	TCV3036A	GSD0304032 95	3 T.R	R-22	PRIMER PISO PUERTA 14
# 32	1	AA70-0125	Tempstar	N2AE60AHA1 00	X083577390	5 T.R	R-22	PRIMER PISO (SALA HUAWEI) PUERTA #20
# 32	1	AA70-0127	Tempstar	N2AE60AHA1 00	X083678307	5 T.R	R-22	PRIMER PISO (SALA HUAWEI) PUERTA #20
# 36	1	AA70-0092	CANATAL	9AU12WEBH AX	091210CO10 2A	5 T.R	R-22	
# 36	1	AA70-0093	CANATAL	9AU12WEBH AX	091210CO10 1A	5 T.R	R-22	
# 36	1	AA70-0090	Trane	TCD060A300 BA	E1905176	5 T.R	R-22	
# 36	1	Etiquetar	York	MCC35D17	9809-27820	3 T.R	R-22	PLATAFORMAS FIJAS

Apéndice C: Refrigerantes Naturales

Refrigerantes Naturales Mitigación de GEI y Beneficios Adicionales

Los refrigerantes naturales son sustancias que se presentan de manera natural en la biosfera y, además, no dañan la capa de ozono y tienen un bajo o nulo valor de potencial de calentamiento global (PCG).

- La transición a refrigerantes de bajo PCG puede traer beneficios adicionales a la reducción de las emisiones de los GEI.
 - Ahorro de energía y costos a través de la mejora de la eficiencia energética
 - Oportunidad de crear empleo local mediante el uso de técnicos calificados
 - Producción local y regional de refrigerantes naturales y equipos con alta eficiencia energética con refrigerantes naturales

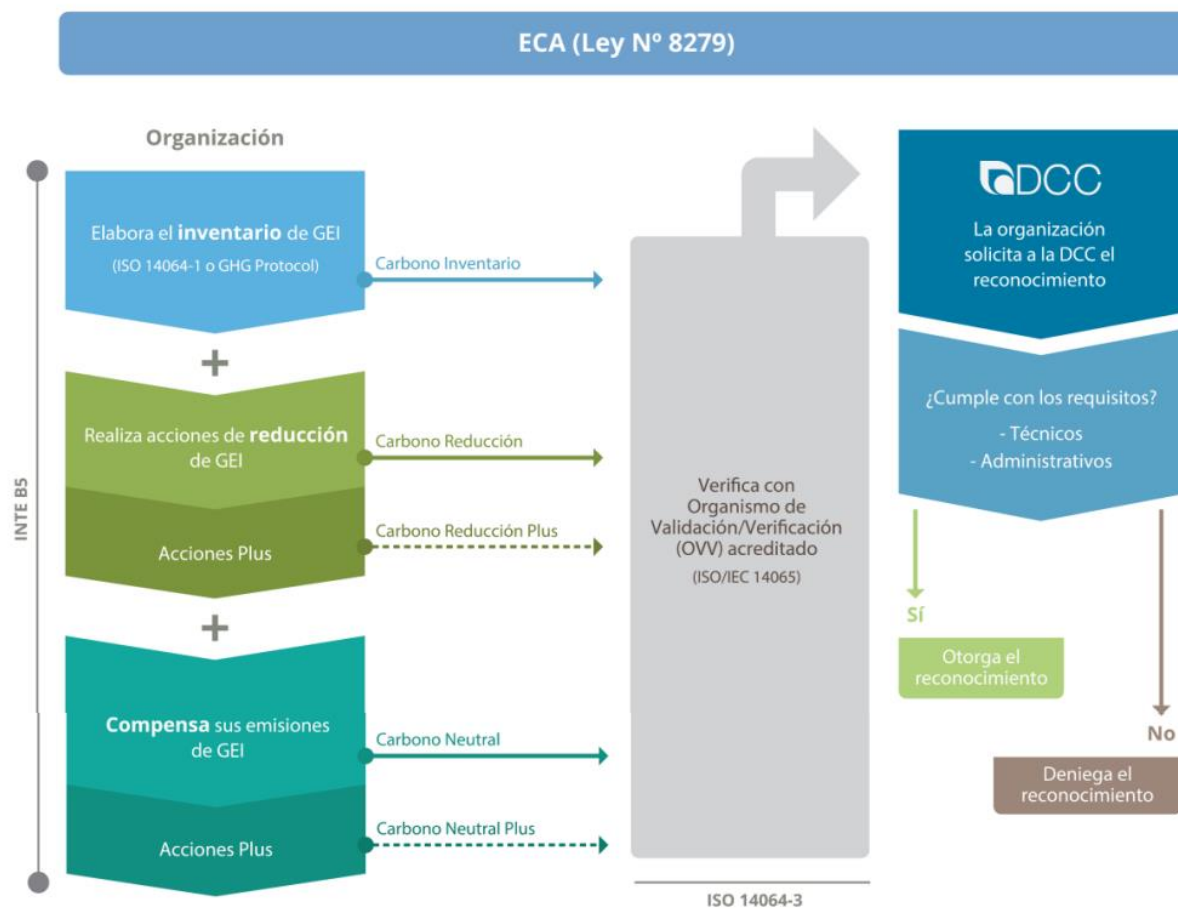


Fuente: Contraloría General de la República 2017

Apendice D : Eficiencia equipos climatización

	RENDIMIENTO EN REFRIGERACIÓN	RENDIMIENTO EN CALEFACCIÓN	ETIQUETA
BUENA EFICIENCIA	$SEER \geq 8,50$	$SCOP \geq 5,10$	A+++ 
	$6,10 \leq SEER < 8,50$	$4,60 \leq SCOP < 5,10$	A++ 
	$5,60 \leq SEER < 6,10$	$4 \leq SCOP < 4,60$	A+ 
	$5,10 \leq SEER < 5,60$	$3,40 \leq SCOP < 4$	A 
	$4,60 \leq SEER < 5,10$	$3,10 \leq SCOP < 3,40$	B 
	$4,10 \leq SEER < 4,60$	$2,80 \leq SCOP < 3,10$	C 
CONSUMO MODERADO	$3,60 \leq SEER < 4,10$	$2,50 \leq SCOP < 2,80$	D 
	$3,10 \leq SEER < 3,60$	$2,20 \leq SCOP < 2,50$	E 
CONSUMO ALTO	$2,60 \leq SEER < 3,10$	$1,90 \leq SCOP < 2,20$	F 
	$SEER < 2,60$	$SCOP < 1,90$	G 

Apéndice E: Certificación ECA Ley N° 8279



Apéndice F: Propiedades de los Refrigerantes Freón 22 (comparado con otros) y R-427A (sustituto de Freón 22 aprobado).

FORANE® 427 A											
Properties of saturated liquid and saturated vapor											
P (Abs) bar	Liquid					Vapor					Latent heat of vaporization Lv kJ/kg
	Bubble T' °C	Volume v' dm³/Kg	Density p' Kg/m³	Enthalpy h' kJ/Kg	Entropy s' kJ/(kg- K)	Dew T T'' °C	Volume v'' dm³/Kg	Density p'' Kg/m³	Enthalpy h'' kJ/Kg	Entropy s'' kJ/(kg- K)	
0.0	-100.2	0.637	1570.97	81.30	0.466	-91.7	6.667	0.15	346.50	1.961	265.2
0.1	-79.6	0.661	1513.14	103.50	0.587	-71.6	1.475	0.68	359.30	1.881	255.8
0.2	-70.6	0.672	1487.06	113.40	0.637	-62.8	0.852	1.17	365.00	1.855	251.6
0.3	-64.5	0.681	1468.97	120.30	0.670	-56.8	0.605	1.65	368.90	1.840	248.6
0.4	-59.8	0.687	1454.78	125.70	0.696	-52.2	0.471	2.12	371.90	1.829	246.3
0.5	-55.9	0.693	1442.94	130.10	0.716	-48.4	0.387	2.59	374.40	1.821	244.3
0.6	-52.5	0.698	1432.70	134.00	0.734	-45.2	0.329	3.04	376.60	1.815	242.6
0.7	-49.6	0.702	1423.62	137.40	0.749	-42.3	0.286	3.50	378.40	1.810	241.0
0.8	-47.0	0.707	1415.42	140.50	0.763	-39.7	0.254	3.94	380.10	1.805	239.6
0.9	-44.6	0.710	1407.92	143.30	0.775	-37.4	0.228	4.39	381.60	1.801	238.3
1.0	-42.4	0.714	1401.00	145.90	0.787	-35.3	0.207	4.83	383.00	1.798	237.1
1.1	-40.4	0.717	1394.55	148.30	0.797	-33.3	0.190	5.27	384.20	1.795	236.0
1.2	-38.5	0.720	1388.49	150.50	0.806	-31.5	0.175	5.71	385.40	1.793	234.9
1.3	-36.8	0.723	1382.79	152.60	0.815	-29.8	0.163	6.14	386.50	1.790	233.9
1.4	-35.1	0.726	1377.38	154.70	0.824	-28.2	0.152	6.58	387.60	1.788	232.9
1.5	-33.5	0.729	1372.23	156.60	0.832	-26.6	0.143	7.01	388.50	1.786	232.0
1.6	-32.1	0.731	1367.32	158.40	0.839	-25.2	0.134	7.44	389.50	1.784	231.1
1.7	-30.6	0.734	1362.61	160.10	0.847	-23.8	0.127	7.87	390.40	1.782	230.2
1.8	-30.0	0.735	1360.55	160.90	0.850	-23.2	0.124	8.07	390.70	1.782	229.8
2.2	-25.0	0.744	1343.69	167.10	0.875	-18.3	0.102	9.78	393.80	1.776	226.7
2.6	-20.7	0.753	1328.84	172.60	0.897	-14.1	0.087	11.48	396.40	1.772	223.8
3.0	-16.8	0.760	1315.46	177.50	0.916	-10.3	0.076	13.17	398.70	1.768	221.2
3.4	-13.4	0.767	1303.23	182.00	0.933	-7.0	0.067	14.87	400.80	1.765	218.7
3.8	-10.2	0.774	1291.90	186.20	0.949	-3.9	0.060	16.56	402.60	1.762	216.4
4.2	-7.3	0.780	1281.31	190.00	0.963	-1.1	0.055	18.25	404.20	1.760	214.2
4.6	-4.6	0.787	1271.34	193.70	0.977	1.5	0.050	19.94	405.80	1.758	212.1
5.0	-2.1	0.792	1261.90	197.10	0.989	4.0	0.046	21.64	407.20	1.756	210.1
5.4	0.3	0.798	1252.90	200.40	1.001	6.3	0.043	23.34	408.40	1.754	208.1
5.8	2.5	0.804	1244.30	203.50	1.012	8.5	0.040	25.05	409.60	1.752	206.2
6.2	4.6	0.809	1236.04	206.40	1.023	10.5	0.037	26.76	410.80	1.751	204.3
6.2	4.8	0.809	1235.43	206.70	1.024	10.7	0.037	26.88	410.80	1.751	204.2
6.6	6.8	0.815	1227.50	209.50	1.034	12.6	0.035	28.60	411.90	1.749	202.4
7.0	8.7	0.820	1219.83	212.30	1.044	14.5	0.033	30.33	412.80	1.748	200.6
7.4	10.6	0.825	1212.41	214.90	1.053	16.3	0.031	32.06	413.80	1.747	198.9
7.8	12.3	0.830	1205.20	217.50	1.062	18.0	0.030	33.80	414.60	1.745	197.1
8.2	14.0	0.835	1198.19	220.00	1.070	19.6	0.028	35.55	415.40	1.744	195.5
8.6	15.7	0.839	1191.36	222.40	1.079	21.2	0.027	37.31	416.20	1.743	193.8
9.0	17.3	0.844	1184.69	224.70	1.087	22.8	0.026	39.08	416.90	1.742	192.2
9.4	18.8	0.849	1178.17	227.00	1.094	24.2	0.024	40.86	417.60	1.741	190.6
9.8	20.3	0.853	1171.79	229.30	1.102	25.7	0.023	42.64	418.30	1.740	189.0
10.0	21.0	0.856	1168.64	230.40	1.106	26.4	0.023	43.54	418.60	1.739	188.2
11.0	24.5	0.867	1153.35	235.70	1.123	29.7	0.021	48.08	420.00	1.737	184.3
13.0	30.7	0.889	1124.54	245.70	1.156	35.8	0.017	57.37	422.40	1.732	176.7
15.0	36.3	0.911	1097.47	254.90	1.185	41.1	0.015	67.01	424.20	1.728	169.3
17.0	41.4	0.933	1071.59	263.60	1.212	46.0	0.013	77.05	425.60	1.723	162.0
19.0	46.1	0.956	1046.51	271.90	1.237	50.4	0.011	87.54	426.50	1.719	154.7
21.0	50.4	0.979	1021.91	279.80	1.261	54.5	0.010	98.56	427.10	1.714	147.3
23.0	54.4	1.002	997.51	287.60	1.284	58.3	0.009	110.16	427.40	1.709	139.8
25.0	58.1	1.028	973.04	295.10	1.307	61.8	0.008	122.46	427.30	1.703	132.2
27.0	61.7	1.055	948.21	302.60	1.328	65.2	0.007	135.57	426.90	1.698	124.3
29.0	65.1	1.084	922.70	310.00	1.350	68.3	0.007	149.65	426.20	1.691	116.2
31.0	68.3	1.116	896.12	317.50	1.371	71.3	0.006	164.91	425.10	1.685	107.6
33.0	71.4	1.152	867.89	325.10	1.392	74.1	0.006	181.65	423.60	1.677	98.5
35.0	74.3	1.194	837.20	333.00	1.414	76.8	0.005	200.29	421.60	1.668	88.7
35.5	75.0	1.206	828.99	335.00	1.419	77.4	0.005	205.33	421.00	1.666	86.1

