# Una imagen que contiene texto, fuente, captura de pantalla, línea Descripción generada automáticamente

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE RECORRIDO – HOSPITAL EL TINTAL

Octubre de 2023



Contenido

Contenido 2

Lista de Acrónimos 4

Resumen ejecutivo 5

1. Generalidades 7

1.1 Introducción 7

1.2 Objetivo 7

Objetivos específicos 8

1.3 Alcance 8

1.4 Términos y definiciones 9

2. Caracterización de la edificación 11

2.1 Características generales de la edificación 11

2.2 Características energéticas de la edificación 12

2.3 Perfil de consumo energético de la edificación 12

Energía Eléctrica 13

Gas Natural 14

Agua potable 14

3. Uso y consumo de la energía 15

3.1 Distribución de consumos e identificación de Usos Significativos de Energía (USE) 15

3.1.1 Energía Eléctrica 15

3.1.2 Gas Natural 16

3.1.3 Agua 16

4. Línea de base energética e indicadores de desempeño energético 18

4.1 Línea de base energética – Energía Eléctrica 18

4.2 Indicadores de desempeño – Energía Eléctrica 20

4.2.1 Indicador de consumo de energía eléctrica [kWh/año/m2] 20

4.2.2 Desempeño energético de energía eléctrica [kWh/mes] 21

4.2.3 Indicador de Desempeño Base 100 de energía eléctrica 21

4.2.4 Indicador de emisiones de GEI [tonCO2\_eq/mes] 22

4.2.5 Indicador comparativo de energía eléctrica [kWh/pacientes – m2/pacientes] 23

4.3 Línea de base energética – Gas Natural 23

4.4 Indicadores de desempeño – Gas natural 25

4.4.1 Desempeño energético de Gas natural [m3/mes] 25

4.4.2 Indicador de Desempeño Base 100 de Gas natural 26

4.4.3 Indicador de emisiones de GEI [tonCO2\_eq/mes] 26

4.5 Línea de base consumo de agua 27

4.6 Indicadores de desempeño – Agua 27

5. Identificación y evaluación de las medidas de eficiencia energética 29

(ECM-1) Sustitución tecnológica de calderas de generación de vapor por calentadores de agua a gas 30

(ECM-2) Ajuste de parámetros de operación de la caldera (Optimización de la combustión) 31

(ECM-3) Uso de sensores de movimiento para control de luminarias en zonas poco transitadas del hospital 32

(ECM-4) Uso de fotoceldas para control de iluminación en zonas con amplia iluminación natural 33

(ECM-5) Independización de circuitos eléctricos correspondiente a luminarias (Sectorización de circuitos) 34

(ECM-6) Sustitución tecnológica de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia 35

(ECM-7) Alineación y ajuste de correas de transmisión en sistemas de ventilación 36

(ECM-8) Instalación de frenos regenerativos en motores de ascensores 37

(ECM-9) Implementación de políticas de cero consumos de papel para reducir uso de impresora 38

(ECM-10) Implementación de un sistema de gestión energética en línea para el control operacional del desempeño energético 39

5.1 Priorización de Medidas 40

6. Conclusiones 42

# Lista de Acrónimos

BHP Boiler Horsepower

CAPEX Capital Expenditure

CO2 Dióxido de carbono

COP Peso Colombiano

ECM Energy Conservation Measure

EE Eficiencia Energética

FNCER Fuentes No Convencionales de Energía Renovables

GEI Gas Efecto Invernadero

HP Horsepower

HVAC Heating Ventilation and Air Contioned

IDEn Indicador de Desempeño Energético

IGA Investment Grade Audit

ISO International Standard Organization

kV Kilovoltio

kW Kilowatt

kWh Kilowatt hora

LED Light Emitting Diode

MCOP Millones de pesos colombianos

NDC Contribución Determinada Nacional

NTC Norma Técnica Colombiana

PBP Payback Period

USE Uso Significativo de Energía

UCI Unidad de Cuidados Intensivos

V Voltio

WTA Walk Through Audit

# Resumen ejecutivo

El objetivo general de este estudio es llevar a cabo una auditoría energética de recorrido en el Hospital El Tintal con el fin de validar y recopilar información para el análisis de los patrones de uso y consumo de energía, además de identificar y evaluar medidas de eficiencia energética destinadas a la reducción del consumo energético a nivel de prefactibilidad. Los objetivos específicos incluyen la caracterización energética de la edificación mediante la recopilación de datos históricos de consumo energético y un censo de cargas de energía, así como el establecimiento de una línea de base para el consumo energético y la propuesta de indicadores de desempeño energético que permitan cuantificar futuras reducciones en el consumo de energía, las etapas que se desarrollaron durante esta auditoría y sus resultados fueron los siguientes:

* Recopilación de datos y caracterización energética

La edificación se encuentra actualmente catalogada como un consumidor en el mercado regulado, lo que implica que el Hospital El Tintal no goza de flexibilidad en la gestión de tarifas ni en la contratación de energía. Durante esta fase, se procedió a la recopilación exhaustiva de datos relativos a los servicios energéticos y de agua empleados en las instalaciones hospitalarias. A continuación, se presenta un resumen conciso de los resultados obtenidos en dicho proceso de recopilación:

**Distribución de costos del Hospital El Tintal por servicio a base de datos del año 2022:**

* un 86% - energía eléctrica
* un 9% - gas natural y
* un 5% - agua.
* El 71,5% del consumo de energía eléctrica está relacionado con equipos HVAC (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado), y a los sistemas de iluminación.
* En el caso del gas natural, el 100% del consumo se atribuye a la caldera de 30 BHP.
* En cuanto al consumo de agua, no existe medición que permita determinar el desglose por áreas o equipos, por lo que se categorizó como consumo interno del hospital.
* La dimensión y ocupación del edificio abarca un área de 8.476 metros cuadrados construidos, 270 empleados en el hospital, una ocupación de camas promedio de 77% de un total de 92 camas y alrededor de 2050 personas atendidas en el mes.
* Establecimiento de línea base e indicadores

En el contexto hospitalario, una de las variables no controlables que mayor impacto ejerce en el consumo de servicios, es el porcentaje de ocupación de camas, la cual se registra con frecuencia mensual en el Hospital El Tintal. Por lo tanto, se optó por emplear el porcentaje de camas ocupadas para la creación de las líneas de base y las líneas de meta. Para los consumos de gas natural y energía eléctrica se establecieron dos modelos para cada servicio: uno correspondiente a la línea de base, utilizado como base comparativa para el seguimiento de los indicadores de desempeño energético propuestos, y otro vinculado a la línea de meta, concebido para estimar el potencial de ahorro mediante el control operacional (consultar términos y definiciones en el apartado 1.4).

Por otra parte, se utilizaron las pautas de la Guía de Construcción Sostenible[[1]](#footnote-2) para la categoría de hospitales, en cuanto al consumo de agua y energía eléctrica. Se observó que el consumo de energía eléctrica en el Hospital Simón Bolívar está un 74,4% por debajo de la referencia, mientras que el consumo de agua está un 98,5% por debajo.

Se propusieron indicadores energéticos y ambientales específicos: para la energía eléctrica se sugieren indicadores como el consumo por metro cuadrado por año, el desempeño de energía eléctrica, el indicador de desempeño base 100 y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), además de un indicador comparativo de consumo de energía aplicable entre hospitales; para el gas natural se proponen el desempeño de gas natural, el indicador base 100 y las emisiones GEI, y finalmente, para el agua, se propone únicamente el indicador de consumo por persona por año.

Es importante mencionar que para el consumo de agua se buscó establecer los modelos de línea base y línea meta. Sin embargo, debido a que no se cuentan con registros confiables de consumo de agua en el hospital, no fue posible establecer un modelo de consumo de agua por % de camas ocupadas en El Tintal.

* Identificación y priorización de medidas de eficiencia energética

A partir del análisis de los datos recopilados y la información obtenida durante el recorrido, se han identificado un total de 10 medidas de eficiencia energética que tienen el potencial de reducir los costos anuales de energía eléctrica y gas natural. Estas iniciativas requieren una inversión estimada de alrededor de 187 millones de pesos (MCOP), con beneficios significativos. Entre los beneficios se incluye un ahorro proyectado de 57.240 kWh/año en energía eléctrica, un ahorro de 6.913 m3/año en gas natural, un ahorro económico estimado de 56 MCOP anuales, además de una notable reducción de emisiones de efecto invernadero de aproximadamente 42 toneladas de CO2.

En términos de **prioridad**, se sugiere las siguientes intervenciones:

1. Sustitución tecnológica de calderas de generación de vapor por calentadores de agua a gas.
2. Ajuste de parámetros de operación de la caldera (Optimización de la combustión).
3. Uso de sensores de movimiento para control de luminarias en zonas poco transitadas del hospital.
4. Independización de circuitos eléctricos correspondiente a luminarias (Sectorización de circuitos).
5. Implementación de un sistema de gestión energética en línea para el control operacional del desempeño energético.

Debido a su alto impacto económico. Otras medidas de segunda prioridad serían:

1. Uso de fotoceldas para control de iluminación en zonas con amplia iluminación natural.
2. Sustitución tecnológica de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia.
3. Alineación y ajuste de correas de transmisión en sistemas de ventilación.
4. Instalación de frenos regenerativos en motores de ascensores.
5. Implementación de políticas de cero consumos de papel para reducir uso de impresoras.

# 1. Generalidades

### 1.1 Introducción

Colombia se considera un país altamente vulnerable al cambio climático, motivo por el cual realizo el compromiso NDC (Contribución Determinada a Nivel Nacional), para reducir en un 51 % las emisiones de Gases de Efecto Invernadero a 2030, y avanzar hacia la neutralidad de carbono para el año 2050.

En el panorama nacional, se ha reconocido la necesidad de incorporar y promover criterios de sostenibilidad y de gestión eficiente de la energía en diferentes sectores con especial énfasis en las entidades públicas. De acuerdo con el artículo 30 de la Ley 1715 de 2014 (modificado por el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023), el Gobierno y las administraciones públicas deberán realizar una auditoría energética de sus instalaciones, en un plazo no superior a un año a partir de la entrada en vigor, con una periodicidad de cuatro años (4) con el fin de establecer objetivos de ahorro en el consumo de energía. Estos ahorros deberán ser de mínimo un 15% respecto al consumo del año anterior para el primer año, y a partir del segundo año se establecerán metas escalonadas con base en los resultados de la auditoría las cuales deberán ser alcanzadas a más tardar en el año 2026.

A nivel local, en el año 2020, la Alcaldía de Bogotá aprobó el Plan de Acción Climática de Bogotá́ 2020-2050 donde se compromete a reducir sus emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) al 50% en 2030 sobre la línea de referencia para llegar a un escenario neutro de emisiones en el 2050. En particular, la Alcaldía de Bogotá se comprometió a: 1) implementar soluciones energéticas alternativas basadas en Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) en infraestructura y vivienda; y 2) mejorar la eficiencia energética (EE) en edificaciones existentes, lo que permitiría alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de GEI del 2030.

La auditoría energética de recorrido para el Hospital El Tintal se desarrolla bajo el marco del acuerdo firmado entre Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e Integration Environment &Energy GmbH (INT) correspondiente al contrato # 81292974 del C40 Cities Finance Facility (CFF) – Technical Assistance and Capacity Development for Low Carbon Energy Generation and Energy Efficiency Projects para la ciudad de Bogotá, en donde se priorizaron diez (10) edificaciones de una base de datos de 105 edificaciones a partir de criterios establecidos en conjunto con GIZ y la SDA.

El presente informe tiene como objeto realizar una auditoría energética de recorrido (WTA) en el Hospital El Tintal de Bogotá, la cual se enmarca en un esfuerzo integral para mejorar la eficiencia energética de las edificaciones públicas. Este informe presenta una visión desde el ámbito energético de la edificación, analizando aspectos clave del funcionamiento como los sistemas de iluminación, ventilación y aire acondicionado (HVAC), calderas, bombas, compresores, equipos ofimáticos y otros equipos que inciden significativamente en el consumo de energía.

La metodología para llevar a cabo la auditoría de recorrido se describe en el anexo 1 (Metodología de trabajo WTA - EE) en donde se detalla el paso a paso de las actividades realizadas en auditorías energéticas de recorrido. A lo largo de este documento, se proporcionará una descripción breve del edificio, se examinará los usos y consumos de energía para la edificación, para luego identificar los usos significativos de energía (USE) y se establecerá una línea base. Además, se presentarán diversas medidas de eficiencia energética que fueron identificadas, cada una de las cuales serán evaluadas en términos de su prefactibilidad técnica y económica, que posteriormente serán priorizadas considerando criterios como como el período de recuperación de la inversión, potencial de ahorro y la inversión estimada para la implementación de las medidas.

### 1.2 Objetivo

Realizar una auditoría energética de recorrido en el Hospital El Tintal que permita validar y obtener información para el análisis de los usos y consumos de energía e identificar, evaluar y priorizar medidas de eficiencia energética para reducir el consumo de energía a nivel conceptual.

### Objetivos específicos

Para el presente estudio se definen los siguientes objetivos específicos.

* Objetivo específico 1

Realizar la caracterización energética de la edificación a partir del levantamiento de información histórica de consumos de energía y el censo de cargas de energía.

* Objetivo específico 2

Establecer una línea de base de consumo de energía y proponer los indicadores de desempeño energético que permitirán cuantificar la reducción de consumo de energía a futuro.

* Objetivo específico 3

Identificar medidas de eficiencia energética aplicables a la edificación considerando aspectos operacionales y tecnológicos para su evaluación técnica y económica a nivel de prefactibilidad.

* Objetivo específico 4

Priorizar las medidas de eficiencia energética evaluadas teniendo en cuenta los indicadores económicos sugeridos: Potencial de ahorro, período de retorno de inversión y la inversión estimada.

