



Caracterización de carga térmica en un edificio de oficinas según ISO 50002

Víctor Manuel López Ríos

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Energético

Asesores

Javier Alejandro Jaramillo Arango, asesor interno, Doctor (PhD) en Ingeniería – Sistemas
Energéticos

Rodrigo Fuentes Gómez, asesor externo, Ingeniero Mecánico

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Energética

El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia

2024

Cita	López, R. [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] López R., “Caracterización de carga térmica y evaluación energética en un edificio de oficinas según ISO 50002”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Energética, Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia, 2024.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN	8
II. OBJETIVOS	9
A. Objetivo general	9
B. Objetivos específicos	9
III. MARCO TEÓRICO	10
A. Eficiencia energética	10
B. Auditoria energética	10
C. Clasificación de las auditorias energéticas	11
D. Caracterización de carga térmica	11
IV. METODOLOGÍA	12
A. Condiciones de sitio	12
B. Inventario de equipos de acondicionamiento de aire	12
C. Mediciones en las unidades de enfriamiento	13
D. Cálculo Del Coeficiente De Rendimiento	14
E. Costos de producción, operación y mantenimiento del sistema de climatización	15
V. RESULTADOS	17
A. Condiciones de sitio	17
B. Patrón de ocupación	18
C. Equipos de producción de enfriamiento	18
D. Cálculo del coeficiente de rendimiento	19
E. Costos de producción, operación y mantenimiento del sistema de climatización	21
F. Análisis de resultados	22

VI. CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS	25
ANEXOS	26

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA I.....	20
TABLA II.....	22

LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig. 1 Brillo solar promedio Medellín.	17
Fig. 2 Velocidad promedio del viento Ciudad del Rio – Medellín.....	18
Fig. 3 Evolución carga térmica.....	19
Fig. 4 Evolución COP.....	21
Fig. 5 Costos de refrigeración.....	22

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ISO	International Organization for Standardization
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning
ISA	International Standard Atmosphere
m s. n. m	Metros sobre el nivel del mar
TR	Toneladas de refrigeración
TRh	Toneladas de refrigeración por hora
COP\$	Peso colombiano

RESUMEN

Este proyecto tuvo como objetivo principal llevar a cabo una evaluación energética nivel 2 centrada en la caracterización de la carga térmica para un edificio de oficinas recientemente construido ubicado en la ciudad de Medellín. La metodología utilizada es cuantitativa y está basada en la norma internacional ISO 50002 la cual insta la creación de un formulario de recolección de datos, el contacto inicial con el personal del edificio, y la recopilación de históricos de precios de energía. Se formuló un plan de medición en sitio y se calculó la demanda térmica del edificio y el costo actual por unidad de energía de enfriamiento basados en las mediciones de temperatura y potencia en las tuberías, bombas y equipos principales de la planta de agua helada.

Los resultados revelaron un coeficiente de desempeño (COP) promedio de 5,49 y un costo de refrigeración promedio de 541,18 COP\$/TRh para el sistema de agua helada del edificio, indicando un rendimiento normal de la planta, lo que estaría en el rango esperado para sistemas con poco tiempo de uso, correcto mantenimiento y operación.

Palabras clave —Evaluación energética, chiller de enfriamiento, eficiencia energética, rendimiento.

ABSTRACT

The main objective of this project was to carry out a level 2 energy assessment focused on the characterization of the thermal load for a recently constructed office building in the city of Medellin. The quantitative methodology is based on the international standard ISO 50002, which calls for creating a data collection form, an initial contact visit, and the collection of historical energy prices. An on-site measurement plan was formulated, and the building's thermal demand and current cost per unit of cooling energy were calculated based on temperature and power measurements on the chilled water plant's piping, pumps, and significant equipment.

The results revealed an average Coefficient of Performance (COP) of 5,49 and an average cooling cost of COP 541,18/TRh for the building's chilled water system, indicating typical plant performance, which would be in the expected range for systems with little time use, proper maintenance, and operation.

Keywords — Energy audit, cooled chiller, energy efficiency, effectiveness.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de mejorar la eficiencia energética se ha vuelto más evidente con cada año que pasa, debido a su destacada importancia a nivel mundial. Esta importancia radica en las siguientes razones: primero el ahorro de energía producto de una mejora energética trae consigo la reducción de costos. A su vez, los ahorros que se hacen pueden significar el uso de menos combustibles fósiles, y con esto una reducción de emisiones de dióxido de carbono [1]. Es importante recalcar que la mayor parte de los recursos energéticos a nivel mundial se destinan para el sector transporte y la industria. Sin embargo, se observa que el sector inmobiliario también posee una importante representación a nivel mundial [2].

La evaluación y control de recursos, especialmente la electricidad, con el propósito de reducir el impacto ambiental de las diferentes ramas de la economía, respaldados por las demandas sociales, están ganando relevancia y deben ser tomados en cuenta por numerosos sectores industriales y comerciales [3]. El objetivo de este proyecto es la caracterización de la carga térmica en un edificio de oficinas, mediante la implementación de una auditoria energética nivel 2 de acuerdo a lo planteado en la norma internacional ISO 50002.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Realizar una evaluación energética nivel 2 centrada en la caracterización de carga térmica para un edificio de oficinas situado en la ciudad de Medellín.

B. Objetivos específicos

- Generar el formulario de recolección de datos y acercamiento inicial con el posible contacto del edificio.
- Recopilar los históricos del precio de energía, gas y/o otro combustible que se utilice en el edificio.
- Formulación de plan de medición, para la recolección de datos en sitio.
- Calcular la demanda térmica del edificio.
- Calcular el costo actual por unidad de energía de enfriamiento producida en el sitio por cada cliente (COP/TRh).

III. MARCO TEÓRICO

Como se mencionó previamente, el objeto de este proyecto es la implementación de una auditoría energética nivel 2 de acuerdo a la norma internacional ISO 50002. Por esto, se deben de definir algunos conceptos relevantes que se presentan en esta norma, como son la eficiencia energética, las auditorías energéticas y su clasificación.

A. Eficiencia energética

Todo proceso que involucre energía trae consigo la degradación de la calidad de ésta. Por ende, se suelen asociar eficiencias a los procesos que permiten identificar la cantidad de energía utilizada [4]. Por otro lado, se puede decir que un proceso es energéticamente eficiente cuando proporciona mayores prestaciones para la misma entrada de energía, o las mismas prestaciones para una entrada menor de energía [5]. Por tanto, la eficiencia energética es una herramienta que permite identificar cómo se gestiona la energía en un proceso y de esta manera dar nociones de cómo disminuir el consumo de energía [6].

B. Auditoría energética

Una auditoría energética se distingue por su fundamentación en una serie de principios. Estos principios contribuyen a convertir la auditoría en una herramienta eficaz y confiable que respalda las decisiones y los controles de gestión, al suministrar información sobre la cual una entidad puede actuar para potenciar su rendimiento en términos de energía. Por su parte, una auditoría energética implica un análisis exhaustivo del rendimiento energético de un proceso. Por lo general, se sustenta en la correcta medición y observación de los patrones de uso y consumo energético [7]. En la figura 1, se muestra el diagrama de flujo del proceso de auditoría, enmarcado en la ISO 50002.