R-22 Replacements Pressure-Temperature Guide

Key: **Green** (in of Hg) = Vacuum

Black (psig) = Saturated Vapor (calculate Superheat)

Bold (psig) = Saturated Liquid (calculate Subcooling)

°F	Freon™ 22 (R-22)	Opteon™ XP40 (R-449A)	Freon™ M029 (R-422D)	Freon™ NU-22B™ (R-422B)	Freon™ 407A (R-407A)	Freon™ M099™ (R-438A)	Freon™ 407C (R-407C)	Freon™ 410A (R-410A)
-50	6.1	7.4	9.2	11.4	9.0	11.4	11.0	4.9
-48	4.8	6.1	7.9	10.3	7.7	10.3	9.8	5.9
-46	3.4	4.7	6.6	9.2	6.4	9.1	8.6	7.1
-44	1.9	3.2	5.3	7.9	5.0	7.8	7.3	8.2
-42	0.4	1.7	3.8	6.7	3.5	6.5	6.0	9.4
-40	0.6	0.1	2.3	5.4	2.0	5.2	4.6	10.7
-38	1.4	0.8	0.8	4.0	0.4	3.8	3.2	12.0
-36	2.2	1.6	0.4	2.6	0.6	2.3	1.6	13.3
-34	3.1	2.5	1.2	1.1	1.5	0.8	0.1	14.7
-32	4.0	3.4	2.1	0.2	2.3	0.4	0.8	16.2
-30	4.9	4.4	3.0	1.1	3.3	1.2	1.6	17.7
-28	5.9	5.4	3.9	1.9	4.2	2.1	2.5	19.3
-26	6.9	6.4	4.9	2.8	5.2	3.0	3.5	20.9
-24	8.0	7.5	5.9	3.7	6.3	3.9	4.4	22.6
-22	9.1	8.6	7.0	4.7	7.4	4.9	5.4	24.4
-20	10.2	9.8	8.1	5.7	8.5	5.9	6.5	26.2
-18	11.4	11.0	9.2	6.7	9.7	7.0	7.6	28.1
-16	12.6	12.3	10.4	7.8	10.9	8.1	8.7	30.0
-14	13.9	13.6	11.7	8.9	12.2	9.2	9.9	32.0
-12	15.2	14.9	12.9	10.1	13.5	10.4	11.1	34.1
-10	16.5	16.3	14.3	11.3	14.9	11.6	12.3	36.3
-8	17.9	17.8	15.6	12.5	16.3	12.9	13.7	38.5
-6	19.4	19.3	17.1	13.8	17.8	14.2	15.0	40.8
-4	20.9	20.8	18.5	15.2	19.3	15.6	16.4	43.2
-2	22.4	22.5	20.1	16.6	20.9	17.0	17.9	45.7
0	24.0	24.1	21.7	18.0	22.5	18.5	19.4	48.2
2	25.7	25.9	23.3	19.5	24.2	20.0	21.0	50.8
4	27.4	27.7	25.0	21.1	26.0	21.6	22.6	53.5
6	29.2	29.5	26.7	22.7	27.8	23.2	24.3	56.3
8	31.0	31.4	28.5	24.4	29.7	24.9	26.1	59.2
10	32.8	33.4	30.4	26.1	31.6	26.6	27.9	62.2
12	34.8	35.4	32.3	27.8	33.6	28.4	29.8	65.2
14	36.8	37.6	34.3	29.7	35.7	30.3	31.7	68.4
16	38.8	39.7	36.4	31.6	37.8	32.2	33.7	71.6
18	40.9	42.0	38.5	33.5	40.0	34.2	35.7	74.9

20	43.1	44.3	40.7	35.5	42.3	36.2	37.9	78.4
22	45.3	46.7	42.9	37.6	44.7	38.3	40.1	81.9
24	47.6	49.1	45.2	39.7	47.1	40.5	42.3	85.5
26	50.0	51.7	47.6	41.9	49.6	42.8	44.7	89.2
28	52.4	54.3	50.1	44.2	52.2	45.1	47.1	93.1
30	55.0	56.9	52.6	46.6	54.8	47.5	49.6	97.0
32	57.5	59.7	55.2	49.0	57.6	49.9	52.1	101.1
34	60.2	62.6	57.9	51.5	60.4	52.5	54.8	105.2
36	62.9	65.5	60.6	54.0	63.3	55.1	57.5	109.5
38	65.7	68.5	63.5	56.7	66.3	57.7	60.3	113.9
40	68.6	71.6	66.4	59.4	69.4	60.5	63.2	118.4
42	71.5	74.8	69.4	62.1	72.5	63.3	66.1	123.0
44	74.5	78.0	72.5	65.0	75.8	66.3	69.2	127.7
46	77.6	81.4	75.6	67.9	79.1	69.3	72.3	132.6
48	80.8	84.8	78.9	71.0	82.6	72.3	75.5	137.5
50	84.1	88.4	82.2	74.1	86.1	75.5	78.8	142.6
52	87.4	110.8	96.1	88.6	108.2	94.6	101.7	148.4
54	90.8	115.0	99.8	92.1	112.3	98.3	105.6	153.8
56	94.4	119.2	103.6	95.6	116.5	102.1	109.6	159.3
58	98.0	123.5	107.4	99.3	120.8	105.9	113.7	164.9
60	101.6	128.0	111.4	103.0	125.2	109.8	117.9	170.7
62	105.4	132.5	115.4	106.8	129.7	113.9	122.3	176.6
64	109.3	137.2	119.6	110.7	134.3	118.0	126.7	182.7
66	113.2	142.0	123.8	114.7	139.0	122.2	131.2	188.9
68	117.3	146.8	128.1	118.8	143.9	126.6	135.8	195.3
70	121.4	151.8	132.6	123.0	148.8	131.0	140.5	201.8
72	125.7	156.9	137.1	127.3	153.9	135.5	145.4	208.4
74	130.0	162.2	141.7	131.6	159.1	140.2	150.3	215.2
76	134.5	167.5	146.5	136.1	164.4	144.9	155.4	222.2
78	139.0	172.9	151.3	140.7	169.8	149.8	160.5	229.3
80	143.6	178.5	156.3	145.4	175.3	154.7	165.8	236.5
82	148.4	184.2	161.4	150.2	181.0	159.8	171.2	244.0
84	153.2	190.0	166.5	155.1	186.7	165.0	176.8	251.6
86	158.2	195.9	171.8	160.1	192.6	170.3	182.4	259.3
88	163.2	202.0	177.2	165.2	198.7	175.7	188.2	267.3
90	168.4	208.2	182.8	170.4	204.8	181.2	194.1	275.4
92	173.7	214.5	188.4	175.7	211.1	186.8	200.1	283.6
94	179.1	221.0	194.2	181.2	217.6	192.6	206.3	292.1
96	184.6	227.6	200.0	186.7	224.1	198.5	212.5	300.7
98	190.2	234.3	206.0	192.4	230.8	204.5	219.0	309.5
100	195.9	241.1	212.2	198.2	237.6	210.6	225.5	318.5
102	201.8	248.1	218.4	204.1	244.6	216.8	232.2	327.7
104	207.7	255.3	224.8	210.2	251.7	223.2	239.0	337.1
106	213.8	262.5	231.3	216.3	259.0	229.7	245.9	346.7
108	220.0	270.0	237.9	222.6	266.4	236.4	253.0	356.5
110	226.4	277.5	244.7	229.0	273.9	243.1	260.3	366.4
112	232.8	285.2	251.6	235.6	281.6	250.1	267.6	376.6
114	239.4	293.1	258.7	242.3	289.5	257.1	275.1	387.0
116	246.1	301.1	265.9	249.1	297.5	264.3	282.8	397.6
118	253.0	309.3	273.2	256.0	305.6	271.6	290.6	408.4
120	260.0	317.6	280.7	263.1	314.0	279.1	298.6	419.4
122	267.1	326.0	288.3	270.3	322.4	286.7	306.7	430.7
124	274.3	334.7	296.0	277.7	331.1	294.4	315.0	442.1
126	281.7	343.5	303.9	285.2	339.9	302.3	323.4	453.8
128	289.2	352.4	312.0	292.8	348.8	310.3	332.0	465.8

120	260.0	317.6	280.7	263.1	314.0	279.1	298.6	419.4
122	267.1	326.0	288.3	270.3	322.4	286.7	306.7	430.7
124	274.3	334.7	296.0	277.7	331.1	294.4	315.0	442.1
126	281.7	343.5	303.9	285.2	339.9	302.3	323.4	453.8
128	289.2	352.4	312.0	292.8	348.8	310.3	332.0	465.8
130	296.9	361.5	320.2	300.6	357.9	318.5	340.7	477.9
132	304.7	370.8	328.6	308.6	367.2	326.9	349.6	490.3
134	312.6	380.2	337.1	316.6	376.7	335.4	358.7	503.0
136	320.7	389.9	345.8	324.9	386.3	344.1	368.0	515.9
138	329.0	399.7	354.7	333.3	396.2	352.9	377.4	529.1
140	337.4	409.6	363.7	341.8	406.2	361.9	386.9	542.5
142	345.9	419.7	372.9	350.5	416.3	371.0	396.7	556.2
144	354.6	430.1	382.3	359.4	426.7	380.3	406.6	570.2
146	363.5	440.6	391.8	368.5	437.2	389.8	416.7	584.5
148	372.5	451.2	401.5	377.7	448.0	399.4	427.0	599.0
150	381.7	462.1	411.4	387.1	458.9	409.2	437.5	613.9

Apéndice G: Información obtenida vía correo electrónico respecto a Normas INTECO, certificación ECA y otros para sistemas de climatización con personal del MINAE



viernes 4/6/2021 17:32

Kathia Aguilar <kaguilar@minae.go.cr>

RE: Consulta sistemas climatización

Para: Porras Huethe Mauricio

CC: Mauricio Porras; Pilar Alfaro Monge; Rodolfo Elizondo Hernandez; Pilar Alfaro; rodolfo.elizondo@undp.org; Solano Coto Ignacio; Hernández Rojas Juan Diego; Direccion Cambio Climatico

Si hay problemas con el modo en que se muestra este mensaje, haga clic aquí para verlo en un explorador web.

Estimado señor Porras:

Reciba un saludo cordial. En ese caso mejor le comparto el listado de normativa técnica sobre Aires Acondicionados que están disponibles en la página de INTECO: <https://www.inteco.org/shop?&search=aires%20acondicionados>

Pensaría que para aires acondicionados de mayor capacidad, la norma que aplica es la denominada: Eficiencia energética - Acondicionadores de aire tipo ventana, dividido y paquete - Rangos de eficiencia energética

Saludos cordiales,



Kathia Aguilar Martín

EQUIPO DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

+506 2253-4298

kaguilar@minae.go.cr

@dccCostaRica @dccCostaRica

Página web: www.cambioclimatico.go.cr
 Skype: kathia.aguilar1

De: Porras Huete Mauricio <MaPorr2@ice.go.cr>

Enviado: miércoles, 2 de junio de 2021 11:27

Para: Kathia Aguilar <kaguilar@minae.go.cr>

Cc: Mauricio Porras <mauph19@hotmail.com>; Pilar Alfaro Monge <palfaro@minae.go.cr>; Rodolfo Elizondo Hernandez <relizondo@minae.go.cr>; Pilar Alfaro <pilar.alfaro@undp.org>; rodolfo.elizondo@undp.org <rodolfo.elizondo@undp.org>; Solano Coto Ignacio <IsolanoC@ice.go.cr>; Hernández Rojas Juan Diego <JHernandezRo@ice.go.cr>

Asunto: RE: Consulta sistemas climatización

Buenos días Kathia.