### 1.3 Alcance

El alcance físico de la auditoría de recorrido se desarrolla en las instalaciones del Hospital El Tintal, ubicado en la dirección Calle 10 # 86-58, tal como se ilustra en la Figura 1. Este edificio consta de tres niveles con diversas áreas funcionales que incluyen urgencias, consulta externa, laboratorios clínicos, hospitalización, servicios quirúrgico-obstétricos, unidades de cuidados intensivos pediátricos y apoyo diagnóstico. Es importante destacar que el enfoque principal del Hospital es la atención pediátrica y la atención a mujeres embarazadas, lo que se refleja en sus 47 camas destinadas a hospitalización pediátrica y 33 camas para hospitalización general. Además, el Hospital dispone de dos quirófanos y dos salas de parto.

**Figura 1 Vista satelital de los límites del Hospital El Tintal**

El alcance técnico de la auditoría energética de recorrido incluirá los siguientes aspectos:

* Caracterización de los usos y consumo de energía en la edificación
* Identificación de los Usos Significativos de Energía (USE)
* Elaboración de línea de base energética
* Definición de indicadores de desempeño energético
* Identificación y evaluación de las medidas de eficiencia energética en eficiencia energética a nivel prefactibilidad a partir de ingeniería conceptual
* Priorización de medidas de eficiencia energética identificadas

### 1.4 Términos y definiciones

Definiciones tomadas de la norma NTC: ISO 50001:2019 y la NTC ISO 50002:2018.

**AUDITORÍAS ENERGÉTICAS:** Inspección y análisis sistemático del uso de energía y el consumo de energía de los objetos auditados, con el propósito de identificar los flujos de energía y las medidas potenciales para mejorar el desempeño energético e informarlos

**CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA:** Procedimiento de análisis cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la eficiencia con que la empresa administra y usa la energía en su proceso productivo, y que permite evaluar la situación energética actual; determinando las anomalías presentadas en cuanto al consumo energético real y los focos de desperdicio energético.

**CONSUMO DE ENERGÍA:** Cantidad de energía utilizada en una unidad de tiempo dada.

**DESEMPEÑO ENERGÉTICO:** Resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía.

*NOTA 1: En el contexto de los sistemas de gestión de la energía los resultados se pueden medir respecto a la política, objetivos y metas energéticas y a otros requisitos de desempeño energético.*

*NOTA 2: El desempeño energético es uno de los componentes del desempeño de un sistema de gestión de la energía.*

**EFICIENCIA ENERGÉTICA:** Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.

EJEMPLO: Eficiencia de conversión; energía requerida/energía utilizada; salida/entrada; valor teórico de la energía utilizada/energía real utilizada.

NOTA: Tanto la entrada como la salida necesitan ser claramente especificadas en cantidad y calidad y ser medibles.

**ENERGÍA:** Electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros similares.

*NOTA 1: La energía se refiere a varias formas de energía, incluyendo la renovable, la que puede ser comprada, almacenada, tratada, utilizada en equipos o en un proceso o recuperada.*

*NOTA 2: La energía puede definirse como la capacidad de un sistema de producir una actividad externa o de realizar trabajo.*

**GESTIÓN:** Coordinación de todos los recursos disponibles para conseguir determinados objetivos, implica amplias y fuertes interacciones fundamentalmente entre el entorno, las estructuras, el proceso y los productos que se deseen obtener.

**GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI):** Aquellos que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. Tienen una concentración atmosférica baja, pero con gran importancia en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta. Los gases de invernadero más importantes son: vapor de agua, dióxido de carbono (CO2) metano (CH4), óxido nitroso (N2O) clorofluorocarbonos (CFC) y ozono (O3).

El incremento en la concentración de los gases de invernadero debido a actividades humanas es una de las causas probables del aumento de la temperatura media global.

**INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO (IDEn):** Valor cuantitativo o medida del desempeño energético según lo define la organización.

*NOTA: Los indicadores de desempeño energético IDEn pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo.*

**LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA (LB):** Referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación del desempeño energético.

**USO SIGNIFICATIVO DE LA ENERGÍA (USE):** Uso de la energía que ocasiona un consumo de energía sustancial y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético.

**CONTROL OPERACIONAL:** El "control operacional" se refiere al conjunto de acciones planificadas y actividades realizadas para garantizar que los procesos, sistemas y equipos relacionados con el uso de energía se ejecuten de manera eficiente y de acuerdo con los objetivos energéticos establecidos. Esto implica supervisar, medir y ajustar continuamente las operaciones con el propósito de mejorar el rendimiento energético, minimizar el consumo de energía y reducir el impacto ambiental de las actividades de una organización.

# 2. Caracterización de la edificación

### 2.1 Características generales de la edificación

El Hospital El Tintal forma parte de la subred suroccidente y se especializa en la atención pediátrica y de mujeres gestantes. Ubicado en la Calle 10 #86-58 en Bogotá, fue construido en el 2015 y cuenta con un total de 270 empleados. Ofrece servicios de urgencias, hospitalización y cirugía. La instalación dispone de 47 camas de hospitalización pediátrica, 33 camas de hospitalización general y 12 incubadoras de cuidado intermedio neonatal, sumando un total de 92 camas en el hospital. Además, cuenta con 2 salas de quirófanos y 2 salas de parto, como se detalla en la Tabla 1.

**Figura 2. Características constructivas del edificio.**

La institución se dedica a proporcionar servicios médicos de alta calidad a la comunidad de la ciudad y sus zonas circundantes. Atiende un promedio de 2.050 pacientes al mes con una ocupación de camas promedio del 85% durante 2022 y del 84% en lo que va de 2023.

En cuanto a las instalaciones, el hospital cuenta con una cafetería, salas de descanso, un auditorio para eventos y reuniones, y una cocina cuya función se limita a la recepción, mantenimiento en caliente y servicio de alimentos a los pacientes, ya que la preparación de estos ha sido tercerizada.

La estructura del edificio se caracteriza por estar construida con ladrillo y concreto, con coeficientes de conductividad térmica que varían entre 0,39 y 1,67 W/m°C para el ladrillo y entre 0,8 y 1,2 W/m°C para el concreto. Además, es relevante mencionar que una amplia área de la envolvente está cubierta por ventanería, como se observa en la Figura 2.

Internamente, el hospital consta de 3 pisos, cada uno con áreas dedicadas a urgencias, consulta externa, laboratorios clínicos, hospitalización, servicios quirúrgico-obstétricos, unidades de cuidados intensivos pediátricos y apoyo diagnóstico. En las áreas contiguas se cuenta con espacios de estacionamiento para el personal y visitantes. El hospital opera las 24 horas del día, los 7 días de la semana.

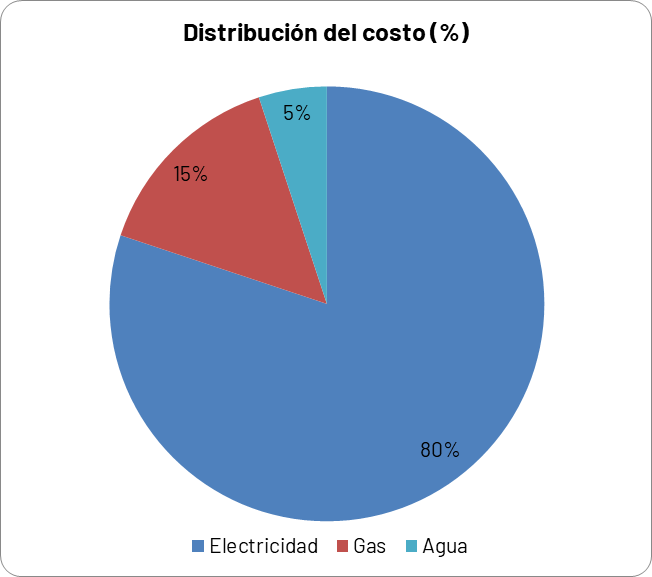
**Tabla 1. Distribución de camas del Hospital El Tintal**

|  |  |
| --- | --- |
| Número Habitaciones pediátricas | 47 |
| Número de habitaciones generales | 33 |
| Número de camas UCI neonatal | 12 |
| Pacientes atendidos mensualmente | 2.050 |
| Obstetricia | |
| Salas de parto | 2 |
| Urgencias | |
| Camillas de observación adultos | 12 |
| Camillas de observación pediátrica | 8 |
| Servicio quirúrgico | |
| Salas de quirófano | 2 |

### 2.2 Características energéticas de la edificación

En cuanto al suministro de energía, la institución se abastece principalmente de electricidad y gas natural, utilizando diésel como fuente de respaldo para los generadores y para llevar a cabo pruebas de disponibilidad. El suministro de agua potable se gestiona mediante dos bombas centrífugas que toman agua de tanques de almacenamiento de la red pública y se destina para la generación de vapor, duchas calientes en pacientes, consumo interno, entre otros.

**Figura 3. Distribución de costos energéticos facturados**



El suministro energético primario del Hospital El Tintal proviene de la red eléctrica nacional, operada por Enel Colombia S.A. E.S.P. Este suministro se distribuye internamente en dos niveles de tensión: un nivel primario de 11,4 kV y un nivel secundario de 214-124 V que se ajusta a partir de un transformador de 175 kVA. Los costos de energía eléctrica representan el 80% del total de servicios públicos.

En lo que respecta a los suministros de gas y agua, el gas natural es empleado por las calderas para la generación de vapor, representando aproximadamente el 15% de los costos mensuales de facturación de los servicios públicos. Por otro lado, el agua se utiliza tanto para la generación de vapor como para el consumo interno del hospital, constituyendo aproximadamente el 5% de los costos mensuales en las facturas de servicios públicos, como se observa en la Figura 3.

En relación con los datos de consumo de energía eléctrica recopilados, la edificación se encuentra actualmente clasificada como un consumidor regulado, lo que implica que el Hospital carece de flexibilidad en términos de negociación de tarifas y contratación de energía.

En la Tabla 2 se detallan las tarifas promedio correspondientes al período comprendido entre enero de 2022 y junio de 2023 para cada uno de los servicios utilizados por el Hospital.

**Tabla 2. Tarifas promedio del periodo reportado, (enero 2022 a junio de 2023)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Energético** | **Tarifa** | **Unidades** |
| Electricidad | $ 577,53 | [$COP/kWh] |
| Gas Natural | $ 2.394,79 | [$COP/m³] |
| Agua | $ 3.081,02 | [$COP/m³] |

## 2.3 Perfil de consumo energético de la edificación

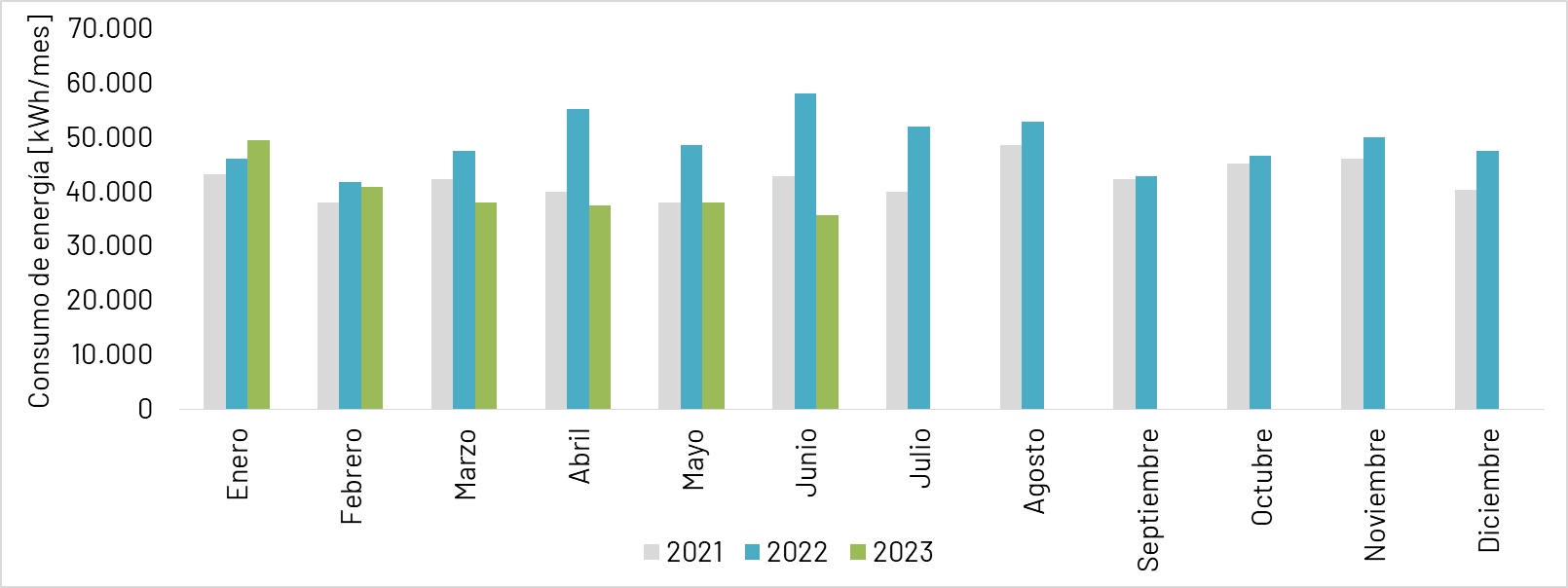
A continuación, en la Tabla 3, se muestran el porcentaje de camas ocupadas desde enero del año 2021 hasta junio del 2023, así como el detalle de los consumos y los costos de energía eléctrica, gas natural y agua facturados durante el período evaluado.