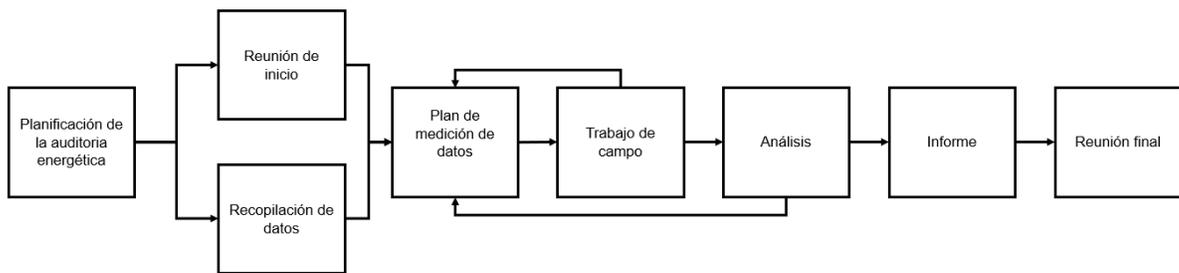


Fig. 1. Diagrama de flujo del proceso de auditoría energética [7].

C. Clasificación de las auditorías energéticas

La evaluación energética también llamada auditoría energética se puede clasificar de dos maneras. La primera forma de evaluación energética es la auditoría eléctrica, en la cual se evalúan todos los sistemas y equipos que distribuyen, transfieren, producen o consumen energía eléctrica. La segunda forma es llamada auditoría térmica, esta se realiza en equipos o sistemas que distribuyen, convierten o producen fluidos ya sea en forma líquida o gaseosa [6].

Las auditorías energéticas a su vez, se clasifican de acuerdo con la ISO 50002 en tres niveles. El nivel 1 corresponde a las auditorías preliminares, esta se enfoca en la identificación de oportunidades de mejora y en la recopilación de datos básicos sobre el uso de energía. El nivel 2 por su parte, corresponde a una auditoría detallada, en la que se incluyen mediciones y análisis más profundos, considerando aspectos técnicos y operativos a fin de determinar opciones de mejora y ahorro de energía. Finalmente, el nivel 3 corresponde a las auditorías especiales, este tipo de auditorías es más exhaustiva y se centra en proyectos de eficiencia energética los cuales requieren la implementación de algún tipo de mejora en el sistema, además implican una evaluación técnico-económica que tienen como finalidad opciones de ahorros.

D. Caracterización de carga térmica

La característica de carga térmica para un edificio constituye un aspecto fundamental en la evaluación de su eficiencia energética. La carga térmica, es influenciada por una serie de factores que determinan la cantidad de calor que el equipo de refrigeración debe remover de un espacio [8]. Entre estos factores destaca la consideración del confort humano, el cual abarca aspectos cruciales como la temperatura, humedad y calidad del aire, para el cual se suelen utilizar estándares internacionales como la norma ANSI/ASHRAE 55 [9]. Además, se deben tener en cuenta las ganancias de calor resultantes de fuentes tanto externas como internas al edificio. Las fuentes externas, tales como las barreras arquitectónicas, el efecto solar, la infiltración y el aire exterior, desempeñan un papel esencial en la modulación de la carga térmica. De manera similar, las fuentes internas, representadas por las personas, máquinas e iluminación, contribuyen a la complejidad del perfil de carga térmica [8].

IV. METODOLOGÍA

A. Condiciones de sitio

Inicialmente se realiza una caracterización del sitio en la cual se acude a la base de datos de la estación meteorológica más cercana, con el fin de obtener el histórico de al menos 1 año de las siguientes variables climatológicas:

- Temperatura de bulbo seco
- Humedad relativa
- Velocidad del aire
- Brillo solar

Las variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire se extraen de la estación del Politécnico Jaime Isaza Cadavid y los datos de brillo solar se extraen a partir de los datos de radiación reportados por la estación meteorológica AMVA (Área Metropolitana del valle de Aburrá), la cual tiene reportes históricos cargados en la plataforma del Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el valle de Aburrá.

B. Inventario de equipos de acondicionamiento de aire

De acuerdo con lo indicado en la norma ISO 50002, se solicitó la siguiente información base del sistema a auditar:

- Planos arquitectónicos y especificaciones de materiales de fachadas, pisos y ventanas.
- Planos *as-built* del sistema de aire acondicionado.
- Fichas técnicas de *chillers*, bombas de agua fría, *fan coils*, torres de enfriamiento y otros equipos de HVAC.
- Reportes históricos de operación de los *chillers* descargados del sistema de control (Temperaturas de agua, potencia eléctrica, carga térmica, caudal, etc.)
- Hojas de vida de los equipos del sistema HVAC.
- Informes de auditorías energéticas, estudios de rendimiento energético y certificaciones de los edificios realizadas anteriormente (si aplica).
- Facturas de servicios públicos de los últimos 3 meses, con el fin de validar tarifas.
- Planos y/o ficha técnica de los componentes del sistema de control HVAC.
- Condiciones de operación y confort (horarios, setpoint, otros.)

Adicionalmente, se realiza una visita a las instalaciones del cliente con el fin de levantar un inventario de los principales equipos que componen el sistema de agua helada tales como los *chillers*, bombas de agua, torres de enfriamiento y el sistema de tuberías. Para objeto de esta tarea, se realiza el *Anexo A*, el cual es un formulario de inventario en el cual se tienen los principales aspectos a revisar durante la visita de levantamiento de información de equipos.

El formulario de inventario está dividido en las siguientes siete partes:

- *Chillers* de enfriamiento
- Bombas de agua helada/condensación
- Torres de enfriamiento
- Tubería
- Sistema de potencia y control
- Sistema de tratamiento de agua
- Registro fotográfico

Las primeras cinco partes consisten en información de los principales equipos de proceso, donde el apartado de “Torres de enfriamiento” aplica solo para las instalaciones en que su sistema HVAC contiene este tipo de dispositivos. La sexta parte del formulario está para el caso de que en el edificio se realice algún tipo de pretratamiento al agua que se maneja en el sistema. Finalmente, la séptima parte del formulario es un espacio de registro fotográfico que se tiene con el fin de identificar claramente el equipo inventariado.

C. Mediciones en las unidades de enfriamiento

Para la edificación a auditar, se programaron las mediciones directas de variables de los *chillers* por el período de una semana. La potencia eléctrica del *chiller* se midió en el tablero eléctrico del equipo con un analizador de redes y bobinas de Rugowski. La medición de temperatura se realizó con un termómetro digital con data logger. Se midieron las temperaturas de agua fría a la entrada y salida del evaporador del *chiller*. La medición de caudal se obtuvo a partir de la lectura de la potencia de las bombas de agua helada y mediante el uso de las leyes de afinidad se determinó el caudal que pasa por las tuberías.

Con el fin de cumplir los requerimientos de la norma ISO 50002 se elabora el plan de medición para el edificio el cual contiene los siguientes elementos relevantes para tener en cuenta al momento de realizar las mediciones:

- Lista de puntos de medición relevantes y sus procesos y equipos de medición asociados
- Frecuencia de adquisición para cada medición
- Responsabilidades para llevar a cabo las mediciones
- Certificados de calibración de equipos (si se tienen)

Nota: Para las mediciones no se tenía en cuenta el sistema de condensación. Todos los cálculos se realizaron con base en el sistema de agua helada.

D. Cálculo del Coeficiente de Rendimiento

Con base en las mediciones realizadas se procede a determinar la curva de coeficiente de rendimiento por hora para un día típico. Inicialmente, se obtiene el caudal de agua helada que pasa por las tuberías mediante la ecuación 1 correspondiente a las leyes de afinidad.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^3 \quad (1)$$

Una vez se obtiene el caudal y con las mediciones de temperatura realizadas, se determinó las toneladas de refrigeración entregadas en el evaporador en cada instante del tiempo a partir de la ecuación de transferencia de calor, donde el calor extraído es igual al flujo másico de agua helada multiplicado por el calor específico del agua C_p ¹, y por el delta de temperatura del evaporador. Una vez se tienen las toneladas de refrigeración, es posible determinar el coeficiente de rendimiento de la planta a partir de las toneladas de refrigeración y la potencia suministrada a la planta mediante la ecuación 2.

$$COP = \frac{\text{Potencia chiller}}{\text{Calor extraído en el evaporador}} \left[\frac{kW_{el\u00e9ctricos}}{kW_{t\u00e9rmicos}} \right] \quad (2)$$

Con el resultado del COP para cada instante del tiempo, se procede a hacer la respectiva gráfica de rendimiento *chiller* en cada instante del tiempo para la semana de medición.