Sumamente agradecido, más bien buenísimo saber que ECA certifica personal además de los equipos, tiene mucho sentido, voy a indagar más al respecto.

Precisamente esos datos y enlaces me están llevando a actualizarme y buscar que se implemente en nuestra área e institución de manera correcta el lineamiento que se concluya, como lo es el objetivo de mis coordinadores al darme la idea de abarcar este tema para la tesis, y siempre cumplir con los compromisos ambientales.

Aprovechando que tengo a cargo la supervisión del mantenimiento que se realiza en el sistema de climatización de una zona del ICE Telecomunicaciones, mantenimiento que es realizado por proveedores internos y externos al ICE, puede ser muy viable poder proponer un plan de cumplimiento con lo más actual posible, pero también me llevará trabajo alternar esas labores cotidianas con este proyecto de mi tesis, por lo que voy en la fase de procesar toda esa información y profundizar en lo que se requiera.

Y es que ya me van surgiendo dudas pero claramente como esta sería con INTECO: ¿La norma INTE E14-1:2019/ Cor 1:2020 es para equipos hasta capacidades nominales de 19050 W (65000 Btu/h), pero para equipos de mayor capacidad cual sería la norma o qué parámetro variaría? Eso por que manejamos equipos de mucho más capacidad que eso, además de otros que sí están en ese rango...

Pero bueno, aparte ya voy obteniendo contactos de personal que debe formar parte del Comité Técnico Evaluador del ICE Tele que debe estar regido por DIGECA entonces, yo tenía algunos contactos debido a que formé parte del comité bandera azul, pero me desligué hace unos años, y ya toca retomar en esta fase del plan a desarrollar.

Así que de sobremanera aclara mis consultas y es de gran aporte para avanzar en esto.

Saludos,



Mauricio Porras Huete
 Proceso Electromecánica y Civil-DGRR-UI
 Tel: 2000-1222 / 8840-5768
www.grupoice.com

De: Kathia Aguilar <kaguilar@minae.go.cr>

Enviado el: martes, 1 de junio de 2021 11:37

Para: Porras Huete Mauricio <MaPorr2@ice.go.cr>

Cc: Mauricio Porras <mauph19@hotmail.com>; Pilar Alfaro Monge <palfaro@minae.go.cr>; Rodolfo Elizondo Hernandez <relizondo@minae.go.cr>; Pilar Alfaro <pilar.alfaro@undp.org>; rodolfo.elizondo@undp.org

Asunto: RE: Consulta sistemas climatización

Buenos días señor Porras:

Espero se encuentre muy bien. Disculpe el error, pensé que su consulta iba orientada a la certificación de personas, lo cual es una competencia del ECA.

Dentro del Sistema Nacional de la Calidad (Ley 8279), la elaboración de normas técnicas está a cargo de INTECO, de ahí que ellos hayan generado la **norma INTE E14-1:2019/ Cor 1:2020** Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Parte 1: Requisitos y límites de eficiencia energética para acondicionadores de aire con capacidades nominales hasta 19050 W (65000 Btu/h) <https://www.inteco.org/shop/inte-e14-1-2019-cor-1-2020-eficiencia-energetica-acondicionadores-de-aire-parte-1-requisitos-y-limites-de-eficiencia-energetica-para-acondicionadores-de-aire-con-capacidades-nominales-hasta-19050-w-65000-btu-h-4086#attr=>

Por otra parte, ECA tiene competencia proveer servicios de equivalencia para como lo son los AVALES como el que existe para **Directriz No. 11-MINAE** que corresponde a un aval técnico que se le otorga a los proveedores del Estado que deseen vender equipos de iluminación, refrigeración y aires acondicionados al sector público, mediante la demostración del cumplimiento de los requisitos de la DIRECTRIZ N° 11-MINAE. <https://www.eca.or.cr/servicios/servicios-de-equivalencia>

Si su consulta es sobre este aval puede consultar el **Procedimiento ECA-MC-MA-POB**. Instrucciones para los proveedores de equipos de iluminación, refrigeración y aire acondicionado para cumplir con la directriz N° 11-MINAE (versión 01) en el siguiente vínculo: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=79663

En este procedimiento indica para aires acondicionados lo siguiente:

El proceso de presentación de documentos se realiza de manera digital en el sitio web eca.or.cr.

Estos equipos deben cumplir las características establecidas en la norma INTE-28-01-13 en su versión vigente. El proveedor debe adjuntar en su oferta una copia de la etiqueta energética del modelo que está ofertando, la cual debe contener la información establecida en la norma INTE-28-01-14 en su versión vigente. Los refrigerantes aceptados en los equipos de refrigeración y aire acondicionado son los definidos en el reglamento No. 35676-S-H-MAG-MINAE y el Reglamento No. 37614-MINAE. (Nota: INTECO cambió la nomenclatura de la normativa, por lo que creo que esta norma corresponde a la E14 cuyo vínculo le compartí arriba).

Durante todos los procesos de compras el proveedor debe presentar un certificado de producto emitido por un organismo de certificación acreditado o reconocido por el ECA.

Cuando la acreditación es otorgada por el ECA, el proveedor debe cerciorarse que el organismo de certificación de producto se encuentra acreditado y de preferencia que su alcance de acreditación incluya los documentos normativos para demostrar la conformidad con la Directriz No.11-MINAE. Para lo anterior deben consultar la información en el siguiente enlace: http://eca.or.cr/ocr_oc.php (<https://www.eca.or.cr/entidades-acreditadas/organismos-de-certificacion>). Sin embargo, si la proveeduría lo requiere es posible la presentación de un aval por parte del ECA durante los procesos de compra.

Cuando el proveedor cuenta con un certificado de producto emitido por un organismo de certificación del país de origen del fabricante, puede ser que el organismo de certificación de producto se encuentre acreditado por un organismo de acreditación diferente al ECA, por lo que el proveedor tiene la obligación de presentar ante la proveeduría un aval por parte del ECA, durante los procesos de compra, que será el medio para confirmar la validez y existencia de los certificados de producto en cumplimiento de la Directriz 11 del MINAE. En estos casos, siempre debe seguir el proceso para la obtención del aval por parte del ECA.

El seguimiento de la implementación de la Directriz 11 se realiza en el marco de los Planes de Gestión Ambiental Institucionales liderados por DIGECA en coordinación con el Comité Técnico Evaluador. Espero que esta información atienda su consulta.

Saludos cordiales,



Kathia Aguilar Martín

EQUIPO DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

+506 2253-4298

kaguilar@minae.go.cr

@dccCostaRica @dccCostaRica

De: Porras Huete Mauricio <MaPorr2@ice.go.cr>

Enviado: martes, 1 de junio de 2021 10:20

Para: Kathia Aguilar <kaguilar@minae.go.cr>

Cc: Mauricio Porras <majuh19@hotmail.com>; Pilar Alfaro Monge <palfaro@minae.go.cr>; Rodolfo Elizondo Hernandez <relizondo@minae.go.cr>; Pilar Alfaro <pilar.alfaro@undp.org>; rodolfo.elizondo@undp.org <rodolfo.elizondo@undp.org>

Asunto: RE: Consulta sistemas climatización

Buenos días Kathia, entendidos respecto al carnet de "Buenas Prácticas de Refrigeración y Manejo de Refrigerantes", alguno de nuestros técnicos ya los tienen y en los últimos años con la supervisión a mi cargo, tratamos de que alguna intervención que haya que realizar al sistema o cambio de refrigerante a sustituto, sea realizado por alguno de ellos.

Me ha dado una muy buena orientación con sus indicaciones para actualizarme respecto a los compromisos ambientales a nivel país. Consulto respecto a certificación ECA debido a que he podido encontrar que es la certificación para equipos de aire acondicionado que aprueba el gobierno, y que se renueva anualmente, también que es evaluada mediante ciertos parámetros de eficiencia, pero apenas estoy iniciando con esta investigación para poder elaborar un buen plan. Por lo que seguiré buscando hasta encontrar más nivel de detalle.

El objetivo es implementar un plan que garantice estar en regla con los compromisos ambientales más recientes, inicialmente se orientaba hacia el cambio de refrigerantes a equipos existentes, pero con el avance de la investigación se orienta a reemplazo de equipos hacia tecnologías más eficientes y sistemas más amigables con el medio ambiente, por lo que busco los fundamentos que justifican y especifican el reemplazo de ciertos equipos o la totalidad del sistema según los hallazgos que se logren.

Muchas gracias

Saludos,



Mauricio Porras Huete
Proceso Electromecánica y Civil-DGRR-UI
Tel: 2000-1222 / 8840-5768
www.grupoice.com

De: Kathia Aguilar <kaguilar@minae.go.cr>

Enviado el: lunes, 31 de mayo de 2021 10:12

Para: Porras Huete Mauricio <MaPorr2@ice.go.cr>

Cc: Mauricio Porras <majuh19@hotmail.com>; Pilar Alfaro Monge <palfaro@minae.go.cr>; Rodolfo Elizondo Hernandez <relizondo@minae.go.cr>; Pilar Alfaro <pilar.alfaro@undp.org>; rodolfo.elizondo@undp.org

Asunto: RE: Consulta sistemas climatización

Buenos días señor Porras:

Un gusto saludarlo. De momento, lo que se entrega es un carnet de "Buenas Prácticas de refrigeración y Manejo de Refrigerantes" de acuerdo a lo que se explica en este vínculo: <http://www.digeca.go.cr/noticias/requisitos-para-solicitar-el-carnet-de-buenas-practicas-de-refrigeracion-y-manejo-de>

Sin embargo, desconozco si se ha realizado algún acercamiento con el ECA para certificación de personas. En este sentido, los compañeros de la Oficina Técnica del Ozono, copiados en este correo, le podrían ampliar si esto se considera necesario o si se decidió continuar con el registro de técnicos a través de este formulario: <http://www.digeca.go.cr/noticias/requisitos-para-solicitar-el-carnet-de-buenas-practicas-de-refrigeracion-y-manejo-de>

Saludos cordiales,



Kathia Aguilar Martín

EQUIPO DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

+506 2253 4298

De: Porras Huete Mauricio <MaPorr2@ice.go.cr>

Enviado: viernes, 28 de mayo de 2021 10:20

Para: Kathia Aguilar <kaguilar@minae.go.cr>

Cc: Mauricio Porras <mauph19@hotmail.com>; Pilar Alfaro Monge <palfaro@minae.go.cr>; Rodolfo Elizondo Hernandez <relizondo@minae.go.cr>; Pilar Alfaro <pilar.alfaro@undp.org>; rodolfo.elizondo@undp.org <rodolfo.elizondo@undp.org>

Asunto: RE: Consulta sistemas climatización

Muy buen día Kathia,

Le agradezco mucho por la información e indicaciones, son de gran ayuda con mi investigación que ya va en curso para mi tesis universitaria de la UIA en ING. Electromecánica, para aportar al ICE Telecomunicaciones en donde trabajo desde hace 15 años que salí del colegio técnico en refrigeración y aire acondicionado, un plan para buscar el cumplimiento a cabalidad de esos compromisos ambientales en la Zona Metropolitana Este, aplicable a otras zonas e instituciones.

Podrían orientarme respecto a certificación ECA? He podido indagar poco sobre ese requisito muy en general y sobre los parámetros para obtenerla, pero trataré de obtener información más puntual al respecto, por si tienen algo que me pueda ayudar, gracias de antemano.

Saludos cordiales.



Mauricio Porras Huete
Proceso Electromecánica y Civil-DGRR-UI
Tel: 2000-1222 / 8840-5768
www.grupoice.com

De: Kathia Aguilar <kaguilar@minae.go.cr>

Enviado el: miércoles, 26 de mayo de 2021 15:30

Para: Porras Huete Mauricio <MaPorr2@ice.go.cr>

CC: Mauricio Porras <mauph19@hotmail.com>; Pilar Alfaro Monge <palfaro@minae.go.cr>; Rodolfo Elizondo Hernandez <relizondo@minae.go.cr>; Pilar Alfaro <pilar.alfaro@undp.org>; rodolfo.elizondo@undp.org

Asunto: RE: Consulta sistemas climatización

Estimado señor Porras:

Reciba un saludo cordial. Tal y como le comenté durante nuestra conversación vía telefónica el día lunes, a nivel internacional existen dos protocolos que orientan sobre el tipo de gases refrigerantes que deben contener los aires acondicionados a fin de proteger la Capa de Ozono (Protocolo de Montreal) y mitigar el cambio climático (Protocolo de Kyoto). Recientemente, se firmó la Enmienda de Kigali que busca un trabajo conjunto hacia los objetivos de ambos Protocolos.