**Tabla 3. Registro de número de pacientes, consumos y costos mensuales de servicios en el Hospital Santa Clara**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| FECHA | Porcentaje de camas ocupadas | Consumo EE | Costos EE | Consumo GN | Costos GN | Consumo Agua | Costos Agua |
| [kWh/mes] | [$COP/mes] | [m3/mes] | [$COP/mes] | [m3/mes] | [$COP/mes] |
| Ene 2021 | 52% | 43.200 | $ 18.677.684 |  |  |  |  |
| Feb 2021 | 49% | 37.920 | $ 16.476.832 |  |  |  |  |
| Mar 2021 | 49% | 42.240 | $ 19.088.095 |  |  |  |  |
| Abr 2021 | 78% | 39.840 | $ 18.111.567 |  |  |  |  |
| May 2021 | 59% | 37.920 | $ 17.342.151 |  |  |  |  |
| Jun 2021 | 77% | 42.720 | $ 19.654.583 |  |  |  |  |
| Jul 2021 | 76% | 39.840 | $ 18.439.534 |  |  |  |  |
| Ago 2021 | 72% | 48.480 | $ 22.573.098 |  |  |  |  |
| Sep 2021 | 92% | 42.240 | $ 19.785.655 |  |  |  |  |
| Oct 2021 | 90% | 45.120 | $ 21.261.487 |  |  |  |  |
| Nov 2021 | 79% | 46.080 | $ 22.148.135 |  |  |  |  |
| Dic 2021 | 9% | 40.320 | $ 19.767.211 |  |  |  |  |
| Ene 2022 | 66% | 46.080 | $ 23.042.921 | 1.650 | $ 3.276.587 | 784 | $ 2.170.112 |
| Feb 2022 | 63% | 41.760 | $ 21.195.889 | 1.890 | $ 3.923.262 | 784 | $ 2.185.792 |
| Mar 2022 | 87% | 47.520 | $ 24.481.254 | 1.880 | $ 3.531.881 | 182 | $ 517.790 |
| Abr 2022 | 98% | 55.200 | $ 28.949.701 | 2.130 | $ 4.629.512 | 194 | $ 573.076 |
| May 2022 | 96% | 48.480 | $ 25.883.045 | 1.946 | $ 4.093.392 | 543 | $ 1.614.882 |
| Jun 2022 | 89% | 58.080 | $ 31.566.550 | 2.000 | $ 4.486.220 | 543 | $ 1.602.936 |
| Jul 2022 | 89% | 51.840 | $ 28.738.603 | 2.248 | $ 4.961.336 | 543 | $ 1.611.081 |
| Ago 2022 | 88% | 52.800 | $ 29.856.214 | 2.183 | $ 5.156.246 | 543 | $ 1.636.602 |
| Sep 2022 | 85% | 42.720 | $ 24.639.520 | 1.891 | $ 4.465.218 | 543 | $ 1.647.462 |
| Oct 2022 | 86% | 46.560 | $ 27.015.434 | 2.660 | $ 6.407.940 | 543 | $ 1.647.462 |
| Nov 2022 | 85% | 49.920 | $ 28.965.002 | 1.990 | $ 5.110.320 | 543 | $ 1.648.005 |
| Dic 2022 | 84% | 47.520 | $ 27.572.454 | 2.483 | $ 6.375.376 | 543 | $ 1.656.150 |
| Ene 2023 | 52% | 49.480 | $ 29.002.043 | 1.254 | $ 3.195.380 |  |  |
| Feb 2023 | 76% | 40.870 | $ 24.316.665 | 1.085 | $ 2.869.787 |  |  |
| Mar 2023 | 83% | 38.030 | $ 23.074.798 | 2.001 | $ 5.486.302 |  |  |
| Abr 2023 | 104% | 37.480 | $ 23.238.368 | 1.841 | $ 4.726.823 |  |  |
| May 2023 | 103% | 38.030 | $ 23.865.805 | 2.033 | $ 5.096.121 |  |  |
| Jun 2023 | 105% | 35.560 | $ 22.601.220 | 1.794 | $ 4.497.020 |  |  |
| Promedio | **77,4%** | **44.462** | **$ 23.377.717** | **1.942** | **$ 4.571.596** | **524** | **$ 1.542.613** |

Energía Eléctrica

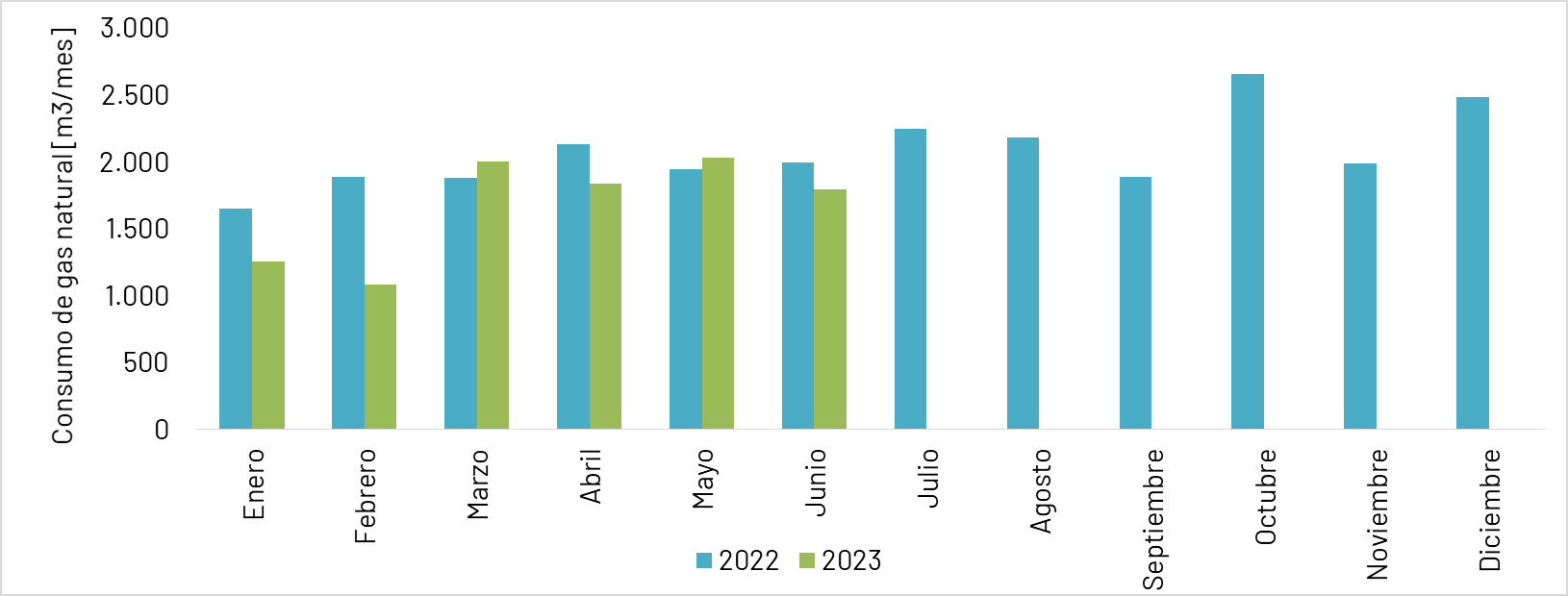
De acuerdo con la información presentada en la Tabla 3, se evidencia que el consumo de energía eléctrica promedio del período comprendido entre enero del 2021 hasta junio del 2023 es de 44.642 kWh/mes con un costo promedio mensual de $23.377.717. En la Figura 4. Se muestra la tendencia del consumo mensual en el periodo evaluado.



**Figura 4. Tendencia de consumo de energía eléctrica mensual desde enero de 2021 a junio de 2023**

Gas Natural

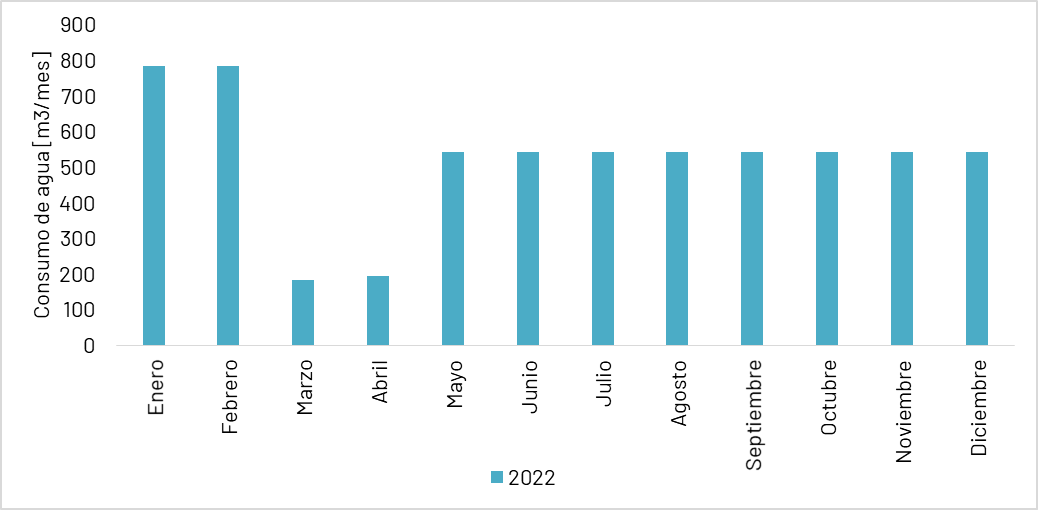
De acuerdo con la información presentada en la Tabla 3, se evidencia que el consumo de gas natural promedio del período reportado es de 1.942m3/mes con un costo promedio mensual de $4.571.596. En la Figura 5. Se muestra la tendencia del consumo mensual en el periodo evaluado.



**Figura 5. Tendencia de consumo de gas natural mensual desde e****nero de 2022 hasta diciembre de 2022.**

Agua potable

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 3, se evidencia que el consumo de agua promedio del período es de 524m3/mes con un costo promedio mensual de $1.542.613. En la Figura 6. Se muestra la tendencia del consumo mensual en el periodo evaluado. Es importante resaltar que a la fecha no se cuenta con acceso a las facturas de consumo de agua potable, por lo que se considera que los consumos de agua reportados desde mayo a diciembre pueden ser datos atípicos debido a que permanecen constantes en 543 m3/mes



**Figura 6. Tendencia de consumo de agua mensual desde enero de 2022 a junio de 2023.**

# 3. Uso y consumo de la energía

### 3.1 Distribución de consumos e identificación de Usos Significativos de Energía (USE)

Los Usos Significativos de Energía (USE) se refieren a aquellos equipos, sistemas o procesos que generan un consumo notable de energía o que poseen un potencial significativo para mejorar el rendimiento energético.

La identificación de los USE se lleva a cabo mediante la aplicación de la Ley de Pareto, con el objetivo de determinar el 20% de los equipos, sistemas o procesos en la edificación que consumen aproximadamente el 80% de los distintos tipos de energía utilizados en los procesos, o que concentran pérdidas significativas de energía y costos elevados asociados.

Para lograr esto, se crea el Diagrama de Pareto, que se representa a través de un gráfico de barras que muestra los consumos de energía y las pérdidas de cada uno de los equipos de uso final, sistemas o procesos, organizados de mayor a menor valor. Se utiliza un gráfico de línea en el eje secundario para mostrar el porcentaje acumulado hasta el 100% del consumo total de la edificación. De esta manera, se puede identificar visualmente cuáles son los equipos o áreas que pueden considerarse como USE.

A continuación, se presenta la distribución de los consumos, categorizados según las áreas o grupos de equipos correspondientes, tanto en términos de energía eléctrica, gas natural y agua.

### 3.1.1 Energía Eléctrica

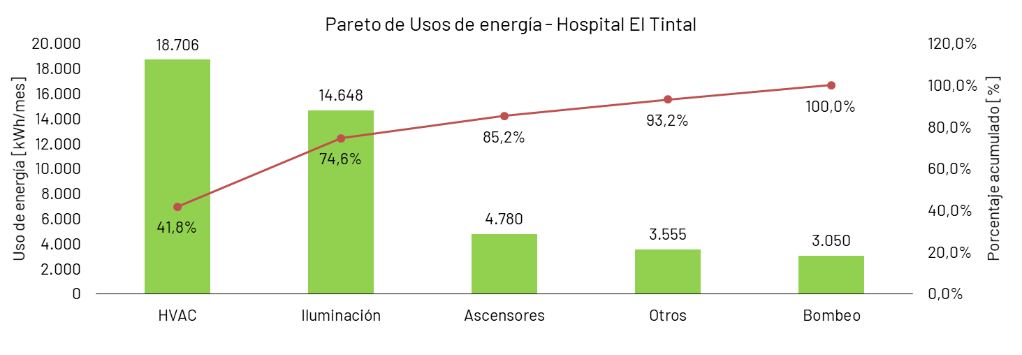
Los equipos o usos finales de energía eléctrica se han clasificado en grupos que abarcan, entre otros, sistemas de refrigeración, HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), iluminación, dispositivos de oficina, sistemas de bombeo y cualquier otro equipo identificado en las instalaciones que genere consumo de energía eléctrica. La Figura 7 muestra los grupos de equipos o usos de energía identificados durante la auditoría y los porcentajes calculados según el censo de cargas, representando cada grupo en relación con el consumo total de energía eléctrica del hospital.

**Figura 7. Distribución del consumo de energía eléctrica**

Los datos de los grupos de equipos y sus niveles de consumo respectivos se detallan en la Tabla 4, la cual se utiliza como referencia para la elaboración del diagrama de Pareto, que se presenta en la Figura 8.

**Tabla 4. Distribución del consumo de energía eléctrica por grupo de equipos.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Equipos** | **Consumo [kWh/mes]** | **Distribución [%]** |
| HVAC | 18.706 | 41,81% |
| Iluminación | 14.648 | 32,74% |
| Ascensores | 4.780 | 10,68% |
| Otros | 3.555 | 7,95% |
| Bombeo | 3.050 | 6,82% |



**Figura 8. Pareto de energía eléctrica por grupos de equipos en el Hospital El Tintal.**

El análisis de Pareto proporciona una visión clara de los principales consumidores de energía eléctrica en el edificio, los cuales se dividen en las siguientes categorías: equipos HVAC y sistemas de iluminación.