¹ C_p agua = 4,196 kJ/kg*K [10]

E. Costos de producción, operación y mantenimiento del sistema de climatización

El costo de la energía eléctrica del edificio se obtiene a partir de las facturas de servicios públicos de los últimos tres meses, en estas se identifica a que tipo de mercado pertenece (mercado regulado o no regulado) y el costo del kWh que paga cada mes con su respectiva variación.

Los costos de operación y mantenimiento actuales de los sistemas de climatización se determinaron a partir del dimensionamiento del personal requerido como mínimo para la ejecución de las labores de mantenimiento y operación del sistema. Además, se incluyen costos de mantenimientos mayores, cambios de refrigerante del sistema de chillers. Para los que cuentan con torres de enfriamiento, se reportan los costos del agua que se repone al sistema, así como costos de operación de los sistemas de tratamiento de agua si los hay.

A partir de los costos totales de operación y mantenimiento del sistema de agua helada se obtiene el costo fijo total de O&M con el cual se puede determinar el costo de O&M por tonelada de refrigeración hora (TRh). En la ecuación 3 se presenta el costo de O&M por TRh en donde la energía térmica semanal hace referencia a la energía térmica retirada en el evaporador de los chillers en el periodo de medición que para este caso es de una semana.

$$Costo_{O\&M \text{ por TRh}} \left[\frac{COP\$}{TRh} \right] = \frac{Costo \text{ fijo total } O\&M_{semanal}}{Energía \text{ térmica}_{semanal}} \quad (3)$$

El costo actual COP/TRh producido en sitio se obtiene a partir de la ecuación 4 la cual contempla el costo asociado a la energía eléctrica y el costo fijo de O&M de la planta en función de las toneladas de refrigeración hora.

$$Costo_{enfriamiento} \left[\frac{COP\$}{TRh} \right] = \frac{Energía \text{ eléctrica}}{Energía \text{ térmica}} * Costo_{energía \text{ eléctrica}} + Costo_{O\&M \text{ por TRh}} \quad (4)$$

Donde:

Energía eléctrica: Energía suministrada a la planta de agua helada [kWh].

Energía térmica: Energía retirada al agua helada en los evaporadores [TRh].

Costo energía eléctrica: Costo promedio mensual de la energía [COP\$/kWh].

Para el edificio, se genera el formulario de registro de costos de operación y mantenimiento, en los que se incluyen los costos de las actividades descritas anteriormente.

Nota: Para el análisis de costos derivados por el uso de la energía eléctrica en los chillers, solo se tiene en cuenta el costo unitario y el consumo que se muestra en las facturas de electricidad suministradas por el cliente. Además, no se tiene en cuenta el costo de inversión de la instalación

del sistema. El costo de los chillers y demás componentes de la planta no se tienen en cuenta para este estudio.

V. RESULTADOS

A. Condiciones de sitio

De acuerdo con los datos reportados por las estaciones meteorológicas más cercanas, se presentan a continuación las condiciones ambientales de sitio:

- Altura sobre el nivel del mar: 1500 msnm.
- Temperatura ambiente mínima: 15°C.
- Temperatura ambiente promedio: 22°C.
- Temperatura ambiente máxima: 32°C
- Humedad relativa mínima: 60 %.
- Humedad relativa promedio: 75 %.
- Humedad relativa máxima: 100 %.

La presión atmosférica en sitio es de aproximadamente 84,556 kPa, valor que corresponde a la altitud de 1500 m s. n. m según la ISA.

En la Fig. 1 y en la Fig. 2 se muestran el comportamiento del brillo solar y de la velocidad del viento correspondientes a un año de acuerdo con los datos extraídos de las estaciones meteorológicas.

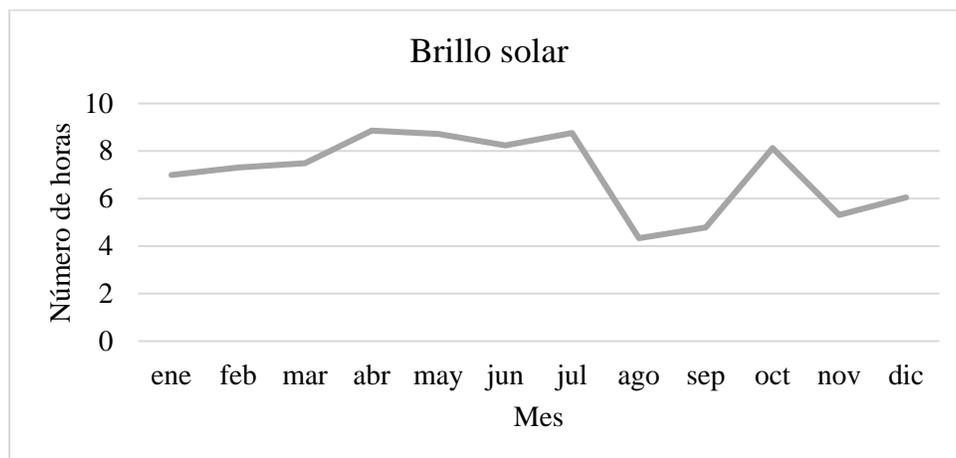


Fig. 1 Brillo solar promedio Medellín.

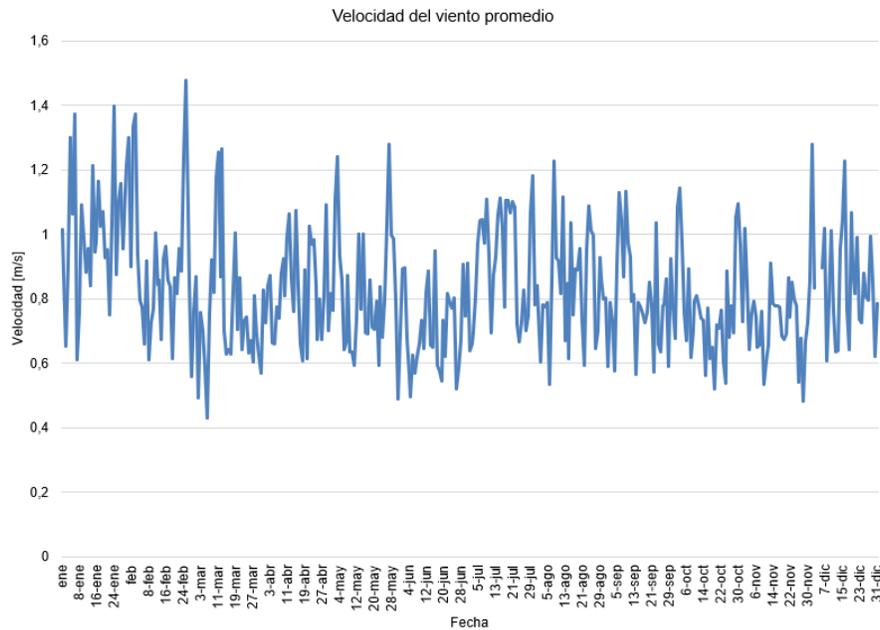


Fig. 2 Velocidad promedio del viento Ciudad del Rio – Medellín.

B. Patrón de ocupación

En la edificación se tienen diversos espacios los cuales son arrendados a varios clientes, tales como compañías de software, call centers, entre otros. El edificio cada día tiene un ingreso aproximado de 1.600 personas las cuales están en horario de oficina de 7:00 a. m. a 7:00 p. m. Sin embargo, algunas zonas como los call centers tienen operación desde las 6:00 a. m. hasta la 1:00 a. m. del siguiente día.