Los compañeros de la Oficina Técnica del Ozono, copiados en este correo, han venido desde hace varios años trabajando el tema desde la perspectiva del Protocolo de Montreal, de manera que toda la información relativa al cumplimiento de Aires Acondicionados la lidera la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA). En el siguiente vínculo puede encontrar toda la información relacionada con su gestión: <http://www.digeca.go.cr/areas/sustancias-agotadoras-de-la-capa-de-ozono-protocolo-de-montreal-oficina-tecnica-del-ozono>

De manera resumida, ennumero a continuación alguna legislación relacionada que podría ser de su interés consultar:

- DE-35676-S-H-MAG-MINAET. Reglamento de control de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) de acuerdo a la ley N° 7223 y sus enmiendas. Año 2010.
- DE-37614-MINAE. Reglamento para implementar un mecanismo de cuotas de importación para la eliminación gradual del uso de HCFC listados en el grupo I del anexo C del Protocolo de Montreal. Abril 2013.
- Decreto N° 40510 MINAE Reglamento Técnico RTCR 482:2015 Productos eléctricos Refrigeradores y Congeladores Electrodomésticos Operados por Motocompresor Hermético. Especificaciones de Eficiencia Energética

A nivel de la gestión desde la perspectiva del Protocolo de Kyoto, con apoyo de la Cooperación Alemana GIZ, se realizó un esfuerzo de levantamiento de inventarios emisiones de gases de efecto invernadero en el marco de un comité técnico conformado por DIGECA, IMN, SEPSE y esta Dirección, y un piloto de sustitución de equipos de aires acondicionados con equipos que son eficientes energéticamente y con gases refrigerantes que contribuyen al cumplimiento de ambos protocolos.

Quedo a su disposición cualquier consulta adicional.

Saludos cordiales,



Kathia Aguilar Martín

EQUIPO DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO
+506 2253-4298

kaguilar@minae.go.cr

[f @dccCostaRica](#) [t @dccCostaRica](#)

Página web: www.cambioclimatico.go.cr

Skype: kathia.aguilar1

De: Porras Huete Mauricio <MaPorr2@ice.go.cr>

Enviado: martes, 25 de mayo de 2021 11:46

Para: Kathia Aguilar <kaguilar@minae.go.cr>

Cc: Mauricio Porras <mauph19@hotmail.com>

Asunto: Consulta sistemas climatización


Buenas tardes Kattia

Es para obtener información referente a cumplimiento de equipos de aire acondicionado con el MINAE, cuales serían los tratados, decretos o parámetros que se regulan aquí y que otros podría ser con DIGECA con quienes ya estoy consultando también.

Muchas gracias

Mauricio Porras Huete
ICE Telecomunicaciones
Electromecánica
88405768

Apéndice H: Protocolos de mantenimiento existentes.

		PROCESO ELECTROMECÁNICA MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: AIRE ACONDICIONANDO		
DATOS GENERALES		DATOS DEL EQUIPO		OBSERVACIONES
Localidad		No. de Activo del Equipo		
Fecha de Ejecución		Marca:		
Tipo de mantenimiento	<input type="radio"/> Preventivo	Modelo:		
	<input type="radio"/> Correctivo	Serie:		
Responsable de Ejecución		Ubicación:		
Numero de reporte pruebas con 129		<input type="radio"/> PAQUETE <input type="radio"/> PARTIDO <input type="radio"/> ADOSADO <input type="radio"/> PRESIÓN <input type="radio"/> VRV <input type="radio"/> VENTANA <input type="radio"/> CHILLER <input type="radio"/> CLU <input type="radio"/> MANEJADORA		
Hora de Inicio		No. Orden Trabajo		
Hora de Final		Nombre y firma de la Jefatura		
CODIGO DE LA INSPECCION	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	NOTAS DE EJECUCION	LISTA DE CHEQUEO (X)	
CONTROL DE TEMPERATURA				
SCTG-1	Revisar cableado de termostato y cobertor de termostato (MA)	Verificar el estado de termostato y que los datos que expresa sean los correctos.		
SCTG-2	Revisar los terminales del termostato. (MA)	Observar falsos contactos para evitar recalentamiento y la eventual destrucción del cable.		
SCTG-3	Revisar el ajuste del termostato. (Ajuste-diferencial de temperatura). (MA)	Ajuste si necesario o bien reemplace si es necesario.		
SCTG-4	Verificar temperatura ambiente de la sala. (MA)	Anotar valor de temperatura	()	
MOTORES (VENTILADOR Y COMPRESOR (capacidad mayor a 3/4 HP))				
SCTG-4	Verificar estado de los bushing o roles según tamaño del motor. (PA)	Si es posible, lubrique los bushing con aceite SAE-40		
SCTG-5	Medir resistencia en las bobinas, común, arranque marcha y carcasa (PA)	Con un ohmímetro medir resistencia, Reportar en caso de anomalía.		
SCTG-6	Medir corriente, tensión en motores y comparar contra datos de placa. (MA)	Verificar que no existan ruidos anormales		
COMPRESOR				
SCTG-7	Verificar estado del aceite del compresor (tipo abierto y semiabierto). (MA)	El correcto nivel es 3/4 del visor, en caso de rellenos debe usar aceite para refrigerante suniso-4 GS.		
SCTG-8	Revisar estado externo del compresor (MA)	En caso de encontrar corrosión limpie y pintelo con pistola o brocha.		
SCTG-9	Registrar la presión de alta y de baja. (MA)	Medir la presión de succión (ver recomendación técnica) y la de descarga .La presión de succión debe ser de 60-70 psi, y la de alta debe ser de 230-270 psi por lo general.	Presión Alta PSI	PSI Presión de Baja
SCTG-10	Escuchar ruidos anormales en el compresor (MA)	En caso de ser por sobrecarga de refrigerante normalice, si el problema prosigue reportelo		
SCTG-11	Medir resistencia en las bobinas, comun, arranque marcha y carcasa (PA)	Con un ohmímetro medir resistencia, Reportar en caso de anomalía.		
SCTG-12	Revisar terminales del compresor (PA)	En caso de encontrarse terminales que no son las adecuadas, cambiarlas inmediatamente. Verificar que no hay terminales flojos o tostados por falso contacto.		
SCTG-13	Verificar soportería del compresor. (MA)	Asegurar la correcta fijación.		
SERPENTINES (EVAPORADOR Y CONDENSADOR)				
SCTG-14	Lavar serpentín. (PA)	Se revisa que los intercambiadores de calor no se encuentren sucios, obstruidos o deformadas las aletas, en caso de ser así, peinarlos. Debe lavarse con presión de agua.		

ASPAS Y TURBINAS			
SCTG-15	Verificar estado de las aspas y turbinas. (PA)	Comprobar que no haya fisuras en las aspas de los abanicos, que estén bien sujetos al eje además que el giro sea correcto.	
SCTG-16	Determinar corrosión de las turbinas. (PA)	Realizar inspección visual, en caso de encontrar corrosión elimínala, aplique algún antioxidante y pinte con pistola	
SCTG-17	Verificar ruidos extraños. (MA)	Escuchar ruidos producidos por rolos o bujes, en caso de problemas cambie o reporte.	
SCTG-18	Revisar estado de muñoneras de transmisión. (PA)	Debe determinarse manualmente en las aspas y turbinas que no se encuentren desvalanceadas, además cerciorarse que no existan ruidos si lo requiere deben engrasarse las muñoneras. Reportar	
SCTG-19	Verificar estado de las fajas. (MA)	Las fajas deben de estar con el ajuste adecuado y verificar que no se encuentren con fisuras, agrietaduras o recalentadas. Para distancias entre ejes menores a 1.5 m la deflexión lineal de la faja no debe ser mayor a 1/2 pulgada.	
SCTG-20	Verificar movimientos-vibraciones anormales (MA)	Debe determinar si hay movimientos o vibraciones anormales, en caso de problemas reporte.	
FILTRO DE AIRE			
SCTG-20	Verificar estado de los filtros. (PA)	Comprobar estado del filtro del evaporador, de ser necesario limpiarlo o cambiarlo.	

TUBERIA Y MUEBLE METALICO			
SCTG-21	Revisar el estado de ductos y aislante. (MA)	Debe cerciorar de que el aislante no este roto, cortado o despegado en algún tramo.	
SCTG-22	Revisar aislamiento del compartimiento del evaporador bajo la bandeja y las tapas laterales (MA)	En caso de encontrarse el aislamiento despegado o sin este, cambiarlo por lamina rubatex (1")	
SCTG-23	Verificar que el drenaje de condensados este en buenas condiciones. (MA)	Determine que el drenaje tenga un desnivel apropiado y que no presente ninguna obstrucción. Así mismo verificar la presencia del cifón.	
SCTG-24	Realizar inspección de anclajes (MA)	Resocar los pernos del anclaje.	
SCTG-25	Verificar estado del dispositivo de expansión. (PA)	Determinar el estado del bulbo sensor, que se encuentre sujeto, aislado y ubicado de acuerdo al manual técnico.	
SCTG-26	Revisar estado de los ductos, rejillas y dampers.(vent no) (MA)	Debe cerciorarse el estado de los ductos en caso de estar dañados deben ser inmediatamente reportados para el debido cambio.Las rejillas deben estar limpias sin polvo o algún material extraño.	
SCTG-27	Verificar estado de filtro de deshidratador a la salida del condensador (línea de líquido) (MA)	La temperatura en la entrada y la salida debe ser siempre uniforme.Si la salida esta más baja que la de entrada existe una anomalía.	
SCTG-28	Revisar estado y limpieza de bandeja (MA)	Si esta sucia debe limpiarse .Lavar con abundante agua y suministra algún producto contra algas biodegradables.	
SCTG-29	Verificar la suspensión, fijación de las tuberías y ductos. (MA)	Resocar tornillería y realizar inspección visual a las bridas en caso de fallo reportar.	
SCTG-30	Verificar estado de la pintura anticorrosiva en mueble metálico (MA)	En caso de encontrarse falta de pintura debe aplicarse inmediatamente el anticorrosivo . Reportar.	

SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO Y POTENCIA			
SCTG-31	Realizar una limpieza general y resoque de los principales puntos (MA)	Debe observarse que no existan cables recalentados,forros en mal estado, falsos contactos en los terminales, terminales dañadas, en cualquiera de los casos proceda a la reparación, o bien, al reemplazo del cable. La limpieza debe realizarse con un soplador.	
SCTG-32	Realizar prueba de encendido por falla de AC. (MA)	Determinar que entre en funcionamiento para alimentar los equipos en caso de caída del fluido eléctrico.	
SCTG-33	Evaluar estado de protecciones y fusibles. (MA)	Se debe evaluar el correcto funcionamiento en caso de no cumplir con la protección al equipo deben ser reportados y reemplazados.Medir caída de milivoltios del dispositivo, el criterio de validación debe considerar tipo de proteccion, material y consumo, como valor de caída de tensión para referencia no debe superar 0.5V. Reportar si es necesario.	
SCTG-34	Verificar estado del transformador (MA)	Con voltímetro verificar que las relaciones de tensión sean las correctas.Respetar el código de colores para la instalacion.	
SCTG-35	Revisar que no existan falsos contactos en conexión de motores (PA)	Serciorarse que los cables esten bien acoplados a la alimentación y que el código de colores de los cables sea el correcto.	
SCTG-36	Medir voltaje de alimentación (MA)	Comparar contra datos de placa, la variación no debe ser mayor a un 10%. Reportar si es necesario.	
SCTG-37	Medir corriente en cada fase. (MA)	Verificar consumos respecto a los datos de placa, así como verificar que el desbalance de corriente no sea mayor a un 5%.	
SCTG-38	Verificar estado de los presostatos Alta, Baja y aceite. (MA)	El punto de apagado del presostato debería proteger el equipo.El de aceite debe ser superior de 20 psi de la succión para probar el funcionamiento correcto del presostato de alta, suelte una terminal del abanico del condensador y espere que se apague	
SCTG-37	Verificar estado de sensores de vacío (MA)	Cortar el flujo de aire obstruyendo la toma se debe de activar la alarma por falta de aire en la entrada de la turbina.	
SCTG-40	Verificar estado de los humidostatos (sensor de humedad)	Determinar el optimo funcionamiento, limpiar de ser necesario los bulbos utilizando alcohol.	