* **Equipos HVAC:** Se estima que aproximadamente el 42% del consumo de energía eléctrica en el hospital corresponde a equipos de aire acondicionado, incluyendo condensadoras y manejadoras, así como equipos de ventilación y recirculación de aire. Este grupo está compuesto por un conjunto de 18 equipos de ventilación mecánica con potencias que varían entre 2HP y 3HP. Estos equipos desempeñan un papel crucial en la creación y mantenimiento de un ambiente óptimo en las instalaciones, garantizando una circulación adecuada del aire y manteniendo su calidad para cumplir con los estándares de seguridad hospitalaria.
* **Iluminación:** El Hospital El Tintal cuenta con 675 luminarias tipo LED, con una potencia promedio de 35W, representando aproximadamente el 32% del consumo total de energía eléctrica del hospital.

### 3.1.2 Gas Natural

En cuanto al gas natural, su consumo se limita a la caldera Continental de 30 BPH, cuyo vapor generado se utiliza únicamente para procesos de calentamiento de agua. Otros servicios como esterilización o lavandería, que serían consumidores de vapor, se tienen tercerizados

**Tabla 5. Distribución de consumo de gas por áreas**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Equipos** | **Consumo [m³/mes]** | **Distribución [%]** |
| Calderas | 2.022 | 100% |

### 3.1.3 Agua

Debido a que solo se cuenta con la medición del comercializador, no se cuenta con el consumo de agua en diferentes áreas. Por lo tanto, se infiere que el consumo de agua del hospital se destina al consumo interno y al agua de alimentación de la caldera para la generación de vapor.

**Tabla 6. Distribución del consumo de agua en el Hospital El Tintal**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Equipos o área** | **Consumo [m³/mes]** | **Distribución [%]** |
| Consumo interno | 524 | 100% |

Como se puede observar, no se ha elaborado un gráfico de Pareto ni para el consumo de gas natural ni para el uso del agua, y esto obedece a razones simples. En el caso del gas natural, la escasa diversidad de aplicaciones, limitándose únicamente a la caldera Continental, hace que un análisis jerarquizado resulte innecesario.

Por otro lado, en lo que respecta al agua, la falta de una categorización detallada por áreas dificulta la identificación de los puntos donde se concentra el mayor consumo de este recurso. Esta carencia de información precisa hace que la creación de un gráfico de Pareto efectivo sea una tarea fuera del alcance de este estudio.

# 4. Línea de base energética e indicadores de desempeño energético

La línea de base energética es una referencia que permite caracterizar el comportamiento energético de un proceso dentro del periodo base que lo representa. La línea base puede ser establecida a partir de un modelo estadístico, considerando las variables relevantes que afectan el consumo y que son no controlables (grados día, nivel de ocupación, número de pacientes atendidos, etc.). Este modelo estadístico en función de las variables no controlables para el desempeño energético permite normalizar la comparación de las variaciones de los consumos de energía, entre las condiciones reales actuales y las condiciones en que fue realizada la línea base.

Por otra parte, un indicador de desempeño energético – IDEn, es un valor cuantitativo o una medida del desempeño energético, tal como lo defina la entidad, que permite monitorear y controlar los procesos operacionales, así como también alertar de las desviaciones, cambios o eventos inesperados que incrementen o disminuyan el desempeño energético en las áreas o procesos en las cuales es medido. Éstos pueden reflejar el desempeño energético en los usos y consumos de energía o la eficiencia energética.

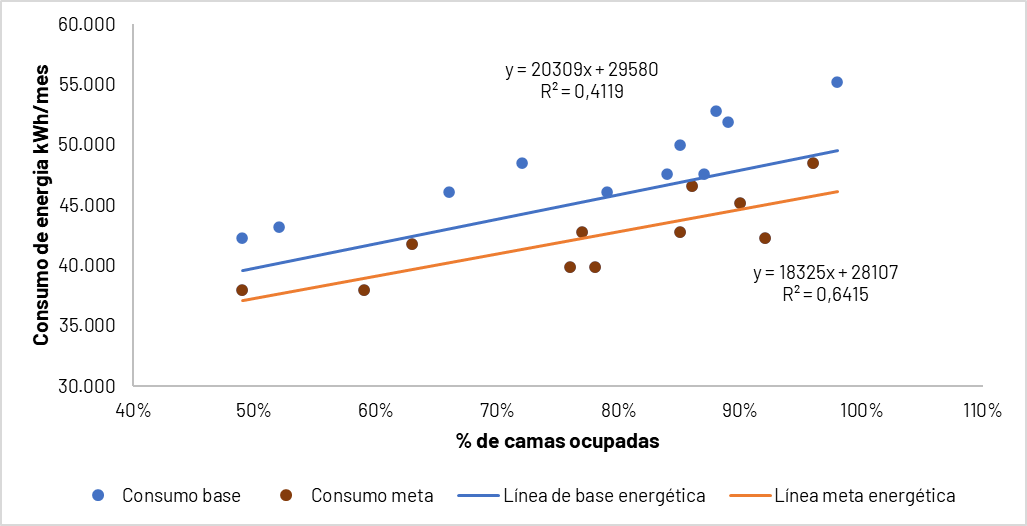
El indicador de desempeño debe reflejar los cambios en el desempeño energético en relación con la línea de base energética. La comparación con el valor que se busca lograr es precisa, cuando las diferencias se deben únicamente a los aspectos que se están evaluando, como los cambios en el consumo energético o la eficiencia de los equipos.

Considerando que el mayor USE del Hospital El Tintal son los equipos HVAC, y los sistemas de iluminación, que en conjunto representan 71,5% del consumo de la edificación, se identifican como variables significativas no controlables el porcentaje de ocupación de camas o el número de pacientes atendidos en el mes. Actualmente, se cuenta con información mensual sobre los consumos registrados en las facturas y un registro mensual de porcentaje de camas ocupadas, los cuales se correlacionarán para la construcción de los modelos de línea de base. Para establecer la línea de meta, se considerarán aquellos valores de consumo que se sitúan por debajo de la línea de base, y se llevará a cabo una correlación con estos.

### 4.1 Línea de base energética – Energía Eléctrica

Para el Hospital El Tintal, se cuentan con registros de consumo desde enero de 2021 hasta junio de 2023, como se muestra en la sección 2.3, Tabla 3. Como se explicó anteriormente, estos consumos se correlacionarán con los registros de porcentajes de camas ocupadas cada mes, los cuales también se disponen desde 2021 hasta junio de 2023. Los modelos utilizados para la línea de base y la línea de meta se presentan en la Figura 9.

En la elaboración de los modelos, se llevó a cabo un proceso de depuración de los datos iniciales, eliminando aquellos puntos atípicos o que no concordaban con el patrón de comportamiento normal del hospital. Se excluyeron los datos correspondientes a los meses de diciembre de 2021, así como junio de 2023.



**Figura 9. Línea de base y línea meta de energía eléctrica para el Hospital El Tintal**

Para la línea base de consumo de energía eléctrica en el hospital se obtiene el siguiente modelo de regresión lineal de la forma :

Este modelo presenta un coeficiente de correlación de 41.2%, los coeficientes del modelo indican que por cada 1% de incremento en ocupación de camas, se incrementa el consumo de energía en 203,31 kWh/mes, mientras que independiente del número de camas ocupadas, el hospital consume en promedio 29.579 kWh/mes que representa alrededor del 60% del consumo del hospital, esto se evidencia como los puntos azules dentro de la Figura 9.

Los puntos naranjas son indicados como los valores con mejor comportamiento energético, a partir esto datos se construye el modelo de línea meta:

El modelo de línea meta presenta un coeficiente de correlación de 64.1%, indicando que por cada 1% de incremento en ocupación de camas, se incrementa el consumo de energía en 183,25 kWh/mes, reduciendo el consumo variable por ocupación de camas ocupadas en el hospital, mientras que para el consumo no asociado al número de camas ocupadas también se estima reducir a 28.106,67 kWh/mes.

La comparación del valor de la línea base y del valor de la línea meta evaluadas con el valor promedio de ocupación de camas del hospital (77%) permite calcular el potencial de ahorro de consumo alcanzable por acciones operacionales y de mantenimiento.

El potencial de ahorro por acciones de operación y mantenimiento por control operacional se calcula en 3.006 kWh/mes, que representa el **6,6%** respecto al consumo promedio en el periodo base, lo que se traduce en beneficios económicos estimados de $ 1.840.000 COP/mes y beneficios ambientales de aproximadamente 1.175 kgCO2\_eq/mes.

### 4.2 Indicadores de desempeño – Energía Eléctrica

De acuerdo con la definición de IDEn dada al inicio del capítulo 4, la Guía de Construcción Sostenible bajo el marco de la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, propone indicadores base para medir la mejora del consumo de energía eléctrica como se observa en la Tabla 12 donde el Hospital El Tintal entra en la categoría de Hospitales. Sin embargo, este indicador propuesto por la guía de construcción sostenible no permite llevar a cabo seguimiento apropiado del comportamiento energético del hospital, por lo que se propone tomar como referencia comparativa la línea de base energética, junto con los siguientes indicadores de desempeño energético:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Indicador de consumo [kWh/año/m2] |  | (1) |
| Desempeño de energía eléctrica [kWh/mes] |  | (2) |
| Índice de desempeño Base 100 [%] |  | (3) |
| Emisiones de GEI [tonCO2\_eq/mes] |  | (4) |
| Indicador comparativo de energía eléctrica entre hospitales |  | (5) |

**Tabla 9. Indicadores de desempeño energético (Guía de Construcción Sostenible**

**2015)**

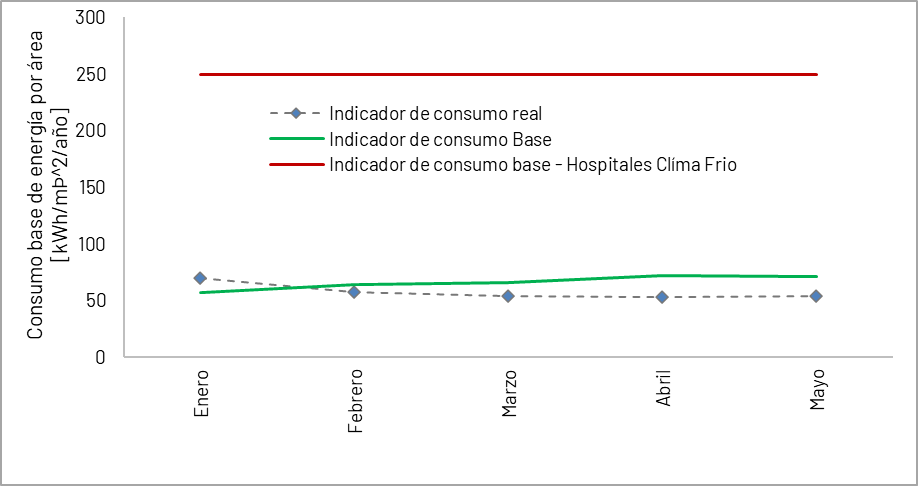
Para el Hospital El Tintal se toma el valor de referencia de Hospitales:

249,6 kWh/año/m2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| kWh/m2/año | Frío | Templado | Cálido seco | Cálido húmedo |
| Hoteles | 96,1 | 151,3 | 132,5 | 217,8 |
| Hospitales | 249,6 | 108,3 | 344,1 | 344,1 |
| Oficinas | 81,2 | 132,3 | 318,2 | 221,3 |
| Centros Comerciales | 403,8 | 187,8 | 187,8 | 231,5 |
| Educativos | 40,0 | 44,0 | 72,0 | 29,8 |
| Vivienda No VIS | 46,5 | 48,3 | 36,9 | 50,2 |
| Vivienda VIS | 44,6 | 44,0 | 34,6 | 49,3 |
| Vivienda VIP | 48,1 | 53,3 | 44,9 | 50,6 |

### 4.2.1 Indicador de consumo de energía eléctrica [kWh/año/m2]

De acuerdo con la guía de construcción sostenible, para la categoría de Hospitales como el Hospital El Tintal, se propone un índice de consumo base de 249,6 kWh/año/m2, mientras que para el periodo base se cuenta con indicador de consumo de promedio 69,4 kWh/año/m2 lo que representa una diferencia del 72,2% en el indicador tal como se observa en la Figura 10. Esto evidencia que el indicador base de la guía de construcción sostenible no es una referencia confiable para el seguimiento del comportamiento energético del hospital, debido a que no considera las condiciones particulares de funcionamiento de este hospital.

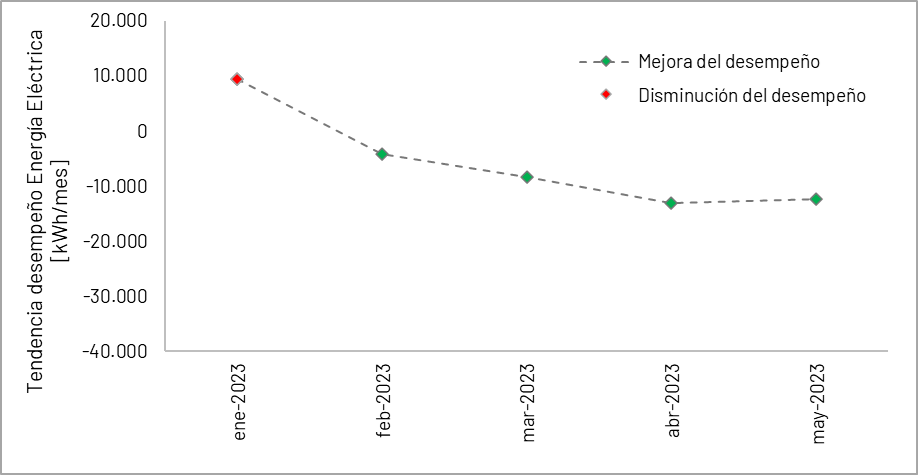


**Figura 10. Tendencia del indicador de consumo de energía eléctrica para el Hospital El Tintal**

### 4.2.2 Desempeño energético de energía eléctrica [kWh/mes]

Tal como se expresa en la ecuación (1), el desempeño energético de la energía eléctrica es la diferencia en el consumo real facturado y el consumo de la línea base.