C. Equipos de producción de enfriamiento

La edificación cuenta con un sistema de aire acondicionado de agua helada, el cual suministra agua a los equipos tipo fancoil localizados en las oficinas de cada cliente. El sistema de agua helada tiene una capacidad instalada de 922 TR y se compone de los siguientes equipos:

- Dos *chillers* condensados por agua aire marca TRANE de 431 TR cada uno. Refrigerante es R134a.
- Dos *chillers* condensados por aire marca TRANE de 30 TR cada uno.
- Dos torres de enfriamiento de marca MESAN con 1168 GPM cada una.
- Cinco bombas de agua helada.
- Seis bombas de agua de condensación.

El edificio tiene instalado un ramal de tubería de agua helada hasta la entrada de cada local, según el esquema definido cada cliente es el responsable de suministrar una Energy Valve y los equipos tipo fancoil al interior de su local. El *set-point* que se maneja en los espacios climatizados también es controlado por cada cliente.

Actualmente el edificio cuenta con el siguiente sistema de operación:

- Los *chillers* condensados por agua operan de 7:00 a.m. a 12:00 a.m. y van rotando su operación entre semanas, es decir en una semana normal, uno de los *chillers* permanece en operación y el otro en stand-by.
- Los *chillers* tipo Koolman por su parte, operan de 12:00 a.m. a 7:00 a.m. encargándose principalmente de la zona de call centers que tienen operación 7 x 24.

En el *Anexo B* se encuentra el formulario de preguntas en donde se observan aspectos relevantes del edificio como lo es el consumo de energéticos y ubicación de los equipos de enfriamiento, y adicionalmente, se presenta el *Anexo C* en el que se tiene el inventario de los equipos principales del sistema de agua helada con sus respectivas especificaciones

D. Cálculo del coeficiente de rendimiento

Para el cálculo del COP se realizaron mediciones eléctricas y térmicas al *chiller 2* siguiendo el plan de medición que se muestra en el *Anexo D* en un periodo de una semana comprendido desde el 28 de noviembre al 05 de diciembre del año 2023.

Para el periodo de medición se operó únicamente con el *chiller 2* y el *chiller 1* permaneció en *stand-by*. En la Fig. 3 se muestran las toneladas de refrigeración de cada uno de los *chillers* para el periodo de medición, donde la línea naranjada correspondiente a los equipos Koolman del edificio, se supone en base a la información suministrada por el personal de mantenimiento.

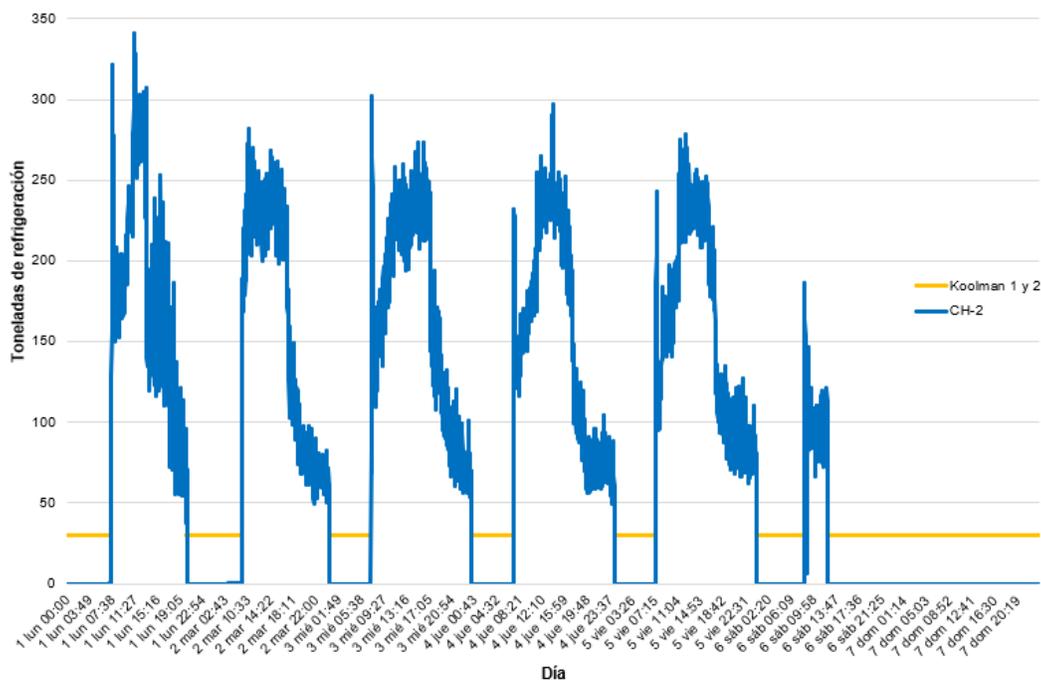


Fig. 3 Evolución carga térmica

En la TABLA I se muestra los valores máximos, mínimos y promedio de las variables medidas, así como de las calculadas para el *chiller 2*.

TABLA I
CÁLCULOS DEL RENDIMIENTO CH-2

Parámetro	Valor			Unidad
	Min.	Promedio	Max.	
Potencia CH1	0,00	53,90	242,10	kW
Flujo de Agua	0,00	25,11	85,66	l/s
Fría	0,00	398,01	1.357,74	GPM
T retorno	9,90	13,21	19,10	°C
T suministro	8,30	12,78	20,50	°C
Delta T	0,01	1,38	4,40	°C
Carga térmica	0,06	153,78	341,35	TR
	0,21	540,83	1.200,46	kW
COP	0,05	5,49	9,98	-

Nota: los datos especificados en la TABLA I son datos promedio de los parámetros registrados de los equipos a condiciones normales de operación.

Con los datos de carga térmica y la potencia del compresor se obtienen la curva de rendimiento de la planta en función del tiempo. En la Fig. 4 se muestra el COP del chiller 2, así como la media móvil del comportamiento de los datos.