SCTG-41	Verificar que los contactos de los contactores no estén desgastados. (PA)	Suelte los puentes y límpielos si es necesario. Si se encuentran muy picado o no cierran uniformemente cambielos o reportelos las superficies de cierre del magneto con un trapo humedecido en aceite para transformadores.	
SCTG-42	Verificar estado de los fusibles (MA)	Se debe evaluar el correcto funcionamiento en caso de no cumplir con la protección al equipo deben ser reportados y remplazados. Medir caída de milivoltios del dispositivo, el criterio de validación debe considerar tipo de protección, material y consumo, como valor de caída de tensión para referencia no debe superar 0.5V. Reportar si es necesario.	
SCTG-43	Verificar estado de monitor de tensión. (MA)	Se debe interrumpir la tensión de entrada al equipo según valores predeterminados en el ajuste del aparato.	
SCTG-44	Verificar sensores de agua. (PA)	Verificar ajuste por presencia de agua. Reportar si es necesario.	
SCTG-45	Verificar que el voltaje de operación sea el adecuado. (MA)	Verificar la tensión alimentada a los dispositivos de control.	
SIMBOLOGÍA: SCTG: Sistemas de Climatización Tipo Genérico / PA: PARO MA: MARCHA			



Aire Acondicionado Protocolo de Mantenimiento Preventivo

Código del Protocolo: _____

Fechas en las que el trabajo fue realizado		
Fecha	Hora de Inicio	Hora de Finalización

1. Información del equipo

Marca: _____

Modelo: _____

Número de serie: _____

Identificación: _____

2. Información del personal que realiza y audita el mantenimiento

Nombre

Empresa

Firma

Código	Descripción de la Inspección	Ejecución de las tareas		Estado de la Inspección		Acción Correctiva	
		Realizado	No realizado	Correcto	Incorrecto	Corregido	Pendiente
Precaución	<p>PELIGRO DE DESCARGA ELÉCTRICA, EXPLOSIÓN O DESTELLO POR ARQUEO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilice equipo de protección personal apropiado y siga las prácticas de seguridad establecidas • Solamente el personal eléctrico especializado deberá instalar y prestar servicios de mantenimiento a este equipo. • Desenergice el equipo antes de realizar cualquier trabajo en él. • Siempre utilice un dispositivo detector de tensión nominal adecuado para confirmar la desenergización del equipo. • El funcionamiento exitoso del equipo depende del manejo, la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento adecuados. <p>El incumplimiento de estas instrucciones podrá causar la muerte o lesiones serias.</p>						
CH-H-01	Registro del Log de eventos de la unidad desde el control principal del equipo.						
CH-H-02	Verificación del estado de la unidad a nivel general en su exterior y registre observaciones en caso de presencia de golpes, defectos en carcasa, presencia de óxido, falta de tornillos u otras.						
CH-H-03	Limpieza interna y externa de la unidad .						
CH-H-04	Limpieza de strayner a la entrada del cooler.						



Código	Descripción de la Inspección	Ejecución de las tareas		Estado de la Inspección		Acción Correctiva	
		Realizado	No realizado	Correcto	Incorrecto	Corregido	Pendiente
CH-H-05	Lavado de condensadores.						
CH-H-06	Limpieza de bandejas de condensador.						
CH-H-07	Limpieza a las partes eléctricas.						
CH-H-08	Verificación de conexiones eléctricas y terminales, que no existan falsos contactos, recalentamiento, cables fatigados u otros.						
CH-H-09	Revisión del motor ventilador de cada condensador, que gire libremente sin problemas ni ruidos anormales y que el eje no presente juego.						
CH-H-10	Revisión de aspa de ventilación del condensador, que no presenta golpes o deformaciones.						
CH-H-11	Medición de aislamiento a motores eléctricos.						

CH-H-12	Medición de tensión de alimentación del equipo y comparación con los datos de placa Placa: _____ V F1-F2: _____ V F1-F3: _____ V F2-F3: _____ V						
CH-H-13	Medición del consumo de corriente del motor ventilador del condensador y revisión con los datos de placa Placa: _____ Amperios L1: _____ Amperios L2: _____ Amperios L3: _____ Amperios						
CH-H-14	Medición del consumo de corriente del compresor y comparación con los datos de placa Placa: _____ Amperios L1: _____ Amperios L2: _____ Amperios L3: _____ Amperios						

Código	Descripción de la Inspección	Ejecución de las tareas		Estado de la Inspección		Acción Correctiva	
		Realizado	No realizado	Correcto	Incorrecto	Corregido	Pendiente
CH-H-14	Medición de consumo de corriente de las resistencias de calentamiento R1: _____ Amperios R2: _____ Amperios						
CH-H-15	Medición de presiones de operación del gas refrigerante: C1 C2 R- _____ Alta: _____ PSI Alta: _____ PSI Baja: _____ PSI Baja: _____ PSI						

3. Observaciones sobre la ejecución del protocolo

Código de la instrucción	Observaciones

Responsable de la ejecución del protocolo

Empresa

Nombre

Firma

Número de Cédula

Recibido conforme

Empresa

Nombre

Firma

Número de Cédula

Apéndice I: Formulario para supervisión de mantenimiento preventivo propuesto.



Código del Protocolo: _____

Equipo de Cimatización Protocolo de Supervisión de Mantenimiento

Fechas en las que el trabajo fue realizado		
Fecha	Hora de Inicio	Hora de Finalización

1. Información del equipo

Marca: _____

Modelo: _____

Número de serie: _____

Identificación: _____

2. Información del personal que supervisa el mantenimiento

Nombre _____

Empresa _____

Firma _____

Código	Descripción de la Inspección	Ejecución de las tareas		Estado de la Inspección		Acción Correctiva	
		Realizado	No realizado	Correcto	Incorrecto	Corregido	Pendiente
AA-SV-01	Realice un registro del Log de eventos de la unidad desde el control principal del equipo.						
AA-SV-02	Verifique el estado de la unidad a nivel general en su exterior y registre observaciones en caso de presencia de golpes, defectos en carcasa, presencia de óxido, falta de tornillos u otras.						
AA-SV-03	Observe y evalúe la limpieza interna y externa de la unidad condensadora y evaporadora.						
AA-SV-04	Verifique el estado de filtro de aire del evaporador, existencia, tipo, limpieza según corresponda.						
AA-SV-05	Verifique el evaporador, vibraciones, ruidos, funcionamiento del drenaje, tuberías no congeladas. Registre temperaturas de suministro y retorno de aire. Temp. Ret: ____ °C Temp. Sum: ____ °C						
AA-SV-06	Verifique el condensador, estado general, temperaturas, vibraciones.						
AA-SV-07	Verifique estado y funcionamiento general de tuberías de drenaje y suministro de agua en caso de los equipos de presión.						
AA-SV-08	Verifique el estado de tuberías de cobre, temperaturas, soportes, vibraciones, aislamientos térmicos, que no existan rastros de aceite, especial atención a segmentos de válvulas de servicio y demás elementos.						
AA-SV-09	Inspección de partes eléctricas, disyuntores, protecciones y temperaturas. Registre temperatura seteada y temperatura con medidor externo en termostato o bulbo sensor correspondiente. Temperatura seteado: ____ °C Temperatura medida: ____ °C						

AA-SV-10	Verifique las conexiones eléctricas y terminales, que no existan falsos contactos, recalentamiento, cables fatigados u otros.						
AA-SV-11	Verifique que el motor ventilador del evaporador gire libremente sin problemas ni ruidos anormales y que el eje no presente anomalías.						
AA-SV-12	Verifique que el motor ventilador del condensador gire libremente sin problemas ni ruidos anormales y que el eje no presente movimiento axial o radial.						
AA-SV-13	Verifique que el aspa de ventilación del condensador no presente golpes, deformaciones o ruidos.						
AA-SV-14	Mida temperaturas 100 % gas y 100% líquido y registre el tipo de refrigerante. Refrigerante: R- _____ Temperatura 100% L: _____ °C Temperatura 100% G: _____ °C						

3. Observaciones sobre la ejecución del protocolo

Código de la instrucción	Observaciones

Responsable de la ejecución del protocolo

Empresa

Nombre

Firma

Número de Cédula

Jefatura ICE

Recibido conforme

ICE

Empresa

Nombre

Firma

Número de Cédula

Notas para la ejecución de este protocolo

Si durante la ejecución de las tareas descritas en este protocolo el estado de la revisión es "Incorrecto", se deben ejecutar las medidas correctivas necesarias para que el resultado de la inspección sea "Correcto".

Para este caso también se debe anotar en el apartado "Observaciones sobre la revisión" lo siguiente:

- "Código de la instrucción"
- Razón por la cual el estado de la inspección es "Incorrecto"
- Detalle de las labores realizadas para que el estado de la inspección sea el "Correcto"
- Si por algún motivo no fue posible ejecutar alguna o todas las medidas necesarias para corregir el estado "Incorrecto", se debe anotar el detalle de la razón, e indicar claramente en el protocolo que el estado de la revisión es "Incorrecto" y que en la acción correctiva quedan "Pendientes"

Apéndice J: Autorización para utilizar datos.

Buenos días Mauricio, puede proceder.

Muy interesantes los datos, va a ser de mucho provecho su trabajo.

Saludos



Hugo Sánchez Coto
 Coordinador Nivel 1
 Proceso Electromecánica y Civil-DGRR-DGRM
 Tel: 2001-0566 / www.grupolce.com

De: Porras Hueté Mauricio <MaPorr2@ice.go.cr>

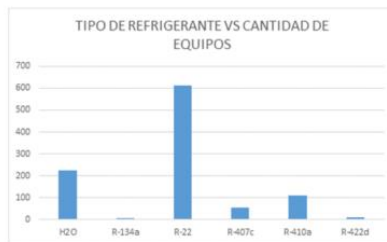
Enviado el: martes, 21 de septiembre de 2021 18:04

Para: Sánchez Coto Hugo <Hsanchezs@ice.go.cr>

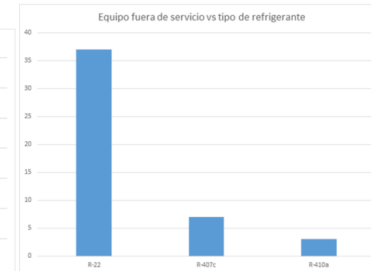
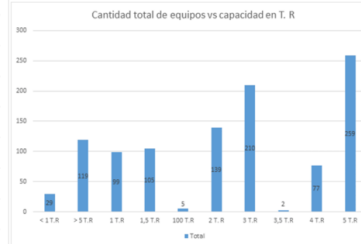
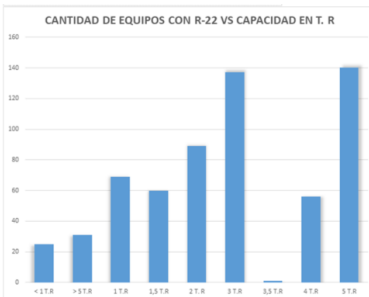
Asunto: Consulta visto bueno tesis universitaria "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ACORDE A LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE EN COSTA RICA PARA EL ICE TELECOMUNICACIONES EN LA ZONA METROPOLITANA ESTE"

Buenas don Hugo.

Es para saber si cuento con visto bueno para utilizar los siguientes datos extraídos del inventario de aire acondicionado de la Zona Metropolitana Este, con el fin de presentar una propuesta para optimizar el sistema basado en la ley ambiental vigente:



CANTIDAD DE EQUIPOS CON R-22 VS CAPACIDAD EN T. R



Revisando las leyes en CR que regulan las sustancias para los sistemas de climatización basados en el Protocolo de Montreal y sus enmiendas, no hay incumplimiento al tener algún tipo de sustancias en los equipos, lo que sí está prohibido es la importación al país y la fabricación de ciertas sustancias químicas, y ha sido la manera de eliminarlas de manera progresiva y escalonada en el mundo por su potencial de agotamiento a la capa de ozono (el gas R-22) y se están incluyendo las que causan calentamiento global, para combatir el cambio climático y sus efectos nocivos.

Si hay dudas al respecto estoy a la orden, o si hay algún inconveniente debo cambiar el nombre al proyecto y hacerlo genérico para sistemas de climatización sin especificar de donde se toma el muestreo, pero la idea es que sirva para mejorar parámetros que ayuden a nuestros sistemas a estar más alineados a lo que se requiere en la actualidad.