Cuando este indicador toma valores positivos, indica que el consumo real fue mayor al consumo esperado presentando sobreconsumo de energía eléctrica, por el contrario, cuando toma valores negativos indica que el consumo real fue menor al esperado presentando comportamientos de ahorro de energía eléctrica como se observa en la Figura 11.



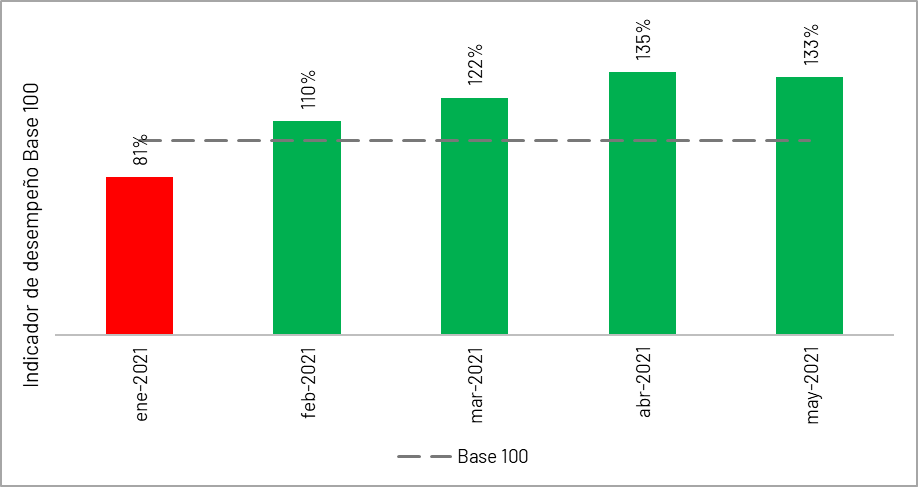
**Figura 11. Tendencia del desempeño energético en 2023 para el Hospital el Tintal.**

Se toman los valores de 2023 para mostrar el comportamiento del indicador a partir de la línea base construida. La Figura 11 muestra que para el mes de enero se tuvo un comportamiento de sobreconsumo, mientras que, para los meses siguientes, de febrero a mayo, se tuvo comportamientos de ahorro de energía.

### 4.2.3 Indicador de Desempeño Base 100 de energía eléctrica

De acuerdo con la ecuación (4), el desempeño energético se presenta como una razón entre el consumo base de la línea base y el consumo real facturado y se indica en términos de porcentaje.

Cuando este indicador toma valores por debajo de 100%, indica que se fue menos eficiente con respecto al consumo esperado en la línea base, por el contrario, cuando toma valores por encima de 100% indica que se fue más eficiente con respecto al consumo esperado en la línea base, como se observa en la Figura 12.



**Figura 12. Indicador de desempeño de energía eléctrica Base 100 para el Hospital el Tintal.**

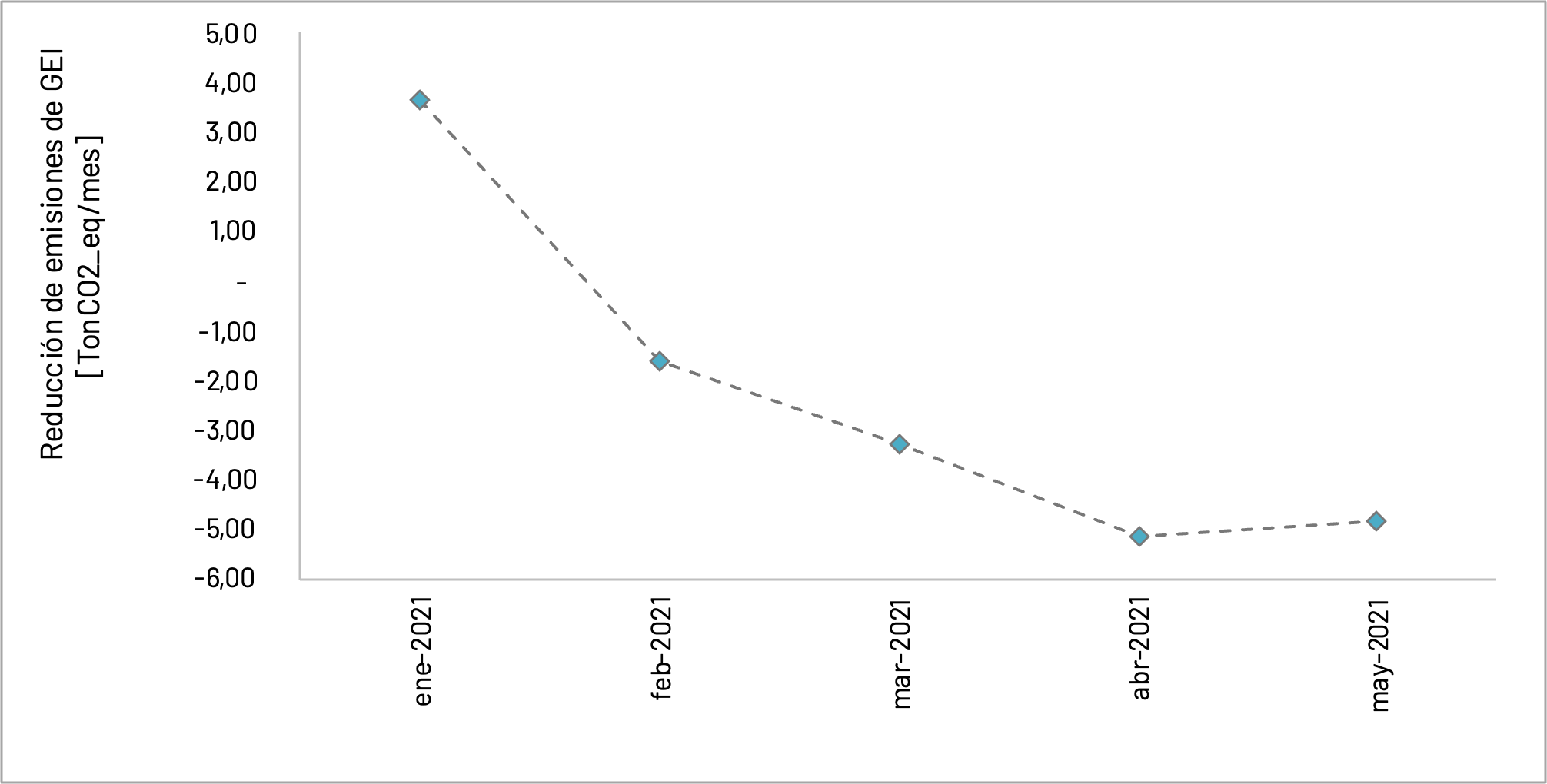
Es importante mencionar que, con la información disponible actualmente, no se puede determinar las causas para los comportamientos de ahorro o sobreconsumo en el Hospital El Tintal, debido a que no se miden o se registran las variables que impactan en el desempeño energético. Por lo tanto, se recomienda implementar un sistema de control operacional del desempeño energético en el hospital El Tintal para determinar las causas del comportamiento en el desempeño energético y tomar acciones que conlleven a corregir el sobreconsumo y mantener la mejora en el desempeño energético. Además, que esto permitirá realizar un seguimiento del desempeño energético más apropiado.

### 4.2.4 Indicador de emisiones de GEI [tonCO2\_eq/mes]

Tal como se expresa en la ecuación (5), el indicador de emisiones de GEI se obtiene al multiplicar el desempeño energético por el factor de emisiones de energía eléctrica. El factor de emisión que se utiliza es el correspondiente al "primer período de proyectos diferentes a eólicos y solares" propuesto por XM S.A.S. E.S.P. Este factor se encuentra disponible para consulta en el siguiente enlace: <https://sinergox.xm.com.co/oferta/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B43983ADE-9E9C-47EE-B173-B68B2EBC90FD%7D&file=SoporteCalculoFE_2022_LambdaCorregido.xlsx&action=default>

Además, se opta por este factor de emisión porque se busca reportar los beneficios en reducción de GEI para cumplir con las metas de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) del país.

Para el Hospital El Tintal se observa la tendencia de reducción de emisiones de CO2 equivalente en la Figura 13.



**Figura 13. Tendencia de Indicador de reducción de emisiones GEI en el Hospital El Tintal**

### 4.2.5 Indicador comparativo de energía eléctrica [kWh/pacientes – m2/pacientes]

A graph with numbers and dots

Description automatically generatedBajo este estudio, donde se analizaron cuatro (4) hospitales en la ciudad de Bogotá, se propone un indicador comparativo en donde se calcula el consumo de energía eléctrica anual por pacientes atendidos y el área construida por pacientes atendidos como se observa en la Figura 14.

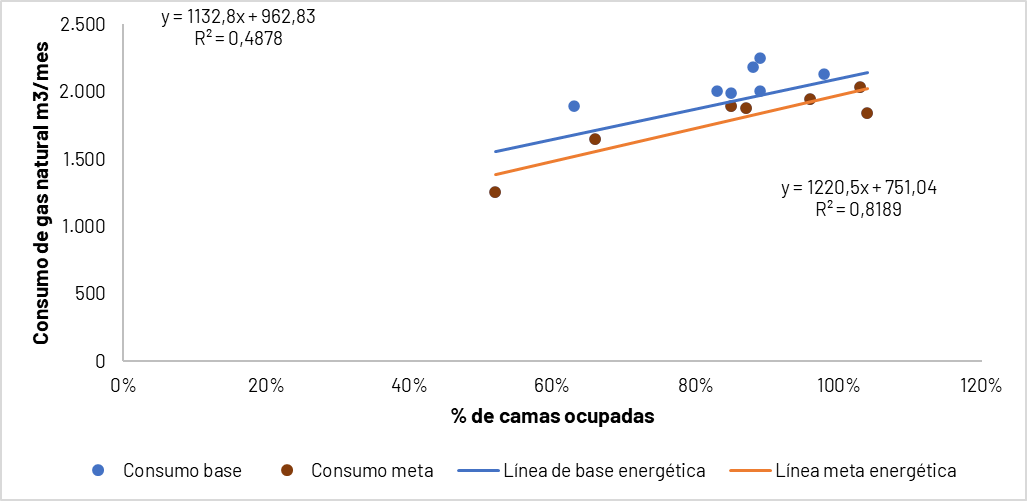
A partir de esta comparación, se puede concluir que el Hospital El Tintal consumió alrededor de 300 kWh/año por cada paciente atendido, ubicándose como un hospital de consumo intermedio por paciente en comparación con el resto de los hospitales dentro del clúster del estudio.

**Figura 14. Indicador comparativo de energía eléctrica entre hospitales**

### 4.3 Línea de base energética – Gas Natural

En cuanto al consumo de gas natural, el Hospital El Tintal dispone de datos históricos desde enero de 2022 hasta junio de 2023 como se observa en la Tabla 3. De manera similar a lo realizado con la energía eléctrica, se correlacionaron estos consumos con el porcentaje de camas ocupadas en el mes.

En la elaboración de los modelos, se llevó a cabo un proceso de depuración de los datos iniciales, eliminando aquellos puntos atípicos o que no concordaban con el patrón de comportamiento normal del hospital. Se excluyeron los datos correspondientes a los meses de octubre y diciembre de 2022, así como febrero y junio de 2023.



**Figura 15. Línea de base y línea meta de gas natural para el Hospital El Tintal**

Para la línea base de consumo de gas natural se obtiene el siguiente modelo de regresión lineal de la forma :

Este modelo presenta un coeficiente de correlación de 48,8%, los coeficientes del modelo indican que, 1% de incremento en el porcentaje de ocupación de camas, se incrementa el consumo de gas natural en 11,33 m3/mes, mientras que independiente del número de pacientes atendidos, el hospital consume en promedio 962,8 m3/mes, lo que representa alrededor del 50% del consumo de gas natural del hospital, esto se evidencia como los puntos azules dentro de la Figura 15.

Los puntos naranjas son indicados como los valores con mejor comportamiento energético, a partir esto datos se construye el modelo de línea meta:

El modelo de línea meta presenta un coeficiente de correlación de 82% aproximadamente, indicando que, por cada 1% de incremento en el % de ocupación de camas, se podría incrementar el consumo de gas natural en 12,2 m3/mes, mientras que para el consumo de gas natural independiente del % de camas ocupadas puede reducirse a 751 m3/mes.

La comparación del valor de la línea base y del valor de la línea meta evaluadas con el valor promedio del porcentaje de camas ocupadas del hospital (85%), obtenido a partir de los valores filtrados en la Tabla 14 permite calcular el potencial de ahorro de consumo de gas natural alcanzable por acciones operacionales y de mantenimiento.

El potencial de ahorro por acciones de operación y mantenimiento por control operacional se calcula en 137 m3/mes, que representa el **7,1%** respecto al consumo de gas natural promedio en el periodo base, lo que se traduce en beneficios económicos estimados de 355.130 $COP/mes y beneficios ambientales de aproximadamente 272 kgCO2\_eq/mes.

### 4.4 Indicadores de desempeño – Gas natural

Para el Hospital El Tintal se proponen los siguientes indicadores de desempeño para el gas natural:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Desempeño de energía eléctrica [m3/mes] |  | (6) |
| Índice de desempeño Base 100 [%] |  | (7) |
| Emisiones de GEI [tonCO2\_eq/mes] |  | (8) |

### 4.4.1 Desempeño energético de Gas natural [m3/mes]

Tal como se expresa en la ecuación (7), el desempeño energético del gas natural es la diferencia en el consumo real facturado y el consumo de la línea base.

Cuando este indicador toma valores positivos, indica que el consumo real fue mayor al consumo esperado presentando comportamientos de sobreconsumo de gas natural, por el contrario, cuando toma valores negativos indica que el consumo real fue menor al esperado presentando comportamientos de ahorro de gas natural como se observa en la Figura 16.