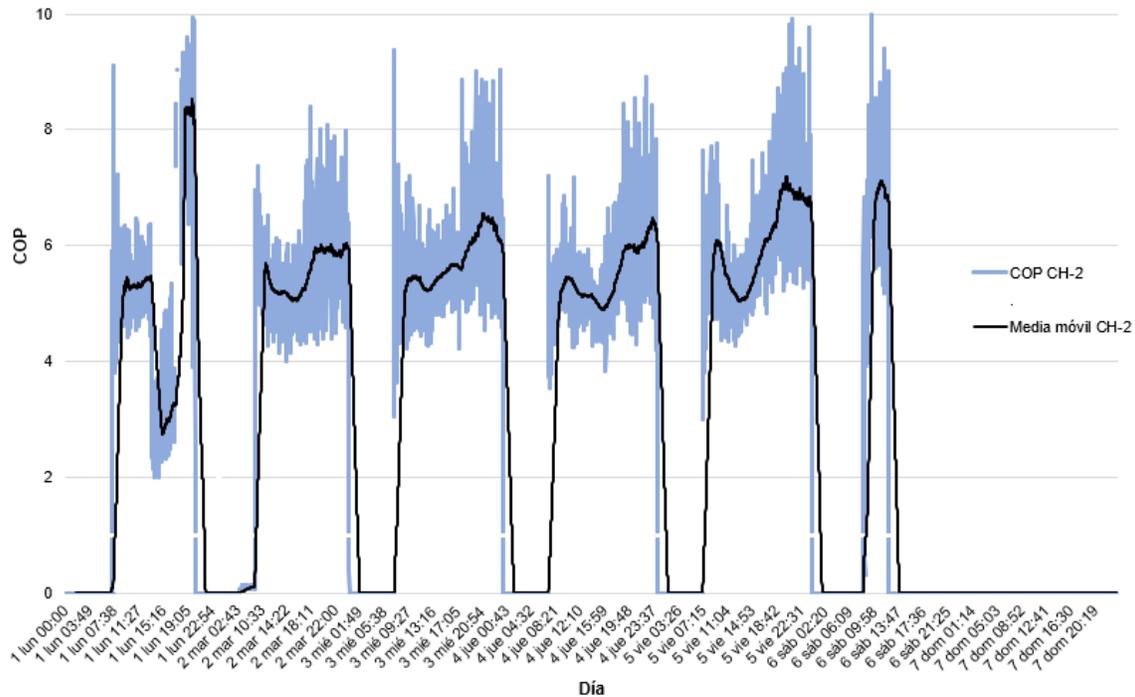


Fig. 4 Evolución COP

E. Costos de producción, operación y mantenimiento del sistema de climatización

Los costos de operación y mantenimiento actuales de los sistemas de climatización se desglosan de la siguiente manera: el costo de personal es de aproximadamente 6.000.000 COP al mes y se tienen otros costos de aproximadamente 10.000.000 COP anuales. Estos dos costos combinados generan un costo fijo total mensual de OyM de 6.833.333,33 COP. Además, se registra un consumo promedio mensual de energía de 99.586,67 kWh, con una tarifa diferencial en la que se cobra el consumo de activa punta y el consumo de activa fuera de punta. El costo promedio de la activa punta es de 657,61 COP/kWh y el costo promedio de la activa fuera de punta es de 651,86 COP/kWh. En el *Anexo E* se muestran los costos mensuales y anuales de operación y mantenimiento relacionados al consumo de energía y mantenimientos del sistema de climatización.

A partir de las toneladas de refrigeración obtenidas en el literal anterior, se realiza el cálculo del costo actual COP/TRh, para esto se tuvo en cuenta el costo actual de electricidad por cada kWh y el costo fijo total mensual de O&M. Una vez obtenido el precio de la tonelada de refrigeración en función de la electricidad consumida se suma este valor con el costo fijo de O&M en cada instante del tiempo, obteniendo así un costo promedio actual de 541,18 COP/TRh.

En la Fig. 5 se muestra el diagrama de cajas de los costos por tonelada de refrigeración para cada uno de los *chillers* y para la planta en general. Adicionalmente, se presenta la TABLA II en donde se observa más a detalle los costos de enfriamiento.

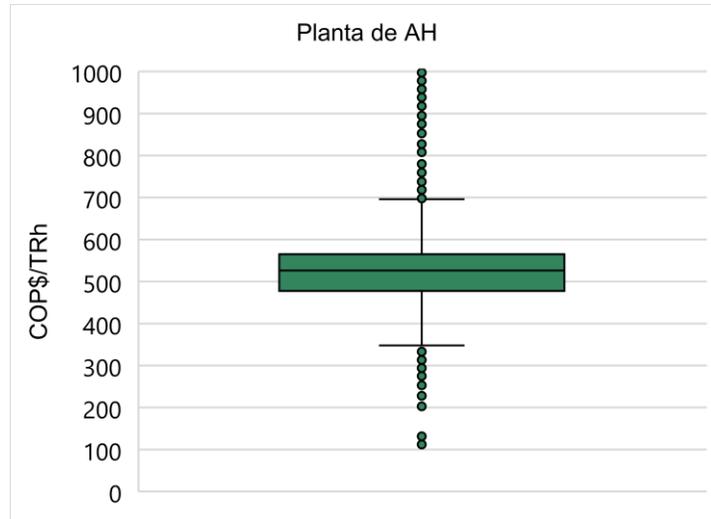


Fig. 5 Costos de refrigeración

TABLA II
COSTOS DE ENFRIAMIENTO

Costos de enfriamiento	Planta	Unidades
Costo energía	\$ 654,73	COP\$/kWh
Costo O&M	\$ 120,40	COP\$/TRh
Promedio	\$ 541,18	COP\$/TRh
Desviación estándar	\$ 287,03	COP\$/TRh
Mínimo	\$ 120,40	COP\$/TRh
Cuartil 25%	\$ 486,21	COP\$/TRh
Cuartil 50%	\$ 534,58	COP\$/TRh
Cuartil 75%	\$ 573,55	COP\$/TRh
Máximo	\$ 3.487,89	COP\$/TRh

F. Análisis de resultados

Con respecto a las condiciones del sitio, durante la mayor parte del año el sol brilla en promedio más de 7 horas/día, alcanzando valores mayores a 8 horas/día en el período de marzo a julio. Por otro lado, la velocidad promedio del viento, oscila entre 0,43 y 1,48 m/s con valores máximos de hasta 19 m/s en todo el año.

Para el periodo de medición (28 de noviembre al 05 de diciembre de 2023) se presentó un pico de demanda de frío de 341,35 TR, lo que equivale al 79,2% de la capacidad nominal del *chiller*, pero en promedio se tiene una carga de 153,78 TR, correspondiente al 35,68% de la capacidad.

Teniendo en cuenta la operación completa de la planta a lo largo de la semana, es decir contemplando la operación de los Koolman, el promedio de demanda de frío es de 94,649 TR lo que equivale a un 10,27% de la capacidad total instalada en el edificio.

En cuanto al COP del edificio este esta en promedio alrededor de los 5,4 un valor por debajo del COP nominal del equipo (6,683). Sin embargo, hay momentos en los que el COP alcanza valores de hasta 9,98.

Referente al costo de enfriamiento este es en promedio de 541,18 COP/TRh con una desviación estándar de 287,03 COP/TRh y alcanzando valores de hasta 3.487,89 COP/TRh.

VI. CONCLUSIONES

Para el sistema de agua helada analizado del edificio de oficinas, se tiene un COP promedio de 5,49, cuando el sistema está en operación, lo que estaría en el rango esperado para sistemas con poco tiempo de uso, correcto mantenimiento y operación.

Por otro lado, se observa un comportamiento anómalo en la gráfica de COP para el lunes, en estos se observa una demanda de frío superior a la de los otros días de la semana, esto se debía a un comportamiento irregular del caudal para ese periodo analizado.

En cuanto a los datos atípicos, que se muestran en los diagramas de cajas para todos los clientes, estos se deben a momentos en los que el equipo manejaba cargas parciales, lo que suponía un bajo COP en esos momentos, provocando que el costo de la tonelada de refrigeración hora se incrementara.

Adicionalmente, en el diagrama de caja se observa una baja dispersión de los datos, lo cual es coherente con el comportamiento del rendimiento del equipo el cual no presenta una alta variación en los periodos que se encuentra en funcionamiento.

Referente a los *chillers* tipo Koolman, no fue posible realizar las mediciones que se hicieron en el *chiller* 2, esto debido a un incremento en los costos planteados inicialmente en los que se suponía un solo enfriador de agua tipo chiller. Sin embargo, el perfil de carga de estos equipos se valido con los encargados de mantenimiento del edificio.

Se evidencia que la instalación de aire acondicionado tiene una operación de alrededor de un año y se encuentra funcionando sin inconvenientes, no se tiene requerimiento de respaldo ni problemas de confort térmico y el sistema en general está operando de manera estable. Por este motivo, no se recomienda al cliente el reemplazar su planta de agua helada en el corto plazo.

Se levanta una alerta con relación al refrigerante que utilizan los *chillers* (R134a) teniendo en cuenta que este se encuentra en fase de discontinuación debido a las restricciones ambientales del Protocolo de Montreal. Desde junio de 2022 en Colombia se encuentra prohibida la importación de equipos que utilicen este refrigerante. Por lo tanto, es posible que este refrigerante comience a escasear en el mercado y que su precio se incremente en el corto plazo.