Saludos,



Mauricio Porras Hueté
 Proceso Electromecánica y Civil-DGRR-UI
 Tel: 2000-1222 / 8840-5768
www.grupolce.com

Apéndice K: Costos de proveedor externo al ICE

Item	Descripción	Monto
22	Pintura anticorrosiva para sistemas de aire acondicionado	¢25,800.00
23	Correctivo de visor de línea de líquido	¢22,500.00
24	Correctivo de motor evaporador de unidad de precisión (<i>cambio de motor</i>)	¢10,500.00
25	Correctivo de aceites del compresor semi-hermético	¢26,000.00
26	Correctivo de motor evaporador de unidad aire acondicionado (<i>cambio de motor</i>) (roles)	¢10,500.00
27	Correctivo de motor condensador de unidad aire acondicionado (<i>cambio de motor</i>) (roles)	¢10,500.00
28	Correctivo de válvula de expansión	¢2,000.00
29	Correctivo de válvula de solenoide	¢35,000.00
30	Correctivo de filtro deshidratador	¢20,000.00
31	Correctivo de relés de aire acondicionado	¢10,000.00
32	Correctivo de contactores de aire acondicionado	¢10,000.00
33	Correctivo de capacitor de arranque en motores y compresores	¢10,000.00
34	Correctivo de presostatos de alta y baja	¢10,000.00
35	Correctivo de fugas de refrigerante (<i>incluye el refrigerante de recarga</i>)	¢40,000.00
36	Correctivo de control electrónico (<i>cambio de tarjeta de control</i>)	¢10,000.00
37	Correctivo de cambio de compresor de 5.000 a 15.000 kcal/h (2 a 4 ton.) <i>24000 - 45000</i>	¢225,000.00
38	Correctivo de cambio de compresor de 15.001 a 30.000 kcal/h (5 a 10 ton.) <i>60000 - 120000</i>	¢265,000.00
39	Verificación e inspección de sistema de aire acondicionado (<i>mantenimiento preventivo</i>)	¢44,000.00
40	Verificación de acidez y humedad de compresores	¢12,000.00
41	Pintura de tuberías de aire acondicionado	¢500.00
42	Correctivo de tuberías de PVC para sistemas de aire acondicionado	¢500.00

Ítem	Cantidad anual estimada	Unid	Descripción	Precio Unitario CRC	Precio Total CRC
22	108	c/u	Servicio de pintura anticorrosiva para sistema de aire acondicionado	28,500.00	3,078,000.00
23	28	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de visor de línea de líquidos para aire acondicionado.	22,500.00	630,000.00
24	72	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de motor evaporador de unidad de precisión para sistema de aire acondicionado	10,500.00	756,000.00
25	288	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de aceites del compresor semi hermético para sistema de aire acondicionado.	26,000.00	7,488,000.00
26	144	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de motor evaporador para sistema de aire acondicionado.	10,500.00	1,512,000.00
27	138	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de motor condensador para sistema de aire acondicionado.	10,500.00	1,449,000.00
28	37	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de válvulas de expansión para sistema de aire acondicionado.	2,000.00	74,000.00
29	16	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de válvulas solenoide para sistema de aire acondicionado.	35,000.00	560,000.00
30	24	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de filtros deshidratadores para sistema de aire acondicionado.	20,000.00	480,000.00
31	144	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de relés para sistema de aire acondicionado	10,000.00	1,440,000.00
32	48	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de contactores para sistema de aire acondicionado.	10,000.00	480,000.00
33	48	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de capacitor de arranque en motores y compresores para sistema de aire acondicionado.	10,000.00	480,000.00
34	48	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de presostatos de alta y baja para sistema de aire acondicionado.	10,000.00	480,000.00
35	46	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de fugas de refrigerante para sistema de aire acondicionado.	40,000.00	1,840,000.00
36	32	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de control electrónico para sistema de aire acondicionado.	10,000.00	320,000.00
37	37	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de compresores de 5000 a 15000 kcal/hr para sistema de aire acondicionado 5 TON	225,000.00	8,325,000.00
38	39	c/u	Servicio de mantenimiento correctivo de compresores de 15001 a 30000 kcal para sistema de aire acondicionado 3 a 10 TON	265,000.00	10,335,000.00
39	959	c/u	Servicio de mantenimiento de verificación e inspección para sistema de aire acondicionado	44,000.00	42,196,000.00
40	96	c/u	Servicio de mantenimiento de verificación de acidez y humedad en compresores para sistema de aire acondicionado	12,000.00	1,152,000.00

Apéndice L: Cotizaciones de equipo 3 y 5 T. R

Cotización Fax: (506) 2222-2481



Refrigeración Industrial Beirute S.,A, Ciudad Quesada : 2521-6406
 Cédula jurídica: 3-101-009844-37 Limón: 2758-0012
 Calle 26 y 28 Avenida 4, Costa Rica Liberia: 2666-2565
 San José Herradura: 2521-6400
 Central: +(506) 2521-6464 +(506) Guanacaste - El coco : 2670-1056
 2233-4222 Fax: +(506) 2222-3570
 Depto. de Ingeniería: Aguas Zarcas: 2521-6404
 Tel:+(506)2222-2356 Alajuela: 2440-3740
 Fax:+(506)2222-2329 Perez Zeledón: 2521-6405

Cliente: 0068 INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

Fecha: 28/10/2021

Contacto: MAURICIO PORRAS

Pedido: CRM-202110-461330

Fax:

Hora: 12:28:22

Código	Descripción	Cantidad	Lista	Descuento	Unidad	Iva	Total
401725	CENTRAL DUCTO COND/MANEJ 36.000 BTU SEER 18 LIAH036- 180P431/LIAC036-180P431 LENNOX	1	1,317,000.00		1,317,000.00	13%	1,317,000.00
401730	CENTRAL DUCTO COND/MANEJ 48.000 BTU SEER 18 LIAH048- 180P431/LIAC048-180P431 LENNOX	1	1,755,000.00		1,755,000.00	13%	1,755,000.00
401735	CENTRAL DUCTO COND/MANEJ 60.000 BTU SEER 18 LIAH060- 180P431/LIAC060-180P431 LENNOX	1	1,900,000.00		1,900,000.00	13%	1,900,000.00
Total							4,972,000.00
Descuento							
Subtotal							4,972,000.00
Impuesto							646,360.00
Envío							0.00
Gran Total							5,618,360.00

Por Refrigeración Industrial Beirute
ajimenez

Cliente: **4000042139** Ced Jur: **4000042139**

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

88573338

facturasft@ice.go.cr

Lugar de Entrega:

DETALLE: SAN JOSE PAVAS

Terminos y condiciones:

Forma de Pago: **CONTADO**

Tiempo Entrega: **0 DIAS NATURALES.**

COTIZACION

N° Documento:

COT-010159

Fecha de creación:

29/09/2021

Fecha de impresión:

29/09/2021

Validez



Item	Cant	# de Parte Descripcion	Und	Precio	% Desc	P.Unit Neto	Total
0	1	011-040063 EVAPORADOR PISO TECHO MCQUAY, MQC104036CFC216A, 36,000 BTU, ON/OFF, R410A, 220/1/60HZ.	UND	¢204,558.25	0%	¢204,558.25	¢204,558.25
1	1	005-041636 CONDENSADOR DAIKIN 36,000 BTU, DX16SA0371, ON/OFF, SEER16, AHRI / ECA, R410A, COPELAND SCROLL, DESC/VERTICAL, AMERICANO, 208- 230/1/60HZ.	UND	¢786,762.50	0%	¢786,762.50	¢786,762.50
2	1	013-040061 CG EVAPORADOR PISO TECHO MCQUAY, MQC104060CFC216A, 60,000 BTU, ON/OFF, R410A, 220/1/60HZ.	UND	¢298,969.75	0%	¢298,969.75	¢298,969.75
3	1	005-041660 CONDENSADOR DAIKIN 60,000 BTU, DX16SA0601, ON/OFF, SEER16, AHRI / ECA, R410A, COPELAND SCROLL, DESC/VERTICAL, AMERICANO, 208- 230/1/60HZ.	UND	¢1,214,761.30	0%	¢1,214,761.30	¢1,214,761.30

IMPORTANTE:

Descuento Articulos:	¢0.00
Subtotal:	¢2,505,051.80
Descuento: %	0
Descuento Volumen:	¢0.00
Impuesto IVA-Tarifa General 13%	¢325,656.73
Flete:	¢0.00

Para cualquier consulta referida a esta cotización, por favor contacte a:

Vinicio Blanco
Cotizado Por
ventas3@airteccr.com
7074 4697

Marco Vinicio Blanco Garita
Representante de Ventas
ventas3@airteccr.com

TOTAL GENERAL: ¢2,830,708.53

Comunicado:

BAC Dólares CR36010200009419251901 Colones CR75010200009419252169 3-101-599662 / Banco Nacional Dólares CR 38015114810026006711 Colones CR 280115114810010017411 3-101-599662

SUJETO A DISPONIBILIDAD *VALIDEZ DE LA OFERTA 8 DIAS, EL PRECIO PUEDE INCREMENTAR O SER MODIFICADO SIN PREVIO AVISO DEBIDO A NUEVAS IMPORTACIONES, TIPO DE CAMBIO, O CUALQUIER OTRA REGULACION FUERA DE LAS RESPONSABILIDADES DE AIRTEC.*



llevamos el frío mas allá...

Leaho Refrigeración
Industrial S.A.
Avenida 6, San José
1
Costa Rica

Dirección de facturación y de envío:
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD
San José, Sabana sur
1
Costa Rica
20004784

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD
San José, Sabana sur
1
Costa Rica

Presupuesto N° SO326472

Fecha de presupuesto:
17/09/2021 11:30:55

Comercial:
Jeremy Leandro

Plazo de pago:
0

Descripción	Impuestos	Cantidad	Precio unidad	Desc. (%)	Precio
[1718015] CONDENSADORA 36000BTU EFIC.18 R410 INNOVAIR INVERTER	IVA 13%	1.00 Unidades	695,000.000	0.00	₡ 695,000.00
[201806] EVAPORADORA 36000 R22/R410 INNOVAIR	IVA 13%	1.00 Unidades	205,000.000	0.00	₡ 205,000.00
Base imponible					₡ 900,000.00
Impuestos					₡ 117,000.00
Total					₡ 1,017,000.00

- Esta oferta tiene una validez de 15 días.
- Salvo previa venta.
- Equipo de 36.000 Btu PC eficiencia 18 con sistema inverter.

Plazo de pago: 0 días Contado



llevamos el frío mas allá...

Leaho Refrigeración
Industrial S.A.
Avenida 6, San José
1
Costa Rica

Dirección de facturación y de envío:
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD
San José, Sabana sur
1
Costa Rica
20004784

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD
San José, Sabana sur
1
Costa Rica

Presupuesto N° SO326473

Fecha de presupuesto:
17/09/2021 11:39:48

Comercial:
Jeremy Leandro

Plazo de pago:
0

Descripción	Impuestos	Cantidad	Precio unidad	Desc. (%)	Precio
[1718020] CONDENSADORA 60000BTU EFIC.18 R410 INNOVAIR INVERTER	IVA 13%	1.00 Unidades	1,030,000.000	0.00	₡ 1,030,000.00
[201866] EVAPORADORA 60000 R22/R410 INNOVAIR	IVA 13%	1.00 Unidades	290,000.000	0.00	₡ 290,000.00
Base imponible					₡ 1,320,000.00
Impuestos					₡ 171,600.00
Total					₡ 1,491,600.00

- Esta oferta tiene una validez de 15 días.
- Salvo previa venta.
- Equipo de 60.000 Btu PC eficiencia 18 con sistema inverter.

Plazo de pago: 0 días Contado



Fecha: 04, Oct 2021

País: Costa Rica

Asesor: Jorge Serrano Serrano

COTIZACION NO. 111017-A

STRONG COSTA RICA S.A: Costa Rica | jserrano@sica.co.cr | www.sica.co.cr | +(506) 2589-5050 |
Radial Santa Ana-Belén, cruce Panasonic 1 Km Sur, 1 Km Oeste, Ofibodegas Milano, Bodega #5, San Rafael, Alajuela

Cliente: ICE

Atención: MAURICIO PORRAS

Correo: maporr@ice.go.cr

Proyecto: TELECOMUNICACIONES ZONA METROPOLITANA

Términos de Pago:

Término de Entrega: FCA Miami

Tiempo de Entrega: 10-14 Semanas (Sujeto a ventas)

Línea	Cant.	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
	1	Piso cielo Inverter SEER 16 / EER 8 / AHRI modelo LIUH036180P431 / LISH036000P431, 36,000Btu/h, 220v/60Hz/1Fase.	\$ 2,080.00	\$ 2,080.00
	1	Piso cielo Inverter SEER 16 / EER 9.8 / AHRI modelo LIUH060180P431 / LISH060000P431 , 60,000Btu/h, 220v/60Hz/1Fase.	\$ 2,814.00	\$ 2,814.00
<p>Nota: Tiempo de entrega de 10-14 semanas FCA Miami (Sujetos a Ventas / no contempla atrasos debido a los días festivos de thanksgiving,año nuevo y Navidad.)</p>				

Apéndice M: Certificados ECA de equipo seleccionado

AVAL PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA DIRECTRIZ No.11-MINAE

San José, 25 de mayo del 2021



Ref. No. ECA-AVAL-041-2021

A QUIEN CORRESPONDA:

La suscrita: **Graciela Delgado Ávila, Coordinadora de Servicios de Equivalencia del Ente Costarricense de Acreditación**, por este medio hace constar que: En respuesta a la Solicitud de aval para cumplir la DIRECTRIZ N° 11-MINAE número DA-2021-088, para el proveedor **LEAHO REFRIGERACION INDUSTRIAL S.A.**, cédula jurídica 3-101-204902 presentada el 11 de mayo del 2021; se verifica el certificado de producto emitido por **AIR-CONDITIONING, HEATING & REFRIGERATION INSTITUTE (AHRI)**, con sede en 2111 Wilson Boulevard, Suite 500, Arlington, VA 22201-3001 USA.