A graph with lines and dots

Description automatically generated

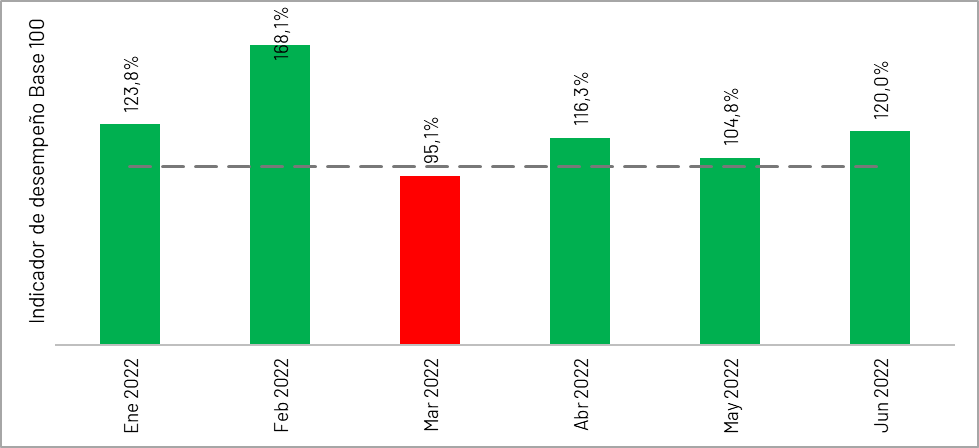
**Figura 16. Tendencia del desempeño del gas natural ilustrativos para el Hospital El Tintal.**

Se toman los valores de 2023 para mostrar el comportamiento del indicador a partir de la línea base construida. La Figura 16 muestra que para el mes de marzo de 2023 se tuvo un comportamiento de sobreconsumo, mientras que, para los demás meses del 2023, se ha tenido comportamientos de ahorro de energía.

### 4.4.2 Indicador de Desempeño Base 100 de Gas natural

De acuerdo con la ecuación (7), el desempeño energético se presenta como una razón entre el consumo base de la línea base y el consumo real facturado y se indica en términos de porcentaje.

Cuando este indicador toma valores por debajo de 100%, indica que se fue menos eficiente con respecto al consumo esperado en la línea base, por el contrario, cuando toma valores por encima de 100% indica que se fue más eficiente con respecto al consumo esperado en la línea base, como se observa en la Figura 17.



**Figura 17. Indicador de desempeño de energía eléctrica Base 100.**

Es importante mencionar que, con la información disponible actualmente, no se puede determinar las causas que conllevan a los comportamientos de ahorro o sobreconsumo en el Hospital El Tintal, debido a que no se miden o se registran las variables que impactan en el desempeño energético. Por lo tanto, se recomienda implementar un sistema de control operacional del desempeño energético en el hospital El Tintal para determinar las causas del comportamiento en el desempeño energético y tomar acciones que conlleven a corregir el sobreconsumo y mantener la mejora en el desempeño energético. Además, que esto permitirá realizar un seguimiento del desempeño energético más apropiado.

### 4.4.3 Indicador de emisiones de GEI [tonCO2\_eq/mes]

Tal como se expresa en la ecuación (8), el indicador de emisiones de GEI se obtiene al multiplicar el desempeño energético por el factor de emisiones de gas natural. Este factor de emisiones de energía eléctrica se toma como 0,0019801 tonCO2\_eq/m3. Para el Hospital El Tintal, se observa la tendencia de reducción de emisiones de CO2 equivalente durante los meses de enero a junio de 2023 en la Figura 18.

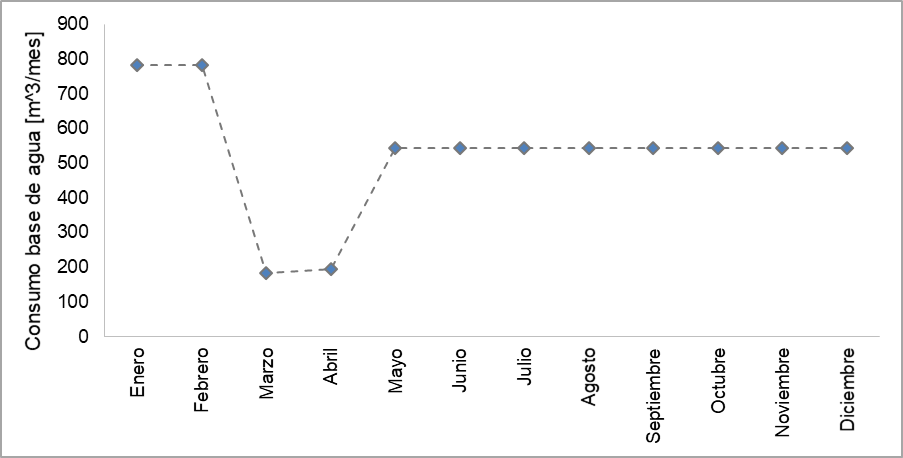
A line graph with dotted lines and blue dots

Description automatically generated

**Figura 18. Tendencia de Indicador de reducción de emisiones GEI en el Hospital El Tintal.**

### 4.5 Línea de base consumo de agua

En lo que respecta al consumo de agua potable, el Hospital El Tintal dispone de datos históricos desde enero de 2022 hasta diciembre del mismo año. Es importante resaltar que los datos de consumo de agua en la Tabla 15 no presentan variabilidad desde mayo de 2022 hasta diciembre de 2022 como se observa en la Figura 19. Debido a que a la fecha de elaboración del informe no se cuenta con el acceso a las facturas de consumo de agua del hospital no se puede establecer la veracidad de los datos reportados, y por ende el tratamiento que se le debe dar a estos. Por lo tanto, se considera que no se cuenta con información suficiente y confiable para elaborar una línea base de consumo de agua por porcentaje de camas ocupadas en el hospital.



**Figura 19. Tendencia de consumo del agua para el Hospital El Tintal.**

### 4.6 Indicadores de desempeño – Agua

De acuerdo con la definición de IDEn dada al inicio del capítulo 4, la Guía de Construcción Sostenible bajo el marco de la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, propone indicadores base para medir la mejora del consumo de agua como se observa en la Tabla 13, donde el Hospital El Tintal entra en la categoría de Hospitales.

De esta forma, para el Hospital El Tintal se propone el siguiente indicador de desempeño para el consumo del agua:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Indicador de consumo [m³/persona/mes] |  | (9) |

**Tabla 13. Indicadores de referencia para consumo de agua de la Guía de Construcción Sostenible**

Para el Hospital El Tintal se toma el valor de referencia de Hospitales:

18,606 m3/personas/mes

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| m3/personas/mes | Frio | Templado | Cálido seco | Cálido húmedo |
| Hoteles | 5,655 | 16,92 | 7,26 | 8,367 |
| Hospitales | 18,606 | 18,0 | 13,14 | 24 |
| Oficinas | 1,35 | 1,35 | 1,56 | 1,374 |
| Centros comerciales | 0,0006m3/m2 | 0,0006m3/m2 | 0,0006m3/m2 | 0,0006m3/m2 |
| Educativos | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,744 |
| Vivienda No VIS | 4,362 | 4,359 | 5,694 | 5,247 |
| Vivienda VIS | 3,171 | 3,417 | 4,701 | 3,762 |
| Vivienda VIP | 2,343 | 2,949 | 5,694 | 3,318 |

De acuerdo con este planteamiento y utilizando un indicador de consumo de referencia de 18,61 m³/persona/mes, se obtiene el seguimiento al indicador de consumo para la edificación como se presenta la siguiente Figura 20.

A graph with a line and a line

Description automatically generated

**Figura 20. Tendencia del indicador de consumo de agua para el Hospital El Tintal.**

De acuerdo con estos resultados, se encuentra que el indicador de consumo de agua mensual en el Hospital El Tintal se ubica 15,3 m³/persona/mes por debajo del esperado de acuerdo con la Guía de Construcción Sostenible. Los índices de consumo de agua para el hospital no superan 3,3 m³/persona/mes. Es importante resaltar que este indicador propuesto por la guía de construcción sostenible no permite llevar a cabo seguimiento apropiado del comportamiento del consumo de agua del hospital, por lo que se considera de suma importancia verificar los registros de consumo de agua del Hospital El Tintal con el propósito de establecer una línea de base de consumo de agua correlacionando el % de camas ocupadas en el hospital, lo que permitirá establecer indicadores de desempeño en el consumo de agua más apropiado.

# 5. Identificación y evaluación de las medidas de eficiencia energética

Con el proceso de auditoría energética de recorrido en el Hospital El Tintal, se lograron identificar 10 medidas de eficiencia energética en total. A continuación, en la Tabla 14 se presenta el resumen de las medidas evaluadas. Estas medidas de eficiencia energética se identificaron a partir de ingeniería conceptual y fueron evaluadas a nivel de prefactibilidad.

Los valores de CAPEX presentados en este informe se estimaron a partir de catálogos técnicos de referencia y precios de lista disponibles en revistas e internet. Estos solo incluyen el costo de los equipos, materiales y mano de obra, excluyendo el IVA y otros impuestos que puedan aplicar, así como los aranceles de importación.

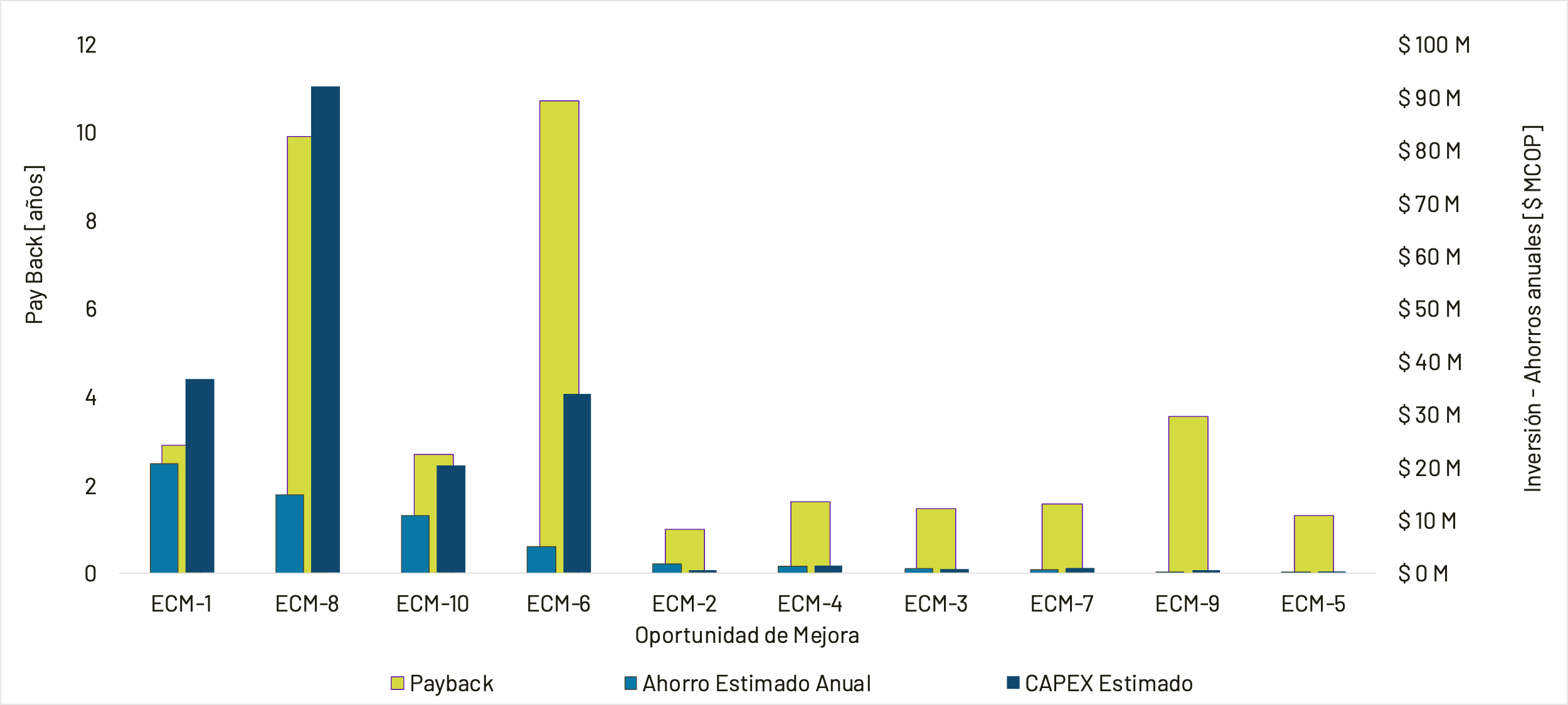
Para calcular el costo final de la implementación de la Medida de Eficiencia Energética (MEE) con mayor precisión, es necesario realizar una Auditoría de Grado de Inversión (IGA). En este proceso, se llevan a cabo mediciones en campo, se realiza un análisis técnico detallado de la MEE propuesta y se solicitan ofertas en firme de potenciales proveedores de soluciones tecnológicas y equipos específicos para el caso en cuestión. Además, se evalúan los costos de obras civiles y eléctricas requeridas para la implementación de la MEE. Adicionalmente, se realiza un análisis financiero más detallado para establecer con precisión los beneficios derivados de la implementación de la MEE.

Por lo tanto, estos valores deben considerarse únicamente como una referencia para estimar posibles montos de inversión requeridos, y no deben utilizarse para procesos licitatorios formales.