REFERENCIAS

- [1] B. Iliyas, “Development of Standardized Methodologies for the Energy Efficiency Evaluation of Comercial Buildings”, Thesis, Hamburg University of Applied Sciences, Hamburg, 2015. Consultado: el 15 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://reposit.haw-hamburg.de/bitstream/20.500.12738/7184/1/Iliyas_Berdali_BA.pdf
- [2] IEA, “Key World Energy Statistics 2021”. Consultado: el 2 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/final-consumption>
- [3] N. Munguia *et al.*, “Energy Audit in the Meat Processing Industry—A Case Study in Hermosillo, Sonora Mexico”, *J Environ Prot (Irvine, Calif)*, vol. 07, núm. 01, pp. 14–26, 2016, doi: 10.4236/jep.2016.71002.
- [4] Cengel, “Termodinámica de Cengel”, *Termodinamica*, p. 1001, 2009, [En línea]. Disponible en: <http://librosolucionarios.net/>
- [5] International Energy Agency, “Indicadores de eficiencia energética: bases esenciales para el establecimiento de políticas”, Paris, 2015. [En línea]. Disponible en: www.iea.org/t&c/
- [6] D. Larrahondo, “Implementación de una auditoría energética de acuerdo a la norma ISO 50002 en una empresa panificadora”, Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2019.
- [7] International Organization for Standardization, “ISO 50002:2014(es), Auditorías energéticas — Requisitos con orientación para su uso”. Consultado: el 13 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:50002:ed-1:v1:es>
- [8] E. Hernández, *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*. México: LIMUSA, 2005.
- [9] ASHRAE, “Energy Standard for Buildings”, *Standard 90.1*. 2019. Consultado: el 13 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_90.1_2019
- [10] ASHRAE, *ASHRAE Handbook - Fundamentals*, SI Edition. Atlanta, 2013. Consultado: el 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpASHRAEC1/ashrae-handbook-fundamentals/ashrae-handbook-fundamentals>

ANEXOS

	Página
<i>Anexo A Formato inventario de equipos</i>	27
<i>Anexo B Formulario caracterización vista inicial</i>	30
<i>Anexo C Inventario de equipos</i>	32
<i>Anexo D Plan de medición</i>	35
<i>Anexo E Costos de operación y mantenimiento</i>	36

Anexo A Formato inventario de equipos

Inventario de equipos								
Proyecto: Caracterización de carga térmica								
Nombre del edificio:					# de Formulario:			
Dirección del edificio:					Fecha de la encuesta:			
Elaboró:					Hora:			
Revisó:								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;">Tipo sistema de agua helada:</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">Primario - Secundario</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">Primario variable</td> </tr> </table>						Tipo sistema de agua helada:	Primario - Secundario	Primario variable
Tipo sistema de agua helada:	Primario - Secundario	Primario variable						
Chillers de enfriamiento								
Tag chiller						Comentarios:		
Ubicación								
Modelo #								
Marca								
Tipo de condensación (Agua/aire)								
Tipo de compresor								
Año de instalación								
Capacidad nominal [TR]								
Potencia nominal [kW]								
Nivel de tensión por fase[V]								
Refrigerante								
Evaporador								
Temperatura entrada [F]								
Temperatura salida [F]								
Caudal de agua helada [gpm]								
Condensador								
Temperatura entrada [F]								
Temperatura salida [F]								
Caudal de agua condensación [gpm]								
Bombas de agua helada/condensación								
Tag bomba						Comentarios:		
Ubicación								
Función (Agua helada/cond.)								
Modelo #								
Marca								
Tipo								
Año de instalación								
Caudal nominal [gpm]								
Cabeza nominal [m]								
Velocidad nominal [rpm]								
Cabeza de diseño [m]								
Caudal de diseño [gpm]								
Datos del motor								
Tipo de motor								
Potencia nominal [HP]								
Frecuencia de red [Hz]								
Tensión nominal [V]								
Corriente nominal [A]								
Velocidad nominal [rpm]								
Eficiencia [%]								
Variador de velocidad (Si/No)								
Torres de enfriamiento								
Tag torre						Comentarios:		
Modelo #								
Ubicación								
Marca								
Cantidad								
Año de instalación								
Caudal nominal [gpm]								

Inventario de equipos Proyecto: Caracterización de carga térmica

de Formulario:

Temperatura entrada AC [F]					
Temperatura salida AC [F]					
Temperatura de bulbo húmedo [F]					
Altura [m.s.n.m]					
Potencia nominal [kW]					
Frecuencia de red [Hz]					
Tensión nominal [V]					
Variador de velocidad (Si/No)					

Tubería

Zona					
Diámetro [in]					
Material					
Tipo de aislamiento					
Ubicación (intemperie/interior)					

Sistema de potencia y control

Tag tablero										
Ubicación										
Fabricante										
Nivel de tensión [V]										

Instrumentación:

Comentarios:

Software de control HVAC:

Sistemas de tratamiento de agua

Tipo	
Caudal [gpm]	
Filtro	
Capacidad [TR]	
Diámetro tubería	
Comentarios:	

Inventario de equipos Proyecto: Caracterización de carga térmica		
		# de Formulario: <input style="width: 80px; height: 15px;" type="text"/>
Registro fotográfico		
Tag equipo:	Tag equipo:	Tag equipo:
Tag equipo:	Tag equipo:	Tag equipo:
Tag equipo:	Tag equipo:	Tag equipo:
Tag equipo:	Tag equipo:	Tag equipo:
Tag equipo:	Tag equipo:	Tag equipo:

Anexo B Formulario caracterización vista inicial

Formulario visita de caracterización inicial

Nombre del edificio:

Dirección del edificio:

Elaboró encuesta:

Revisó encuesta:

de Formulario:

Fecha de la encuesta:

Hora:

1. Oficinas	<input checked="" type="checkbox"/>	4. Hotel	<input type="checkbox"/>
2. Salud	<input type="checkbox"/>	5. Industria	<input type="checkbox"/>
3. Centro comercial	<input type="checkbox"/>	6. Residencial	<input type="checkbox"/>

1. Propietario		3. Encargado O&M
2. Administrador		4. Otro
Tipo	Nombre	Número de contacto
4	Mantenimiento	N/A

Área construida (m ²):	50.000
Área acondicionada (m ²):	20.000
Porcentaje de área ocupada:	95

1. Único dueño	<input checked="" type="checkbox"/>	3. Pública	<input type="checkbox"/>
2. Copropiedad	<input type="checkbox"/>	4. Otro	<input type="checkbox"/> Cuál?

Patrones de ocupación

Días de operación:	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Comentarios: Algunas zonas del edificio operan de 6 a.m. a 1 a.m. del siguiente día.
Horario:	7:00-19:00	7:00-19:00	7:00-19:00	7:00-19:00	7:00-19:00			
Cantidad de personas:	1600	1600	1600	1600	1600			

Construcción

de niveles: Área por nivel: Altura libre por nivel [m]: Cielo Falso Sí No

Tipo de cubierta		Tipo de piso		Material del exterior		Aislamiento existente		Orientación	
1. Plancha de cemento	4. Madera	1. Cerámica	4. Cemento	1. Madera	4. Vidrio	1. Ninguno	4. Lana de roca	1. Norte	4. Oeste
2. Teja termoacustica	5. Otro	2. Tapete		2. Estuco	5. Otro	2. Celulosa	5. Poliestireno	2. Este	
3. Metalica	<input type="text" value="1"/>	3. Madera	<input type="text" value="1"/>	3. Ladrillo		3. Fibra de vidrio	6. Otro	3. Sur	

Fachada	Material del exterior	Aislamiento existente	Orientación	Comentarios
Fachada 1	Vidrio	1	1	Pisos 9 a 18
Fachada 2	Hormigón + vidrio	1	2	
Fachada 3	Vidrio	1	3	
Fachada 4	Hormigón + vidrio	1	4	