El ECA avala el certificado de producto para cumplir con la Directriz No.11-MINAE por las siguientes razones:

- El certificado de producto N° **206362544**, se otorga para el siguiente equipo **aire acondicionado**, modelo número **unidad exterior VEA36C2V18** y modelo número **unidad interior DHV36C2V18**, marca **INNOVAIR**, bajo la norma **AHRI Standard 210/240-2017, "Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment"** equivalente a la norma **INTE E14-1:2019/ Cor 1:2020, "Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Parte 1: Requisitos y límites de eficiencia energética para acondicionadores de aire con capacidades nominales hasta 19050 W (65000 Btu/h)"** autorizada en la Directriz No.11-MINAE, para lo cual se cumplió el procedimiento de equivalencia de normas autorizado por el MINAE.

- El certificado de producto arriba mencionado se encuentra **vigente o activo al momento de solicitar el aval y sin ninguna suspensión.**
- El certificado de producto demuestra el cumplimiento de los límites de eficiencia o consumo y las normativas establecidos en la DIRECTRIZ N° 11 MINAE o sus equivalentes.
- El certificado de producto fue emitido por **AIR-CONDITIONING, HEATING & REFRIGERATION INSTITUTE (AHRI)**, organismo de certificación de producto reconocido por el ECA, pues se encuentra acreditado bajo la norma ISO/IEC 17065 en su versión vigente, por el Organismo de Acreditación **STANDARD COUNCIL OF CANADA** y se encuentra vigente al día de hoy y sujeta a las decisiones del Organismo de Acreditación.
- El Organismo de Acreditación **STANDARD COUNCIL OF CANADA** es signatario del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral con **IAF e IAAC**.

El aval de este certificado de producto se otorga por un periodo de **181 días** calendario. Desde el **25.05.2021** y hasta el **22.11.2021**, siendo que el ECA no puede dar fe de la validez o mantenimiento de los alcances reconocidos posterior a este plazo.

Se extiende el presente aval a solicitud expresa de **LEAHO REFRIGERACION INDUSTRIAL S.A** el día veinticinco de mayo del año dos mil veintiuno, para efectos administrativos en cumplimiento de la Directriz no.11 del MINAE EXCLUSIVAMENTE, con 11 folios, que corresponden al certificado de producto, alcance de la acreditación del OEC y al Criterio de equivalencia normativa de INTECO. [El presente aval tiene validez con su correspondiente alcance de la acreditación, informe de ensayo/certificado de producto y el criterio de equivalencia, si aplica.](#)

GRACIELA DE LOS ANGELES DELGADO AVILA (FIRMA)
 Firmado digitalmente por GRACIELA DE LOS ANGELES DELGADO AVILA (FIRMA)
 Fecha: 2021.05.25 13:37:20 -06'00'



SERVICIOS DE EQUIVALENCIA

Licda. Graciela Delgado Ávila
Coordinadora Servicios de
Equivalencia
 Ente Costarricense de Acreditación

Notas:

El presente aval solamente tiene validez para su correspondiente informe de ensayo / certificado de producto, referenciado anteriormente.

Una vez cumplido el plazo de otorgamiento del aval, el ECA no garantiza la vigencia de la acreditación, ni la validez de la certificación del producto.

[Las proveedurías institucionales o dueños del cartel de licitación deben enviar a ECA los documentos presentados por los oferentes y que fueron emitidos por ECA para su verificación. La solicitud de revisión debe enviarse en un oficio formal al correo \[exoneracion@eca.or.cr\]\(mailto:exoneracion@eca.or.cr\)](#)

IAAC, ILAC, IAF



Standards Council of Canada
Conseil canadien des normes

CERTIFICATION BODY ACCREDITATION PROGRAM (CBAP)

Scope of Accreditation

Accredited Legal Entity: AIR-CONDITIONING, HEATING AND REFRIGERATION INSTITUTE

Contact Name: Elizabeth St. George, Program Manager, Quality Control

LOCATION A

Address: 2311 Wilson Boulevard, Suite 400,
Arlington, VA 22201-3001 USA

Telephone: +703 600-0378

Fax: +703 524-9011

Website: www.ahrinet.org

Email: estgeorge@ahrinet.org

Contact Name (Alternate): Bill Tritsis, VP of Certification

Telephone: +703 600-0339

E-Mail: bttritsis@ahrient.org

SCC File Number:	10056
Accreditation Standard:	ISO/IEC 17065:2012 – Conformity assessment — Requirements for bodies certifying products, processes and services
Additional Accreditation Requirement:	Requirements and Guidance – Product, Process, and Service Certification Body Accreditation Program, 2020-02-16
Initial Accreditation:	2009-04-23
Most Recent Accreditation:	2020-01-12
Accreditation Valid to:	2021-11-22

Additional Fixed Office Locations:

Refer to the legal entity location identified at the top of this listing. There are no additional locations included in this scope of accreditation:



Standards Council of Canada
Conseil canadien des normes

Certification Mark:



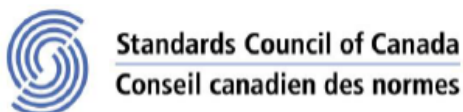
Product Certification Scheme:

ISO/IEC 17067, Conformity assessment - Fundamentals of product certification and guidelines for product certification schemes, *scheme type 4* most closely resembles the product certification scheme operated by this organization. The surveillance part of this scheme allows for the choice between periodically taking samples of the product from the point of production, or from the market, or from both, and subjecting them to determination activities to check that items produced subsequent to the initial attestation fulfil the specified requirements. The surveillance includes periodic assessment of the production process. This scheme can both indicate the impact of the distribution channel on conformity and provide a pre-market mechanism to identify and resolve serious nonconformities. Significant duplication of effort may take place for those products whose conformity is not affected during the distribution process.

Scope of Accreditation:

The scope of accreditation for the above-mentioned legal entity limits the use of the certification mark shown, to products that meet standards classified by the following international classification coding:

ICS No.	Title	Purpose
13.030.50	Recycling (Refrigeration Recovery/Recycling Equipment)	Performance Ratings, Energy Efficiency
17.140.20	Noise emitted by machines and equipment	Performance Ratings, Energy Efficiency
23.120	Ventilators, Fans, Air-conditioners	Performance Ratings, Energy Efficiency
25.180.01	Industrial furnaces in general	Performance Ratings, Energy Efficiency
25.180.20	Fuel furnaces	Performance Ratings, Energy Efficiency
27.080	Heat pumps	Performance Ratings, Energy Efficiency
27.060.01	Burners and boilers in general	Performance Ratings, Energy Efficiency
27.060.20	Gas fuel burners	Performance Ratings, Energy Efficiency



ICS No.	Title	Purpose
27.060.30	Boilers and heat exchangers	Performance Ratings, Energy Efficiency
71.100.45	Refrigerants and antifreezes	Performance Ratings, Energy Efficiency
91.140.65	Water heating equipment	Performance Ratings, Energy Efficiency
97.100.10	Electric heaters	Performance Ratings, Energy Efficiency
97.100.20	Gas heaters	Performance Ratings, Energy Efficiency
97.040.30	Domestic refrigerating appliances	Performance Ratings, Energy Efficiency
97.100.99	Heaters using other sources of energy (liquid-to-liquid heat exchangers)	Performance Ratings, Energy Efficiency
97.130.20	Commercial refrigeration appliances	Performance Ratings, Energy Efficiency

This document forms part of the Certificate of Accreditation issued by the Standards Council of Canada (SCC) to AIR-CONDITIONING, HEATING AND REFRIGERATION INSTITUTE. The original version is available in the Directory of Accredited Product, Process and Service Certification Bodies on the SCC website at www.scc.ca.

Elias Rafoul
 Vice-President, Accreditation Services
 Publication on: 2021-01-22



Certificate of Product Ratings

AHRI Certified Reference Number : 206362544

Date : 04-13-2021

Model Status : Active

AHRI Type : RCU-A-CB (Split System: Air-Cooled Condensing Unit, Coil with Blower)

Outdoor Unit Brand Name : INNOVAIR

Outdoor Unit Model Number (Condenser or Single Package) : VEA36C2V18

Indoor Unit Model Number (Evaporator and/or Air Handler) : DHV36C2V18

Region : Southeast and North (AL, AR, DC, DE, FL, GA, HI, KY, LA, MD, MS, NC, OK, SC, TN, TX, VA, AK, CO, CT, ID, IL, IA, IN, KS, MA, ME, MI, MN, MO, MT, ND, NE, NH, NJ, NY, OH, OR, PA, RI, SD, UT, VT, WA, WV, WI, WY, U.S. Territories)

Region Note : Central air conditioners manufactured prior to January 1, 2015 are eligible to be installed in all regions until June 30, 2016. Beginning July 1, 2016 central air conditioners can only be installed in region(s) for which they meet the regional efficiency requirement.

The manufacturer of this INNOVAIR product is responsible for the rating of this system combination.

Rated as follows in accordance with the latest edition of AHRI 210/240 with Addendum 1, Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment and subject to rating accuracy by AHRI-sponsored, independent, third party testing:

Cooling Capacity (A2) - Single or High Stage (95F), btuh : 36000

SEER : 18.00

EER (A2) - Single or High Stage (95F) : 11.30



†"Active" Model Status are those that an AHRI Certification Program Participant is currently producing AND selling or offering for sale; OR new models that are being marketed but are not yet being produced."Production Stopped" Model Status are those that an AHRI Certification Program Participant is no longer producing BUT is still selling or offering for sale.

Ratings that are accompanied by WAS indicate an involuntary re-rate. The new published rating is shown along with the previous (i.e. WAS) rating.

DISCLAIMER

AHRI does not endorse the product(s) listed on this Certificate and makes no representations, warranties or guarantees as to, and assumes no responsibility for, the product(s) listed on this Certificate. AHRI expressly disclaims all liability for damages of any kind arising out of the use or performance of the product(s), or the unauthorized alteration of data listed on this Certificate. Certified ratings are valid only for models and configurations listed in the directory at www.ahridirectory.org.

TERMS AND CONDITIONS

This Certificate and its contents are proprietary products of AHRI. This Certificate shall only be used for individual, personal and confidential reference purposes. The contents of this Certificate may not, in whole or in part, be reproduced; copied; disseminated; entered into a computer database; or otherwise utilized, in any form or manner or by any means, except for the user's individual, personal and confidential reference.

CERTIFICATE VERIFICATION

The information for the model cited on this certificate can be verified at www.ahridirectory.org, click on "Verify Certificate" link and enter the AHRI Certified Reference Number and the date on which the certificate was issued, which is listed above, and the Certificate No., which is listed at bottom right,

©2021 Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute



we make life better™


CERTIFICATE NO.:

132628007155199644



A. INFORMACIÓN GENERAL	
Nombre de la organización cuyo(s) producto(s) están sujetos a la equivalencia.	Leaho Refrigeración Industrial S.A.
Dirección de la organización que solicita el servicio de equivalencia	La Asunción de Belén, Heredia, Costa Rica., Avenida 2
Persona contacto de la organización que solicita el servicio de equivalencia	Wilbert Aguilar Ulate waquilar@leaho.com Tel: 22399070

B. ALCANCE DE LA EQUIVALENCIA	
Documentos de referencia ¹ (Reglamento, normas de productos, métodos de ensayos, etc.)	Normativa Internacional/Regional/Nacional: AHRI Standard 210/240-2017 , "Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment"
	Normativa Nacional Costarricense: Directriz N° 011-MINAE:2014 , "Prohibición de adquirir equipos, luminarias y artefactos de baja eficiencia que provoquen alto consumo de electricidad para ser utilizados en los edificios e instalaciones de tránsito peatonal que ocupe el sector público" INTE E14-1:2019/ Cor 1:2020 , "Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Parte 1: Requisitos y límites de eficiencia energética para acondicionadores de aire con capacidades nominales hasta 19050 W (65000 Btu/h)." INTE E14-2:2019 "Eficiencia energética. Acondicionadores de aire. Parte 2: Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire con capacidades nominales hasta 19050 W (65000 Btu/h)."
Descripción del (los) producto(s) considerados conforme lo indicado en el documento normativo.	Aplica para los equipos de aire acondicionado tipo ventana, dividido o central de hasta 19050 W (65 000 BTU/h).
¹ Los documentos de referencia deben incluir los respectivos códigos, números y año que permitan identificar tales documentos.	