**Tabla 14. Listado de medidas de eficiencia energética identificadas y evaluadas.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ID Medida** | **Descripción de la medida** | **CAPEX Estimado [$COP]** | **Payback [años]** | **Ahorro Estimado Anual [$COP/año]** |
| ECM-1 | Sustitución tecnológica de calderas de generación de vapor por calentadores de agua a gas | $ 36.611.120 | 2,9 | $ 20.581.889 |
| ECM-2 | Ajuste de parámetros de operación de la caldera (Optimización de la combustión) | $ 500.000 | 1,0 | $ 1.764.162 |
| ECM-3 | Uso de sensores de movimiento para control de luminarias en zonas poco transitadas del hospital | $ 800.000 | 1,5 | $ 841.014 |
| ECM-4 | Uso de fotoceldas para control de iluminación en zonas con amplia iluminación natural | $ 1.350.000 | 1,6 | $ 1.261.521 |
| ECM-5 | Independización de circuitos eléctricos correspondiente a luminarias (Sectorización de circuitos) | $ 180.000 | 1,3 | $ 210.254 |
| ECM-6 | Sustitución tecnológica de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia | $ 33.821.849 | 10,7 | $ 5.033.993 |
| ECM-7 | Alineación y ajuste de correas de transmisión en sistemas de ventilación | $ 900.000 | 1,6 | $ 732.217 |
| ECM-8 | Instalación de frenos regenerativos en motores de asesores | $ 91.898.984 | 9,9 | $ 14.820.451 |
| ECM-9 | Implementación de políticas de cero consumo de papel para reducir uso de impresoras | $ 500.000 | 3,5 | $ 215.545 |
| ECM-10 | Implementación de un sistema de gestión energética en línea para el control operacional del desempeño energético | $ 20.447.842 | 2,7 | $ 10.958.952 |

De acuerdo con los anteriores resultados, se tiene la Figura 21 de acuerdo con la organización por ahorros estimados anuales de mayor a menor potencial.



**Figura 21. Listado de evaluación de medidas de eficiencia energética por mayor potencial de ahorro energético y económico anual**

A continuación, se desarrolla cada una de las medidas de eficiencia energética, en donde se describe estado actual, situación propuesta, un costo estimado para equipos, mano de obra, instalación, y evaluación financiera de prefactibilidad:

(ECM-1) Sustitución tecnológica de calderas de generación de vapor por calentadores de agua a gas

***Estado actual***

En la actualidad, contamos con una caldera de 30 BHP destinada a la generación de vapor, con un consumo promedio de 2022 m3 de gas al mes. Este vapor se utiliza para calentar el agua, que posteriormente se emplea en las duchas de los pacientes, elevando su temperatura desde un promedio de 10°C hasta 30°C. Sin embargo, esta configuración actual conlleva a mayores pérdidas de energía debido a la conversión de vapor y su posterior uso en el calentamiento del agua. Además, dada la naturaleza de trabajo intermitente de la caldera, es posible que el consumo de gas experimente picos durante los encendidos.

***Solución Propuesta***

Se sugiere reemplazar el método actual de calentamiento de agua mediante vapor por calentadores de agua alimentados por gas natural. Esta medida tiene el potencial de reducir el consumo de gas natural del hospital en aproximadamente un 45%, sin comprometer la provisión de agua caliente necesaria para los pacientes. Además, esta acción contribuirá a disminuir los riesgos operativos asociados al equipo y a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 15. Descripción CAPEX para ECM-1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de inversión [$COP]** |
| Calentadores de agua a gas | $ 19.474.000 | 1 | $ 19.474.000 |
| Tanques acumuladores de agua | $ 7.789.600 | 1 | $ 7.789.600 |
| Auxiliares + Comisionamiento de Calentadores de agua a gas | $ 3.894.800 | 2 | $ 7.789.600 |
| Auxiliares + Comisionamiento de Tanques acumuladores de agua | $ 1.557.920 | 1 | $ 1.557.920 |
| **Total** |  |  | **$ 36.611.120** |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 16. Indicadores financieros para ECM-1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación de la medida | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de gas natural | 8.733 | [m3/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 20.581.889 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de gas natural | 35 | [%] |
| Payback | 2,9 | [años] |
| Reducción de GEI | 17,3 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-2) Ajuste de parámetros de operación de la caldera (Optimización de la combustión)

***Estado actual***

En la actualidad, la caldera de 30 BHP opera de manera intermitente, lo que puede provocar desajustes en la combustión con mayor frecuencia debido a los encendidos y apagados del equipo. La medición de los gases de escape de la caldera se realiza una vez al año, implicando que los ajustes en la combustión se realicen con la misma periodicidad.

***Solución Propuesta***

Se plantea la propuesta de disminuir la frecuencia de análisis de gases de escape y ajuste de parámetros de combustión de la caldera de un año a 6 meses. Esta medida tiene el potencial de reducir a la mitad las pérdidas ocasionadas por desajustes en la combustión durante un año típico de funcionamiento de la caldera.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 17. Descripción CAPEX para ECM-2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de inversión [$COP]** |
| Servicio de ajuste de combustión en calderas | $ 500.000,00 | 1 | $ 500.000,00 |
| Total |  |  | $ 500.000 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 18. Indicadores financieros para ECM-2**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación de la medida | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de gas natural | 748,5 | [m3/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 1.764.162 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de gas natural | 3 | [%] |
| Payback | 1 | [años] |
| Reducción de GEI | 1,5 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-3) Uso de sensores de movimiento para control de luminarias en zonas poco transitadas del hospital

***Estado actual***

En la actualidad, se observa que el Hospital El Tintal cuenta con zonas comunes donde la iluminación permanece encendida las 24 horas del día, a pesar de tener poca concurrencia de personas. Además, no se han instalado interruptores para encender y apagar las luminarias en estas áreas.

***Solución Propuesta***

Se sugiere la implementación de sensores de movimiento que funcionen como sistema de control de la iluminación en las áreas comunes del hospital con baja afluencia de personas. Esta medida permitirá optimizar el consumo de energía al encender las luces únicamente cuando sea necesario, contribuyendo así a la eficiencia energética y reduciendo los costos asociados.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 19. Descripción CAPEX para ECM-3**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de la inversión [$COP]** |
| Fotocelda para detección amanecer-atardecer  (Incluye soporte, material de ferretería e instalación) | $ 100.000 | 8 | $ 800.000 |
| Total |  |  | $ 800.000 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 20. Indicadores económicos para ECM-3**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de energía eléctrica | 1.465 | [kWh/año] |
| Ahorro anual de dinero | 841.014 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de energía eléctrica | 0,3 | [%] |
| Payback | 1,5 | [años] |
| Reducción de GEI | 0,6 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-4) Uso de fotoceldas para control de iluminación en zonas con amplia iluminación natural

***Estado actual***

En la actualidad, en el Hospital El Tintal existen áreas comunes en las cuales las luces permanecen encendidas las 24 horas del día, a pesar de estar ubicadas cerca de ventanas que reciben una abundante cantidad de luz natural. Además, no se observa la presencia de interruptores para encendido y apagado de las luminarias en estas zonas.

***Solución Propuesta***

Se sugiere la instalación de fotoceldas para regular la iluminación de las luminarias ubicadas en las áreas comunes del hospital, especialmente aquellas cercanas a las ventanas. Esta medida permitirá aprovechar eficientemente la luz natural disponible, reduciendo la necesidad de iluminación artificial y, por ende, contribuyendo a la eficiencia energética y al ahorro de costos asociados al consumo de electricidad.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 21. Descripción CAPEX para ECM-4**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de inversión [$COP]** |
| Fotocelda para detección amanecer-atardecer  (Incluye soporte, material de ferretería e instalación) | $ 90.000,00 | 15 | $ 1.350.000 |
| Total |  |  | $ 1.350.000 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 22. Indicadores económicos para ECM-4**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de dinero | 2.194 | [kWh/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 1.261.521 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de energía eléctrica | 0,4 | [%] |
| Payback | 1,6 | [años] |
| Reducción de GEI | 0,9 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-5) Independización de circuitos eléctricos correspondiente a luminarias (Sectorización de circuitos)

***Estado actual***

En la actualidad, el Hospital El Tintal cuenta con áreas comunes en las que la iluminación se mantiene encendida de manera constante, operando a través de circuitos directamente conectados a los tableros de distribución de cada piso. Esta configuración no permite la flexibilidad necesaria en el uso de la iluminación debido al acceso restringido a los interruptores de las luminarias al interior de los tableros de distribución. En otras palabras, no se dispone de interruptores accesibles para encender o apagar las luces sin la necesidad de acceder a los tableros de distribución.

***Solución Propuesta***

Se propone la separación de circuitos y la instalación de interruptores de control manual en las áreas comunes del hospital. Esta medida permitirá una gestión más eficiente y accesible de la iluminación, posibilitando a los usuarios encender o apagar las luces de manera directa y sin la necesidad de acceder a los tableros de distribución.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 23. Descripción CAPEX para ECM-5**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de inversión [$COP]** |
| Interruptor manual de iluminación  (Incluye soporte, material de ferretería e instalación) | $ 30.000 | 6 | $ 180.000 |
| Total |  |  | $ 180.000 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 24. Indicadores económicos para ECM-5**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de energía eléctrica | 366 | [kWh/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 210.254 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de energía eléctrica | 0,1 | [%] |
| Payback | 1,3 | [años] |
| Reducción de GEI | 0,143 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-6) Sustitución tecnológica de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia

***Estado actual***

En la actualidad, el hospital cuenta con un total de 18 motores eléctricos que alimentan los ventiladores de extracción y otros sistemas de ventilación. A primera vista, estos motores parecen cumplir con los estándares de eficiencia convencionales. Por lo tanto, se recomienda evaluar la posibilidad de actualizar tecnológicamente estos motores por modelos de alta eficiencia.

***Solución Propuesta***

Se sugiere llevar a cabo una actualización tecnológica de los motores que actualmente operan con eficiencia estándar, sustituyéndolos por motores de eficiencia premium. Este cambio podría traducirse en mejoras significativas, con aumentos de eficiencia que oscilan entre un 4% y un 5%. Este proceso no solo optimizará el rendimiento de los motores, sino que también contribuirá a la eficiencia energética general del hospital.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 25. Descripción CAPEX para ECM-6**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de inversión[$COP]** |
| Motor 100L eléctrico IE3 Eficiencia premium de 3 HP | $ 1.720.000 | 18 | $ 30.960.000 |
| Instalación, conexión y puesta en marcha | $ 2.861.849 | 1 | $ 2.861.849 |
| Total |  |  | $ 33.821.849 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 26. Indicadores económicos para ECM-6**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados después de impuestos | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de energía eléctrica | 8.767 | [kWh/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 5.033.993 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de energía eléctrica | 1,6 | [%] |
| Payback | 12,6 | [años] |
| Reducción de GEI | 3,4 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-7) Alineación y ajuste de correas de transmisión en sistemas de ventilación

***Estado actual***

Actualmente, se han instalado un total de 18 motores eléctricos que operan los ventiladores de extracción y otros sistemas de ventilación. Estos motores están conectados a los ventiladores mediante una transmisión mediante poleas en V, las cuales pueden presentar desalineación y desajustes que incrementan levemente el consumo del motor

***Solución Propuesta***

Se propone llevar a cabo inspecciones y ajustes periódicos en las correas de los ventiladores para evitar desalineación de las correas y salida de estas que lleven a que el motor trabaje sin carga.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 27. Descripción CAPEX para ECM-7**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de la inversión [$COP]** |
| Servicio de alineación de correas en motores eléctricos de ventiladores y extractores | $ 50.000 | 18 | $ 900.000 |
| Total |  |  | $ 900.000 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 28. Indicadores económicos para ECM-7**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de energía eléctrica | 1.275 | [$kWh/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 732.217 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de energía eléctrica | 0,3 | [%] |
| Payback | 1,6 | [años] |
| Reducción de GEI | 0,5 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-8) Instalación de frenos regenerativos en motores de ascensores

***Estado actual***

En la actualidad, el edificio cuenta con cuatro (4) ascensores con capacidades de 750 kg y 1000 kg, los cuales están equipados con motores de doble giro para su funcionamiento en una operación intermitente, desplazándose entre el piso 1 y el piso 3.

***Solución Propuesta***

Se sugiere la implementación de frenos regenerativos con el objetivo de reducir el impacto del consumo de energía de los ascensores en el edificio. Estos frenos regenerativos capturan la energía de frenado que normalmente se disiparía en forma de calor, evitando así sobre voltajes en el motor y permitiendo su posterior utilización en el propio funcionamiento del ascensor. Esta medida no solo contribuirá a la eficiencia energética del sistema de ascensores, sino que también optimizará el uso de la energía, proporcionando beneficios adicionales en términos de sostenibilidad y ahorro.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 29. Descripción CAPEX para ECM-8**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de inversión [$COP]** |
| Sistema de Supercondensadores  (Frenos Regenerativos) | $ 53.075.112 | 1 | $ 53.075.112 |
| Variadores de frecuencia | $ 9.705.968 | 4 | $ 38.823.872 |
| Total |  |  | $ 91.898.984 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 30. Indicadores económicos para ECM-8**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de energía eléctrica | $ 14.820.451 | [$COP/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 14.820.451 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de energía eléctrica | 4,8 | [%] |
| Payback | 9,9 | [años] |
| Reducción de GEI | 10,1 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-9) Implementación de políticas de cero consumos de papel para reducir uso de impresoras

***Estado actual***

En la actualidad, no se dispone de un número exacto de impresoras en el hospital. Sin embargo, se estima que el consumo de impresoras representa aproximadamente el 10% del consumo total de equipos de oficina en el hospital.