Tipo de ventanas		Cortinas interiores		Cortinas exteriores		Número
1. Corrediza	4. Celosía	1. Cortinas	4. Blind	1. Pantalla solar		# de ventanas con la misma descripción
2. Fija		2. Persianas	5. Ninguna	2. Película de baja emisividad		
3. Tragaluz		3. Cortinas con pantalla		3. Ninguna		

Ventanas	Número	Tipo de ventanas	Cortinas interiores	Cortinas exteriores	Ancho [m]	Largo [m]	Grosor [mm]
Fachada 1	100%	2	5	Parasoles de vidrio	Varios	Varios	10
Fachada 2	80%	2	5	Parasoles de vidrio	Varios	Varios	10
Fachada 3	100%	2	5	Parasoles de vidrio	Varios	Varios	10
Fachada 4	80%	2	5	Parasoles de vidrio	Varios	Varios	10

Año de construcción: El edificio entro en operación en el 2022.	Modernizaciones y/o actualizaciones del edificio: N/A
---	---

Consumo de energía

Consumo de electricidad		Consumo de gas natural		Consumo anual de otro energético (ej. autogeneración)	
Empresa prestadora: Empresas publicas de Medellín		Empresa prestadora:	N/A	Empresa prestadora:	N/A
Numero de fronteras comerciales: 1		Numero de fronteras comerciales:	N/A	Numero de fronteras comerciales:	N/A
Consumo mes [kWh]: 99.586,67		Consumo mes [m3]:	N/A	Tipo:	N/A
Consumo anual [kWh]: 1.195.040		Consumo anual [m3]:	N/A	Consumo mes:	N/A
Costo [COP/kWh]: 654,73		Costo [COP/m3]:	N/A	Costo:	N/A

1

Formulario visita de caracterización inicial

de Formulario:

Ubicación de medidores, subestaciones, equipos de monitoreo de los recursos energéticos:
 - Las subestaciones y equipos de monitoreo se encuentran en el sótano del edificio
 - Se tiene una tarifa diferencial en la que se cobra el consumo de activa punta y el consumo de activa fuera de punta. El costo promedio de la activa punta es de 657,61 COP/kWh y el costo promedio de la activa fuera de punta es de 651,86 COP/kWh

Documentos adicionales disponibles
 Planos arquitectónicos, unifilares y del sistema de aire acondicionado
 ¿Existen documentos relacionados con el perfil de carga de la edificación que se puedan suministrar?
 ¿Se han realizado auditorias energéticas o estudios previos relacionados con el rendimiento energético del edificio?
 ¿Se tienen documentos de diseño, operación y mantenimiento de los equipos?

Marque con una x

<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Si	No
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Si	No
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Si	No

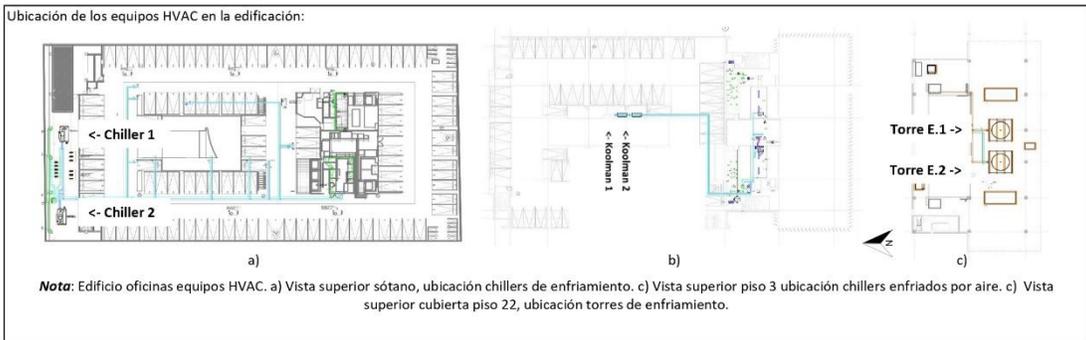
Instalaciones y equipos

Tipo de sistema de aire acondicionado 1. Agua helada <input checked="" type="checkbox"/> 4. Otro: <input type="text"/> 2. Agua de condensación <input type="checkbox"/> 3. Expansión directa <input type="checkbox"/>		Tipo de luminarias 1. Led <input checked="" type="checkbox"/> 2. Fluorescente <input type="checkbox"/> 3. Halógenas <input type="checkbox"/>		Equipos principales 1. Cóputo <input checked="" type="checkbox"/> 4. Cocinas <input type="checkbox"/> 2. Medicos <input type="checkbox"/> 5. Hornos <input type="checkbox"/> 3. Servidores <input checked="" type="checkbox"/> 6. Otros <input type="checkbox"/>		Comentarios <input type="text"/>
---	--	--	--	--	--	--

Descripción de las principales instalaciones/ubicaciones del edificio que requieren aire acondicionado:
 - A cada uno de los clientes del edificio les llega una tubería de agua helada a sus equipos tipo fancoil localizados en cada una de sus oficinas.

Set Point
 Temperatura (°C)
 Humedad relativa (%)

Equipos HVAC	# equipos	Capacidad [TR]	Modelo	Marca	Año de instalación	Nivel de tensión [V]	Comentarios
Calderas:							
Chillers condensados por aire:	2	30	CGAK3004	Trane	2020	460	
Chillers condensados por agua:	2	431	RTHDD2G3	Trane	2020	460	
Bombas de Calor:							
Torres de enfriamiento:	2	488	MCC-08B	Mesan	2020	460	
Equipos de expansión directa:							
Aire acondicionado de precisión:							
Bombas de agua helada:	5	N/A	880RI-3X3-12	Flofab	2020	460	
Bombas de agua de condensación:	6	N/A	880RI-4X4-8	Flofab	2020	460	
Otro (especificar):							



Descripción sistema de control aire acondicionado:
 - El edificio cuenta con el controlador Tracer SC+ el cual permite la interface con los dispositivos de campo a través de sus 3 puertos de comunicación (BACnet MS/TP, Modbus RTU y BACnet IP)

Anexo C Inventario de equipos

Inventario de equipos			
Proyecto: Caracterización de carga térmica			
Nombre del edificio:	Edificio de oficinas		
Dirección del edificio:	Medellín		
Elaboró:	Víctor Manuel López Ríos		
Revisó:			
# de Formulario:	02		
Fecha de la encuesta:	27/11/2023		
Hora:	16:00		
Tipo sistema de agua helada:	Primario - Secundario Primario - Variable		
Chillers de enfriamiento			
Tag chiller	CH-1	CH-2	Koolman-1 y 2
Ubicación	S-FIC	S-FIC	S-FIC
Modelo #	RTHDD2G3G3V	RTHDD2G3G3V	CGAK3004FCWG
Marca	Trane	Trane	Trane
Tipo de condensación (Agua/aire)	Agua	Agua	Aire
Tipo de compresor	Tornillo	Tornillo	Tornillo
Año de instalación	2020	2020	2020
Capacidad nominal [TR]	431	431	30
Potencia nominal [kW]	226,8	226,8	29,91
Nivel de tensión por fase[V]	460	460	460
Refrigerante	R-134a	R-134a	R-410a
Evaporador			
Temperatura entrada [F]	54	54	54
Temperatura salida [F]	42	42	42
Caudal de agua helada [gpm]	859,4	859,4	70
Condensador			
Temperatura entrada [F]	76	76	80,42
Temperatura salida [F]	86	86	N/A
Caudal de agua condensación [gpm]	1.168	1.168	N/A
Comentarios: - La ubicación S-FIC hace referencia al sótano del edificio			
Bombas de agua helada/condensación			
Tag bomba	BAH-FIC1 a FIC5	BAC-FIC1 a FIC6	
Ubicación	S-FIC	S-FIC	
Función (Agua helada/cond.)	Agua helada	Agua condensación	
Modelo #	880RI-3X3-12	880RI-4X4-8	
Marca	Flofab	Flofab	
Tipo	Vertical	Vertical	
Año de instalación	2020	2020	
Caudal nominal [gpm]	431	647	
Cabeza nominal [m]	41,148	28,956	
Velocidad nominal [rpm]	1800	3600	
Cabeza de diseño [m]	41,148	28,956	
Caudal de diseño [gpm]	431	647	
Datos del motor			
Tipo de motor	Inducción	Inducción	
Potencia nominal [HP]	25	25	
Frecuencia de red [Hz]	60	60	
Tensión nominal [V]	460	460	
Corriente nominal [A]	29,42	28,9	
Velocidad nominal [rpm]	1750	3450	
Eficiencia [%]	93,6	93,6	
Variador de velocidad (Si/No)	Si	No	
Comentarios: - BAH-FIC1 a FIC5 hace referencia a las 5 bombas de agua helada de la planta. - BAH-FIC1 a FIC5 hace referencia a las 6 bombas de agua de condensación de la planta.			
Torres de enfriamiento			
Tag torre	TE-1	TE-2	
Modelo #	MCC-08B-18.5	MCC-08B-18.65	
Ubicación	Cubierta-P22	Cubierta-P22	
Marca	MESAN	MESAN	
Cantidad	1	1	
Año de instalación	2020	2020	
Caudal nominal [gpm]	1.168	1.168	
Comentarios: - El tag TE hace referencia una torre de enfriamiento.			