C. CRITERIO DE LA DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN		
<input checked="" type="checkbox"/> Es equivalente <input type="checkbox"/> No es equivalente		
Una vez analizados los documentos suministrados por el solicitante la Dirección de Normalización de INTECO declara que la Norma AHRI Standard 210/240-2017 junto con los valores de AHRI Certified Reference Number 206362544, 206362546 "SON EQUIVALENTES" con la norma nacional INTE E14-1:2019/ Cor 1:2020		
ESTE CRITERIO TIENE VALIDEZ HASTA QUE SEA AVALADO POR LA AUTORIDAD NACIONAL COMPETENTE (ANC).		
Nombre: Mauricio Céspedes Mirabelli	Puesto: Director Ejecutivo	Fecha: 2021/4/28
		

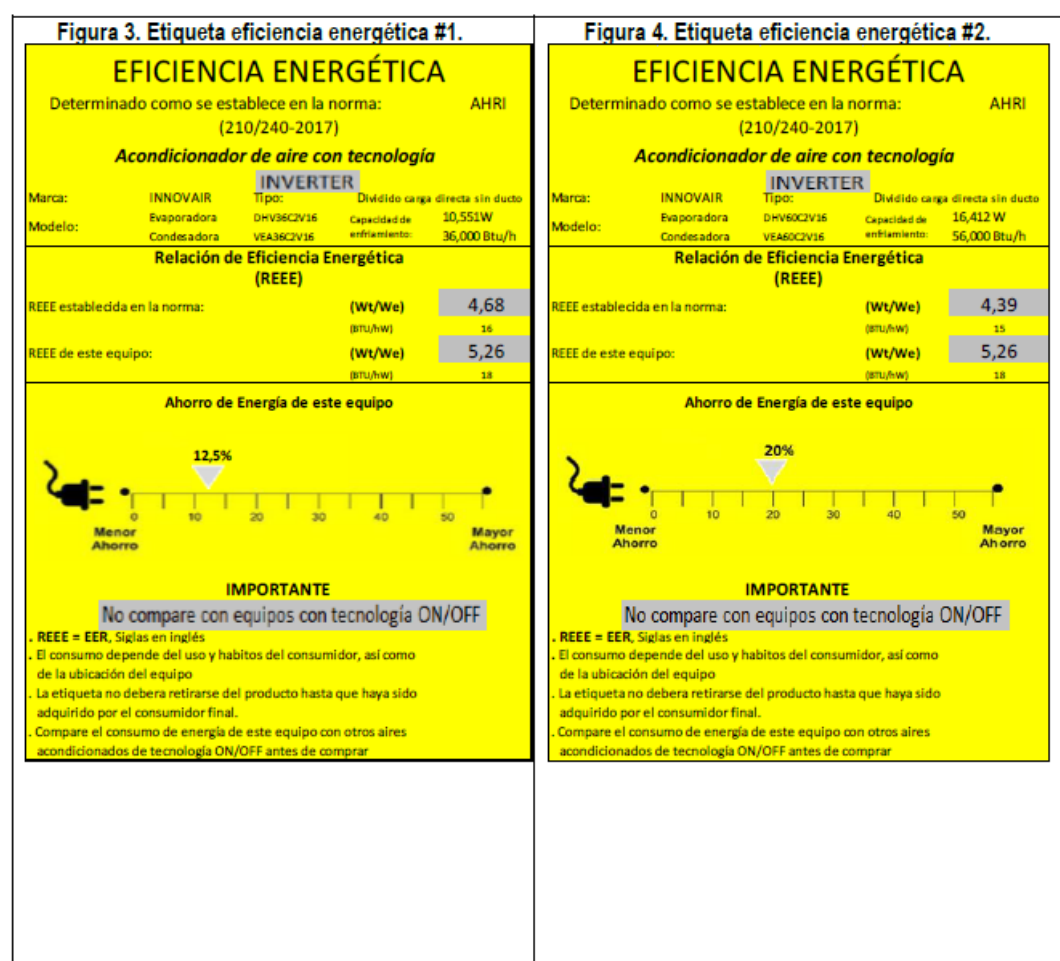
D.2. Se hace notar que la **Autoridad Nacional Competente (ANC)** debe solicitar la presente equivalencia normativa para demostrar el cumplimiento con la Directriz N° 011-MINAE: 2014.



D.3. Se hace notar que los certificados de productos deben estar **avalados** por el **Ente Costarricense de Acreditación (ECA)**

D.4. Este informe de equivalencia normativa **CADUCA, EXPIRA O SE INVALIDA** cuando;

- los valores de los certificados AHRI sujetos de análisis hayan sido actualizados, hayan caducado, o bien, hayan sido modificados de cualquier forma.
- los documentos normativos sujetos de análisis hayan sido actualizados, ya sea Directriz 11 del MINAE, el documento normativo AHRI Standard 210/240-2017 y ANSI/ASHRAE Standard 37 o las normas nacionales de la serie INTE E14.
- se identifica que los productos están certificados con otro documento normativo distinto a los declarados en este informe.

ETIQUETAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PRESENTADA



CERTIFICADOS PRESENTADOS	
Figura 5. AHRI Certified No. 1	Figura 6. AHRI Certified No. 2
	
FIN DEL INFORME	

Apéndice N. Cotización repuesto para reparación por fallo de compresor.



llevamos el frío mas allá...

Leaho Refrigeración
Industrial S.A.
Avenida 6, San José
1
Costa Rica

Dirección de facturación y de envío:

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD
San José, Sabana sur
1
Costa Rica
20004784

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD
San José, Sabana sur
1
Costa Rica

Presupuesto N° SO327208

Fecha de presupuesto:
21/09/2021 16:36:06

Comercial:
Oscar Gomez

Plazo de pago:
0

Descripción	Impuestos	Cantidad	Precio unidad	Desc. (%)	Precio
[501498] COMP.SCROLL C-SBP170H36A 58000 BTU R410 220/3/60	IVA 13%	1.00 Unidades	285,000.000	7.00	€ 265,050.00
Base imponible					€ 265,050.00
Impuestos					€ 34,456.50
Total					€ 299,506.50

Plazo de pago: 0 días Contado

Apéndice O. Taza de fallos vs vida útil.

Fuente: Reliability Web.

Apéndice P. Uso del recurso natural para climatización



Fuente: <https://airsystems.ge/free-cooling-technology/>

Apéndice Q. Distritos de Frío

¿Qué es un Distrito de Frío?

Consiste en la producción centralizada de agua helada y suministro a partir de una red aislada de tuberías subterráneas. Su objetivo es climatizar varios edificios en una misma zona. Los Distritos de Frío logran sustituir la necesidad de tener unidades independientes, reduciendo las necesidades de refrigerante y el uso de energía.

Los Distritos de Frío son capaces de suministrar frío de forma más eficiente y sostenible a edificios ubicados a varios kilómetros de la planta central de producción. Se pueden instalar en espacios ya existentes de una ciudad y en nuevas edificaciones.

Ventajas de un Distrito de Frío:

- Medio de climatización más económico.
- Contribuye a la política ambiental.
- Alta eficiencia.
- Reduce la generación de ruido.
- Valorización de los edificios climatizados.
- Es flexible, se adapta a las necesidades de consumo de los clientes.
- Adaptabilidad a nuevas tecnologías, por ejemplo refrigerantes con menor potencial de calentamiento global.

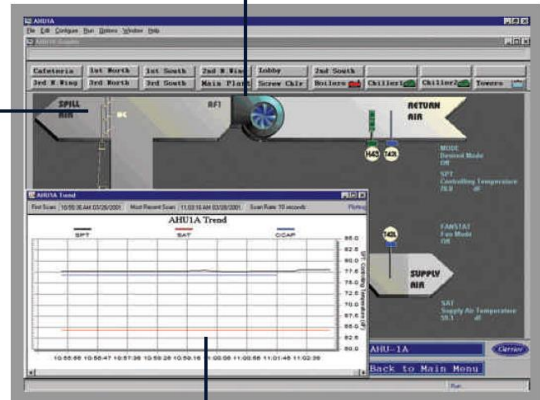
Apéndice R. Sistemas de gestión y monitoreo

View Critical Data At Once

Because no two buildings are alike, ComfortVIEW™ offers the flexibility to create custom WorkSPACES, each comprised of multiple ViewSPACES, such as graphics and tables. With a custom WorkSPACE, you can see all the critical information about your system on a single screen. For example, create a WorkSPACE screen with graphics of your main chiller and air handler, plus tables showing key operating data for each one. You can then save the finished WorkSPACE so it's available to access time and again. Multi-element WorkSPACES are troubleshooting time-savers, allowing you to adjust the operation of one unit and see how it affects another part of the system... all on the same screen.

ComfortVIEW lets you see your building's equipment operation and easily access time and setpoint schedules – without leaving your office.

With ComfortVIEW you can get the information you need fast. Link WorkSPACE screens in a logical progression customized for your building and management needs.



With real time trend scanning, you can visually determine how a system is behaving. ComfortVIEW allows you to

Fuente: ComfortVIEW3.pdf

Apéndice S. Sistemas Monoblock implementados en CR por DIGECA entre otros como parte del proyecto SPODS



Gama Intarblock R290

Puerta



Techo



Pared



Apéndice T. Cotización por los Servicios de Recuperación, Almacenaje y Disposición del Freón 22.



Alajuela, 30 de noviembre de 2021

Cotización por los Servicios de Recuperación, Almacenamiento y Disposición adecuada de gases refrigerantes.

Cliente: INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

Contacto:

Mauricio Porras Huete
Proceso Electromecánica y Civil-DGRR-UI

Es un gusto saludarle, agradecemos el contacto a GREEN C.R, a continuación, procedo a detallarle lo solicitado en su correo.

Descripción del trabajo por la disposición adecuada de los equipos dados de baja:

1. Visita al punto de recolección designado por la unidad de cumplimiento para la recolección del gas R22.
2. Se hace un manifiesto de recibo indicando fecha y hora de recolección, cantidad de gas a recolectar, firmas de responsables, se entrega el documento original al responsable de la unidad de cumplimiento y la copia le queda al gestor. **Este documento sirve de control para el reporte anual de la meta de cumplimiento que hay que realizar al Ministerio de Salud.**
3. Transporte hacia las instalaciones de GREEN C.R en un camión de cajón cerrado que cuenta con RTV y póliza de responsabilidad civil al día.



-
4. Trasvase del gas refrigerante hacia un cilindro estandarizado y autorizado por el MINAE con capacidad para 1000 libras. Este procedimiento se realiza manteniendo un estricto control para evitar cualquier fuga del gas refrigerante.

Servicio obtenido:

1. Envío de un certificado digital haciendo constancia de la recuperación y disposición final del gas refrigerante, donde se le indica la cantidad de libras que se dispusieron adecuadamente su equivalente de gases de efecto invernadero que se dejaron de emitir a la atmósfera. **Este documento sirve de control para el reporte anual de la meta de cumplimiento que hay que realizar al Ministerio de Salud.**
2. Envío por correo electrónico de las fotografías digitales como evidencia del trasvase del gas refrigerante recuperado y del desensamblaje de los equipos dados de baja.

Disposición del gas refrigerante recuperado:

1. El cilindro de 1000 libras que contiene el gas refrigerante recuperado se transporta en un vehículo identificado y autorizado para tal fin, hacia la planta de la empresa cementera ubicada en Cartago, que está autorizada para la incineración de los gases.
2. Desintegración de las moléculas del gas refrigerante en condiciones controladas y de extrema seguridad mediante el proceso de incineración a temperaturas superiores a los 1500 °C en el horno de la empresa cementera.

Precio del servicio:



Costo USD	Tipo de Equipo ó Servicio
\$ 3.00 por kg de gas refrigerante más IVA	Disposición final del gas refrigerante recuperado de un equipo de refrigeración.

La forma de pago por el servicio es de contado al momento de entregar el certificado digital.

Esperamos que esta oferta de servicios sea de utilidad, cualquier duda o comentario estoy a su disposición.

Atentamente,

Ing. Pablo Roberto Chaves Agüero

Cédula: 4-0181-0242

Celular: 8858-2029

Oficina: 2215-5341

**Green Costa Rica
Administrador**