***Solución Propuesta***

Se sugiere la implementación de una política de cero papel con el objetivo de reducir el uso de impresoras y, en consecuencia, el consumo de energía global en la edificación. Se estima que esta medida resultará en un ahorro del 22% en el uso de papel en estos dispositivos, promoviendo así la sostenibilidad y contribuyendo a la eficiencia energética del hospital.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 31. Descripción CAPEX para ECM-9**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de inversión[$COP]** |
| Capacitaciones y seminarios enfocados a la reducción del consumo de papel | $ 250.000 | 2 | $ 500.000 |
| Total |  |  | $ 500.000 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 32. Indicadores económicos para ECM-9**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de energía eléctrica | 375 | [kWh/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 330.687 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de energía eléctrica | 0,1 | [%] |
| Payback | 2,4 | [años] |
| Reducción de GEI | 0,1 | [tCO2-eq/año] |

(ECM-10) Implementación de un sistema de gestión energética en línea para el control operacional del desempeño energético

***Estado actual***

En la actualidad, no se cuenta con un sistema eficiente de seguimiento, medición y análisis del cambio de los indicadores de desempeño energético a nivel global y por zonas específicas del Hospital. Este seguimiento es esencial para actuar sobre los elementos de control y reducir el consumo de energía cuando supera los valores esperados. Aunque el Hospital El Tintal realiza un seguimiento de indicadores ambientales, incluyendo el monitoreo del consumo de energía, esta práctica se lleva a cabo de manera secundaria. No obstante, la institución carece de un sistema integral de seguimiento de indicadores de desempeño energético que permita tomar decisiones, establecer objetivos y metas energéticas, así como dar seguimiento de manera efectiva.

***Solución Propuesta***

Se sugiere la instalación de medidores de energía que posibiliten la captura de datos en tiempo real, junto con la creación e implementación de paneles de control (dashboards) para el seguimiento de los indicadores de desempeño energético a nivel global y en zonas de uso significativo de la energía. Este enfoque será complementado con la implementación de un sistema de gestión de la energía basado en los estándares internacionales de la norma ISO 50001.

***CAPEX***

Para esta medida de eficiencia energética se tiene la siguiente descripción de la inversión estimada en la siguiente tabla.

**Tabla 33. Descripción CAPEX para ECM-10**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CAPEX |  |  |  |
| **Descripción** | **Valor unitario [$COP]** | **Cantidad** | **Valor total de inversión [$COP]** |
| Implementación de medición en línea | $ 600.000 | 5 | $ 3.000.000 |
| Implementación del Sistema de Gestión de la Energía | $ 8.114.852 | 1 | $ 8.114.852 |
| Implementación del dashboard para control operacional | $ 10.073.610 | 1 | $ 10.073.610 |
| Total |  |  | $ 21.188.462 |

***Evaluación de la medida de eficiencia energética***

En la siguiente tabla se resumen los resultados de la evaluación económica de la medida de eficiencia energética, así como los indicadores de ahorro energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

**Tabla 34. Indicadores económicos para ECM-10**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Resultados de la evaluación | | |
| **Indicador** | **Magnitud** | **Unidades** |
| Ahorro anual de energía eléctrica | 16.106 | [kWh/año] |
| Ahorro anual de gas natural | 726 | [m3/año] |
| Ahorro anual de dinero | $ 10.958.952 | [$COP/año] |
| Ahorro porcentual respecto al consumo de energía eléctrica | 3 | [%] |
| Payback | 2,7 | [años] |
| Reducción de GEI | 7,7 | [tCO2-eq/año] |

### 5.1 Priorización de Medidas

Para la evaluación de priorización de las medidas de eficiencia energética analizadas para hospital Santa Clara se consideraron tres (3) criterios importantes como: período de retorno o payback period (PBP) [años], el potencial de ahorro económico [$COP] y la inversión estimada, CAPEX [$COP] La descripción de los criterios se presenta en la Tabla 35.

**Tabla 35. Criterios de evaluación para las ECM**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Valoración/ Calificación | Tiempo de retorno de inversión (PBP) | Potencial de ahorro (MCOP) | Costos de inversión (CAPEX) |
| **1** | (Largo plazo) Mayor a 3 años | Menor a 15,0 MCOP | Mayor a 200,0 MCOP |
| **2** | (Mediano plazo) Entre 1 y 3 años | Entre 80 y 15 MCOP | Entre 100 y 200 MCOP |
| **3** | (Corto plazo) Menor a 1 año | Mayor a 80,0 MCOP | Menor a 100,0 MCOP |

Para obtener el resultado de evaluación, se aplicó una participación por criterio de la siguiente forma: 35% para PBP, 50% para potencial de ahorro económico y 15% para CAPEX. La asignación de pesos a los criterios de evaluación se basa en una ponderación deliberada de la importancia de cada factor en el proceso de selección de medidas de eficiencia energética. El peso del 35% otorgado al periodo de recuperación de la inversión (PBP) refleja la necesidad de garantizar que las inversiones se amorticen en un plazo razonable. El 50% asignado al potencial de ahorro económico reconoce la prioridad de maximizar los beneficios financieros de las medidas. Mientras que el peso del 15% dado al costo de inversión inicial (CAPEX) indica una consideración significativa de los costos iniciales, sin que estos dominen la decisión. En conjunto, esta distribución de pesos se ajusta a la búsqueda de un equilibrio entre PBP, ahorro económico y control de CAPEX, destacando el ahorro económico como el criterio preponderante en la toma de decisiones. En la Tabla 36 se presenta la categorización según los resultados.

**Tabla 36. Resultado de la evaluación de priorización**

|  |  |
| --- | --- |
| Resultados posibles de la evaluación de priorización | |
| 1 | Baja relevancia |
| 2 | Importante |
| 3 | Prioritaria |

Por último, según el análisis realizado en la Tabla 37 se presenta la calificación para cada criterio, dependiendo del rango en el que se encuentre la medida.

**Tabla 37. Evaluación de priorización de medidas de eficiencia energética para el Hospital El Tintal.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ID Medida | Descripción de la medida | Criterios de evaluación de ECM | | | Resultado evaluación |
| PBP | Potencial de ahorro | CAPEX |
| ECM-1 | Sustitución tecnológica de calderas de generación de vapor por calentadores de agua a gas | 2 | 2 | 3 | 3 - Prioritaria |
| ECM-2 | Ajuste de parámetros de operación de la caldera (Optimización de la combustión) | 3 | 1 | 3 | 3 - Prioritaria |
| ECM-3 | Uso de sensores de movimiento para control de luminarias en zonas poco transitadas del hospital | 2 | 1 | 3 | 3 - Prioritaria |
| ECM-4 | Uso de fotoceldas para control de iluminación en zonas con amplia iluminación natural | 2 | 1 | 3 | 2 - Importante |
| ECM-5 | Independización de circuitos eléctricos correspondiente a luminarias (Sectorización de circuitos) | 2 | 1 | 3 | 3 - Prioritaria |
| ECM-6 | Sustitución tecnológica de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia | 1 | 1 | 3 | 1 – Baja relevancia |
| ECM-7 | Alineación y ajuste de correas de transmisión en sistemas de ventilación | 2 | 1 | 3 | 2 - Importante |
| ECM-8 | Instalación de frenos regenerativos en motores de ascensores | 1 | 1 | 3 | 2 - Importante |
| ECM-9 | Implementación de políticas de cero consumos de papel para reducir uso de impresoras | 1 | 1 | 3 | 2 - Importante |
| ECM-10 | Implementación de un sistema de gestión energética en línea para el control operacional del desempeño energético | 2 | 1 | 3 | 3 - Prioritaria |

# 6. Conclusiones

**Caracterización energética:**

* El análisis del consumo de energía eléctrica reveló que aproximadamente el 75,2% del consumo total de energía eléctrica en el Hospital El Tintal está relacionado directamente con sistemas HVAC (41,8%) e iluminación (32,74%). Indicando que estos sistemas son los USE en el hospital El Tintal.
* En lo que respecta al gas natural, actualmente el 100% se utiliza para alimentar calderas, que generan vapor para procesos de calentamiento de agua de acuerdo con lo que se indicó por parte del Hospital El Tintal.
* Debido a que no se cuenta con medición de agua potable, a parte de la instalada por el comercializador, el análisis del consumo de agua no permitió una diferenciación de usos específicos. Por lo tanto, se concluye que todo el consumo de agua en el hospital está relacionado con el uso interno y el consumo de agua de las calderas, pero sin información sobre la distribución de este consumo.
* Respecto a la distribución de costos, el consumo de energía eléctrica representa aproximadamente el 80% de los costos mensuales en servicios públicos, el gas natural constituye el 15%, y el agua representa el 5% de los costos en servicios.

**Establecimiento de línea de base, línea de meta e indicadores de desempeño:**

* La referencia base para el indicador de consumo de energía eléctrica de la guía de construcción sostenible se considera que no es apropiada para medir el comportamiento del desempeño energético del hospital. Por lo tanto, se propone la construcción de línea base de energía para energía eléctrica y gas natural.
* En la formulación de la línea de base y la línea de meta para consumo de energía eléctrica y gas natural, se determinó la variable relevante no controlable a normalizar es "porcentaje de camas ocupadas" como base para la construcción de los modelos. Esta variable se registra mensualmente por parte del hospital.
* Debido a que no se cuenta con registros confiables para el consumo de agua potable del hospital, no se estableció línea base para el consumo de agua. Se debe obtener registros confiables de consumo de agua potable para poder construir la línea base.
* Para los modelos de línea base de consumo de energía eléctrica y gas natural, se obtuvo los registros a partir de la información de facturas de comercializadores e información provista por el hospital. Adicionalmente, fue necesario realizar un filtrado estadístico para eliminar registros que se consideren de comportamiento atípico.
* Se establecieron dos modelos para energía eléctrica y gas natural: uno para la línea de base, utilizado como base comparativa para el seguimiento de los indicadores de desempeño propuestos, y otro para la línea de meta, diseñado para estimar el potencial de ahorro mediante acciones operacionales y de mantenimiento. Estos potenciales de ahorro fueron del 6,6% (3.005 kWh/mes) para energía eléctrica y 7,1% (137 m3/mes) para gas natural.
* A partir de la construcción de las líneas de base de consumo de energía eléctrica y gas natural se logra determinar que para el caso de energía eléctrica aproximadamente 40% del consumo de energía eléctrica está relacionado al porcentaje de camas ocupadas en el mes, mientras que el 60% del consumo de energía eléctrica este asociado al funcionamiento interno del hospital independiente del número de pacientes atendidos o porcentaje de camas ocupadas en el mes. Por otro lado, para el consumo de gas natural aproximadamente 50% del consumo está relacionado al porcentaje de camas ocupadas en el mes, mientras que el 50% del consumo de gas natural está asociado al funcionamiento interno del hospital independiente del número de pacientes atendidos o porcentaje de camas ocupadas en el mes.
* Se propusieron indicadores energéticos y ambientales específicos: para la energía eléctrica, se sugieren indicadores como el consumo por metro cuadrado por año, el desempeño de energía eléctrica, el indicador de desempeño base 100 y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para el gas natural, se proponen el desempeño de gas natural, el indicador base 100 y las emisiones de GEI. Por último, en el caso del agua, se propone únicamente el indicador de consumo por persona por año.

**Identificación y priorización de las medidas de ahorro energético:**

Finalmente, durante la auditoría de recorrido se pudo identificar diez (10) medidas de eficiencia energética entre acciones de operación y mantenimiento e implementación tecnológica que apuntan a la mejora del desempeño energético en uso de electricidad y gas natural en la edificación.

De estas 10 medidas, el análisis de priorización muestra que la ECM-1 y la ECM-10, correspondiente a la *Sustitución tecnológica de caldera por calentadores a gas* e *Implementación de un sistema de gestión energética en línea para el control operacional del desempeño energético*, son las de mayor potencial de ahorro económico y energético y mejores periodos de recuperación de inversión y, por ende, se consideran como prioritarias a implementar. A partir de la sustitución tecnológica de la caldera de 30 BHP, es posible alcanzar ahorros estimados de 8.730 m3/año en gas natural, que se traducen en $ 20,6 MCOP/año y reducción en emisiones de 17,3 tonCO2/año. Mientras que, la implementación de un control operacional del desempeño energético es posible capitalizar ahorros estimados de 16.106 kWh/año, 726 m3/año en gas natural, que se traducen en $ 10,96 MCOP/año y reducción en emisiones de 7,7 tonCO2/año.

De las 10 medidas de eficiencia energética identificadas y evaluadas, se priorizan como importantes para la gestión del desempeño energético del Hospital El Tintal, las concernientes a:

* ECM-2 Ajuste de parámetros de operación de la caldera (excluyente con la sustitución tecnológica de la caldera)
* ECM-3 / ECM – 4 / ECM -5 Implementación de sistemas de control de iluminación y sectorización de circuitos eléctricos.
* ECM-7 Alineación y ajuste de correas de transmisión en sistemas de ventilación
* ECM-8 Instalación de frenos regenerativos en motores de asesores
* ECM-9 Implementación de políticas de cero consumos de papel para reducir uso de impresoras

Con estas medidas en conjunto, adicionales a las ECM – 1 y ECM – 10, se puede lograr ahorros anuales de $ 18 MCOP/año, representando un aproximado de 5,4% de los costos energéticos de la edificación y mitigando alrededor de 13 ton CO2-equivalente por año, requiriendo una inversión estimada de $ 95 MCOP con periodo de retorno de inversión ponderado de 5,1 años.

Es importante aclarar que, la ECM-6 correspondiente a la sustitución de motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de eficiencia Premium, se considera de baja relevancia debido al alto periodo de recuperación de inversión (10,7 años).

Finalmente, para la implementación de las 10 medidas de eficiencia energética se requiere una inversión estimada de alrededor de $ 187 MCOP, con beneficios que incluyen un ahorro proyectado de 57.240 kWh/año en energía eléctrica, un ahorro de 6.913 m3/año en gas natural, un ahorro económico estimado de 56 MCOP anuales, además de una notable reducción de emisiones de efecto invernadero de aproximadamente 42 toneladas de CO2.

Chart

Description automatically generated

Published by

**C40 Cities Finance Facility**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices

**Bonn and Eschborn,**Germany   
Potsdamer Platz 10  
10785 Berlin

**London,**Great Britain  
3 Queen Victoria Street  
EC4N 4TQ, London

**contact@c40cff.org  
c40cff.org**

1. Ministerio vivienda ciudad territorio. (2015). *Guía de construcción sostenible - Julio 8 2015*. *1*, 89. [↑](#footnote-ref-2)