Inventario de equipos Proyecto: Caracterización de carga térmica

de Formulario: **02**

Temperatura entrada AC [F]	86	86			
Temperatura salida AC [F]	76	76			
Temperatura de bulbo húmedo [F]	70	70			
Altura [m.s.n.m]	3007 ft	3007 ft			
Potencia nominal [kW]	33,5256	33,5256			
Frecuencia de red [Hz]	60	60			
Tensión nominal [V]	460	460			
Variador de velocidad (Si/No)	Si	Si			



Tubería

Zona	TPlanta-AH	TChiller-AH	T-AC		
Diámetro [in]	10	8	10		
Material	Acero al carbon SCH80	Acero al carbon SCH80	Acero al carbon SCH80		
Tipo de aislamiento	Cañuelas de poliuretano y aluminio	Cañuelas de poliuretano y aluminio	N/A		
Ubicación (intemperie/interior)	Interior	Interior	Interior		

Sistema de potencia y control

Tag tablero	TC-Chillers	TC-Bombas								
Ubicación	S-FIC	S-FIC								
Fabricante	Aalcom	Aalcom								
Nivel de tensión [V]	460	460								

Instrumentación:
 - En las bombas se tiene sensores de corriente y variadores de frecuencia en las bombas de agua helada.
 - En el lazo de agua helada se tiene un flujometro y una valvula de bypass que sirven para garantizar el flujo mínimo del enfriador para evitar su congelamiento.
 - Adicionalmete se tienen sensores de temperatura en varios puntos de la planta.

Comentarios:
En cuanto al sistema de tuberías se tiene lo siguiente:
 - La zona de las tuberías TChiller-AH hace referencia a las tuberías de agua helada que van a los chillers de enfriamiento.
 - La zona de las tuberías TPlanta-AH hace referencia a las tuberías principales de agua helada de la planta.
 - La zona de las tuberías T-ACHace referencia a las tuberías de agua de condensación que van a los chillers.
En cuanto al sistema de potencia y control se tiene lo siguiente:
 - El tag del tablero TC-Bombas hace referencia al tablero de control de las bombas de agua helada y de condesación.
 - El tag del tablero TC-Chillers hace referencia al tablero de control de los chillers 1 y 2.

Software de control HVAC:
 - El sistema central cuenta con el sistema de control TRACER de TRANE, el cual permite que las bombas y los chillers se adapten a la carga térmica.

Sistemas de tratamiento de agua

Tipo	Marca ECOPLANT modelo 1000
Caudal [gpm]	36 a 54
Filtro	Filtro de canasta de 1 1/2"
Capacidad [TR]	1.000
Diámetro tubería	1 1/2"

Comentarios:
 - La planta de tratamiento es Marca ECOPLANT modelo 1000.
 - El sistema de control puede cambiar de modo Manual a Automático.
 - La unidad cuenta con un motor de 3HP, con voltaje de trabajo a 208V/3Ph/60Hz

Inventario de equipos Proyecto: Caracterización de carga térmica

de Formulario:

Registro fotográfico

<p>Tag equipo: CH-1</p> 	<p>Tag equipo: CH-2</p> 	<p>Tag equipo: Koolman-1 y 2</p> 
<p>Tag equipo: BAH-1</p> 	<p>Tag equipo: BAH-2</p> 	<p>Tag equipo: BAH-3</p> 
<p>Tag equipo: BAH-4</p> 	<p>Tag equipo: BAH-5</p> 	<p>Tag equipo: BAC-1 y 2</p> 
<p>Tag equipo: BAC-3</p> 	<p>Tag equipo: BAC-4</p> 	<p>Tag equipo: BAC-5</p> 
<p>Tag equipo: BAC-6</p> 	<p>Tag equipo: TC-Bombas</p> 	<p>Tag equipo: TE-1 y 2</p> 

Anexo D Plan de medición

PLAN DE MEDICIÓN				
Caracterización de carga térmica				
Edificio	Oficinas			
Fecha de mediciones	28-nov-23 a 5-dic-23			
Personal encargado	Víctor Manuel López Ríos			
Tiempo de medición	1 semana			
Frecuencia de adquisición de datos	1 minuto			
Equipos de medición				
Instrumento	Variable a medir	Precisión	Marca	Modelo
Analizador de redes trifásico	Potencia eléctrica	± 1% ± 10 recuentos	Fluke	435 Serie II
Termómetro digital	Temperatura	± 0,2 °C	Fluke	52 II
Equipos y requerimientos				
Equipos a instalar	Lugar de instalación	Requerimiento		
Analizadores de redes	Tablero eléctrico cuarto de chillers (bombas de agua fría y chiller 2).	Conexión 110V. Ya se verificó disponibilidad.		
Sensores de temperatura	Exterior de tubería de agua helada (suministro y retorno)	Conexión 110V. Ya se verificó disponibilidad.		
Estado actual del área de mediciones				
				

Anexo E Costos de operación y mantenimiento

Formulario costos operación y mantenimiento	
Planta de agua helada	
<p>Nombre del edificio: Edificio de oficinas</p> <p>Dirección del edificio: Medellín</p> <p>Elaboró: Víctor Manuel López Ríos</p> <p>Revisó: </p>	<p># de Formulario: 03</p> <p>Fecha de la encuesta: 27/11/2023</p> <p>Hora: 16:00</p>
Costos de operación y mantenimiento mensual	
Costo de energía eléctrica	
Tipo de mercado:	Regulado
Tarifa mes 1 [COP/kWh]:	655,78
Tarifa mes 2 [COP/kWh]:	647,93
Tarifa mes 3 [COP/kWh]:	99.586,67
Promedio kWh:	99.586,67
Costo de mantenimiento	
Costos de personal:	\$ 6.000.000,00
Costos mayores:	
Otros costos:	\$ 833.333,33
Costo agua reposición:	No se tiene
Costo fijo total OVM:	6.833.333,33
Costos de operación y mantenimiento anual	
Costo de energía eléctrica	
Tipo de mercado:	Regulado
Tarifa promedio [COP/kWh]:	651,86
Promedio kWh:	1.195.040,00
Costo de mantenimiento	
Costos de personal:	\$ 72.000.000,00
Costos mayores:	
Otros costos:	\$ 10.000.000,00
Costo agua reposición:	No se tiene
Costo fijo total OVM:	82.000.000,00
1	