

# AUDITORÍA ENERGÉTICA DE GRADO DE INVERSIÓN (IGA) – SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD

Abril de 2024



**C40 CITIES  
FINANCE  
FACILITY**



# Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Lista de Acrónimos</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Resumen ejecutivo</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1. Generalidades</b>  | <b>6</b>  |
| 1.1 Introducción   | 6         |
| 1.2 Objetivos  | 6         |
| 1.2.1 Objetivo General   | 6         |
| 1.2.2. Objetivos específicos   | 6         |
| 1.3 Términos y definiciones  | 7         |
| <b>2. Priorización de medidas de eficiencia energética</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1 Medidas priorizadas  | 9         |
| <b>3. ECM-1 Reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED</b>                    | <b>11</b> |
| 3.1 Recopilación de información complementaria y medición de parámetros                              | 11        |
| 3.1.1 Actualización del inventario de luminarias   | 11        |
| 3.1.2 Análisis de la medición de luxometría  | 12        |
| 3.1.3 Colores de los espacios  | 14        |
| 3.1.4 Dimensiones de las áreas de trabajo  | 15        |
| 3.2. Especificaciones técnicas de la medida  | 16        |
| 3.2.1. Evaluación técnica de la medida   | 16        |
| 3.2.2. Tecnología propuesta  | 20        |
| 3.3. Actividades para la implementación  | 21        |
| 3.3.1. Mano de obra  | 21        |
| 3.3.2. Disposición final de las luminarias actuales  | 22        |
| 3.4 Análisis de datos y evaluación de beneficios   | 24        |
| 3.4.1 Potencial de ahorro con la tecnología LED  | 24        |
| 3.5. Análisis de costos  | 24        |
| 3.5.1. Costos de equipos (Luminarias propuestas)   | 24        |
| 3.5.2. Costos de mano de obra  | 25        |
| 3.6. Análisis financiero   | 26        |
| 3.7 Cronograma de actividades de la licitación y cronograma de obras                                 | 27        |
| 3.8. Normas técnicas aplicables  | 28        |
| 3.8.1. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)                               | 28        |
| 3.8.2. IEC 60598   | 28        |
| 3.8.3. Nc ISO 8995 Iluminación de puestos de trabajo en interiores                                   | 29        |
| 3.8.4. Normatividad que regula el manejo de los residuos de iluminación                              | 29        |
| 3.9. Análisis de riesgos   | 30        |
| 3.9.1. Descripción de la Matriz de Riesgos   | 30        |
| <b>4. ECM-5 Cambio tecnológico de ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética</b> | <b>34</b> |
| 4.1. Recopilación de información complementaria  | 34        |
| 4.2. Especificaciones técnicas de la medida propuesta  | 35        |
| 4.2.1. Motores síncronos de imanes permanentes   | 36        |
| 4.2.2. Sistema de frenado regenerativo   | 36        |
| 4.2.3. Bandas planas de acero cubierto de poliuretano  | 37        |
| 4.3 Alternativas disponibles en el mercado   | 37        |
| <b>Informe IGA Secretaría Distrital de Salud</b>   | <b>2</b>  |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.4. Actividades para la implementación  | 38        |
| 4.4.1. Obras civiles y eléctricas  | 38        |
| 4.5 Evaluación de beneficios   | 42        |
| 4.5.1 Potencial de ahorro con la tecnología propuesta  | 42        |
| 4.6. Costos de equipos y mano de obra  | 44        |
| 4.6.1. Costos de equipos   | 44        |
| 4.6.2. Costos de mano de obra  | 45        |
| 4.7 Análisis financiero  | 46        |
| 4.8 Cronograma de Actividades de la Licitación y Cronograma de Obras   | 47        |
| 4.9. Normas técnicas aplicables  | 48        |
| 4.9.1. Norma Técnica Colombiana NTC 5926-1   | 48        |
| 4.9.2. Norma Técnica Colombiana NTC 4349   | 49        |
| 4.10. Análisis de riesgos  | 50        |
| 4.10.1. Descripción de la Matriz de Riesgos  | 50        |
| <b>5. ECM-9 Implementación del control operacional en línea para la mejora del desempeño energético</b>  | <b>55</b> |
| 5.1. Recopilación de información complementaria  | 55        |
| 5.2. Especificaciones técnicas de la medida  | 57        |
| 5.2.1. Arquitectura del sistema de medición  | 57        |
| 5.2.2. Topología de procesamiento de datos   | 57        |
| 5.2.3. Medidores propuestos  | 58        |
| 5.3. Actividades para la implementación  | 59        |
| 5.3.1. Intervenciones eléctricas y desarrollo de herramienta   | 59        |
| 5.3.1.1. Desarrollo del Dashboard para el control operacional  | 60        |
| 5.4. Evaluación de beneficios  | 61        |
| 5.4.1. Potencial de ahorro   | 61        |
| 5.5. Análisis de costos y evaluación financiera  | 61        |
| 5.5.1. Costos de equipos   | 61        |
| 5.5.2. Costos de mano de obra  | 62        |
| 5.6. Análisis financiero   | 63        |
| 5.7. Cronograma de actividades del proceso de licitación   | 64        |
| 5.8. Normas técnicas aplicables  | 65        |
| 5.8.1. NTC ISO 50001:2019, Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso   | 65        |
| 5.8.2. ISO/TS 50008:2018, Gestión y ahorro de la energía. Gestión de datos de desempeño energético de edificios. Orientación para un enfoque sistémico de intercambio de datos     | 65        |
| 5.8.3. NTC-IEC 62052-31:2019: Equipo de medición de energía eléctrica (C.A). Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo. Requisitos y ensayos de seguridad de productos | 66        |
| 5.8.4. NTC 5226:2022: Equipos de medición de energía eléctrica. Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo  | 66        |
| 5.8.5. ISO 12655:2013, Energy performance of buildings –Presentation of measured energy use of buildings   | 67        |
| 5.8.6. ISO 50007:2017, Energy services –Guidelines for the assessment and improvement of the energy service to users   | 67        |
| 5.9. Análisis de riesgos   | 68        |
| 5.9.1. Descripción de la Matriz de Riesgos   | 68        |
| <b>6. Conclusiones</b>   | <b>73</b> |

# Lista de Acrónimos

|       |  |
|-------|--|
| CAPEX | Capital Expenditure  |
| CO2   | Dióxido de carbono   |
| COP   | Pesos Colombianos  |
| 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 Conditioned                            |
| IDEn  | Indicador de Desempeño Energético                                  |
| IGA   | Investment Grade Audit   |
| ISO   | International Standard Organization                                |
| kV    | Kilovoltio   |
| kVA   | Kilovoltio amperio   |
| 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                                       |
| SDS   | Secretaría Distrital de Salud de Bogotá                            |
| UCI   | Unidad de Cuidados Intensivos                                      |
| V     | Voltio   |
| WTA   | Walk Through Audit   |
| IGA   | Investment Grade Audit. Auditoría Energética de Grado de Inversión |

# Resumen ejecutivo

Este informe presenta los resultados de la Auditoría Energética de Grado de Inversión (IGA, por sus siglas en inglés) realizada para tres (3) medidas de eficiencia energética seleccionadas en la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá a partir de los resultados de la auditoría energética de recorrido (WTA, por sus siglas en inglés) realizada en agosto de 2023. La primera medida, ECM-1, es la **sustitución tecnológica de las luminarias actuales de sodio y fluorescentes por LED**. La segunda medida, ECM-5, es la **modernización de los 9 ascensores de la edificación** incorporando mejoras tecnológicas que promuevan un mejor desempeño energético. Finalmente, la tercera medida, ECM-9, es la **implementación de un sistema de control operacional en línea para mejorar el desempeño energético** de la edificación.

## > ECM-1: Reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED

**Beneficios de la Medida ECM-1:** En esta medida, es importante destacar que la Secretaría Distrital de Salud ha avanzado en un 50% en la sustitución de las luminarias desde la primera auditoría energética de recorrido (WTA) realizada en agosto de 2023. De la auditoría IGA realizada en diciembre 2023, el reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes restantes por tecnología LED generaría un ahorro anual de 219.421 kWh, lo que equivale a 85,8 Ton de CO<sub>2</sub>e/año y a un ahorro anual de \$ 137.868.330 pesos colombianos (COP). Requiriendo una inversión inicial de \$ 124.794.610 COP. Los resultados del análisis financiero permiten establecer una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 111,9%, un Período de Recuperación de la Inversión (payback) de 1,0 año y un Valor Presente Neto (VPN) de \$ 632,9 millones COP para un proyecto de 5 años. Estos datos muestran una rentabilidad positiva y generación de valor económico para la edificación.

## > ECM-5: Cambio tecnológico de ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética

**Beneficios de la Medida ECM-5:** El cambio tecnológico de los ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética permitiría alcanzar un ahorro anual de 236.287 kWh y una reducción en emisiones de 92,4 Ton de CO<sub>2</sub>e/año. Esta iniciativa requiere una inversión inicial de \$ 2.547.081.874 COP y costos operativos mensuales aproximados de \$ 12.000.000 COP. Esto se traduce en una Tasa Interna de Retorno (TIR) moderada del 8,2% y un Período de Recuperación de la Inversión prolongado de 11,2 años. Es importante recordar que esta medida no solo se respalda en la viabilidad financiera, sino que también se justifica por la finalización de la vida útil de los ascensores actuales. Por esta razón, el proyecto se evaluó para un periodo equivalente a la vida útil de los nuevos ascensores, logrando un Valor Presente Neto (VPN) de \$ 4.847,5 millones de COP para un proyecto de 25 años, lo que respalda la viabilidad financiera del proyecto.

## > ECM-9: Implementación del control operacional en línea para mejorar el desempeño energético

**Beneficios de la Medida ECM-9:** Con la implementación del control operacional en línea se permitiría alcanzar un ahorro anual de 98.167 kWh y una reducción en emisiones de 38,4 Ton de CO<sub>2</sub>e/año. Con una inversión inicial de \$ 91.488.665 COP y costos operativos mensuales aproximados de \$770.000, más una tarifa de \$ 1.000.000 COP mensuales por el servicio de monitoreo y analítica de datos por parte de un gestor energético especializado; los indicadores financieros detallados indican una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 30%, un Período de Recuperación de la Inversión de 2,5 años y un Valor Presente Neto (VPN) de \$ 125,7 millones de COP para un proyecto de 5 años.













# 1. Generalidades

## 1.1 Introducción

En las auditorías energéticas de recorrido - WTA, se evaluaron diez edificaciones incluidas en el alcance del componente de eficiencia energética del Proyecto, de las cuales se seleccionaron las dos que generaban mayores beneficios financieros (alto potencial de ahorro en costos energéticos) y ambientales (reducción de emisiones de GEI) al implementar medidas de eficiencia energética, siendo una de ellas la Secretaría Distrital de Salud.

Este informe presenta los resultados de la Auditoría Energética de Grado de Inversión - IGA, desarrollada en el edificio de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, en la cual se realiza una evaluación técnica y financiera detallada de las medidas de eficiencia energética seleccionadas utilizando mediciones precisas y cotizaciones de varios proveedores potenciales para establecer el presupuesto detallado. Todo esto permite una mejor definición de los beneficios por la implementación de las medidas y especifica los detalles técnicos requeridos para su adecuada puesta en marcha.

Para obtener más detalles sobre los presupuestos, la matriz de riesgos y las especificaciones técnicas mencionadas en este informe, se encuentran en los archivos anexos:

-  Cotizaciones
-  Datos Recolectados
-  Fotos y videos
-  Matriz de Riesgos SDS
-  Planos y unifilares
-  Términos de Referencia
-  IB-2024-04-PR-G2-Secretaría Distrital de Salud (Imp. Control Operacional)
-  IB-2024-04-PR-G2-Secretaría Distrital de Salud (Modernización de Ascensores)
-  IB-2024-04-PR-G2-Secretaría Distrital de Salud (Sustitución de luminarias)
-  Manual\_de\_contratistas
-  Matrices financieras SDS
-  Verificación de trabajos contratista

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Presentar el informe de resultados de la auditoría energética de grado de inversión (IGA) realizada en las instalaciones de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá para las medidas de eficiencia energética seleccionadas, detallando las tareas a emprender, inversiones, ahorros y riesgos asociados.

### 1.2.2. Objetivos específicos

Para el presente estudio se definen los siguientes objetivos específicos.

### > **Objetivo específico 1**

Realizar la recopilación de datos complementarios en el sitio con el propósito de obtener información esencial que complemente de manera integral la evaluación técnica, económica, financiera y los riesgos de las medidas de eficiencia energética identificadas y priorizadas en la WTA.

### > **Objetivo específico 2**

Ejecutar la medición de parámetros complementarios en sitio con el fin de incrementar la precisión en las tareas de implementación, evaluación técnica y económica y los riesgos de las medidas de eficiencia energética seleccionadas.

### > **Objetivo específico 3**

Identificar los requisitos establecidos por normas técnicas y estándares internacionales aplicables para determinar su aplicabilidad e impacto en tareas, evaluación económica y riesgos de cada una de las medidas seleccionadas.

### > **Objetivo específico 4**

Analizar los costos y beneficios económicos, financieros y ambientales derivados de la aplicación de cada medida y del paquete de medidas en su conjunto.

### > **Objetivo específico 5**

Identificar y evaluar los riesgos técnicos, económicos y financieros asociados a las medidas propuestas, con el fin de anticipar posibles contingencias y desarrollar estrategias de mitigación efectivas.

### > **Objetivo específico 6**

Desarrollar un análisis financiero detallado, fundamentado en estándares internacionales, con el propósito de determinar la rentabilidad y viabilidad de cada medida de eficiencia energética.

## 1.3 Términos y definiciones

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

**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 oportunidades 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 (CO<sub>2</sub>) metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) clorofluorocarbonos (CFC) y ozono (O<sub>3</sub>).

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. Priorización de medidas de eficiencia energética

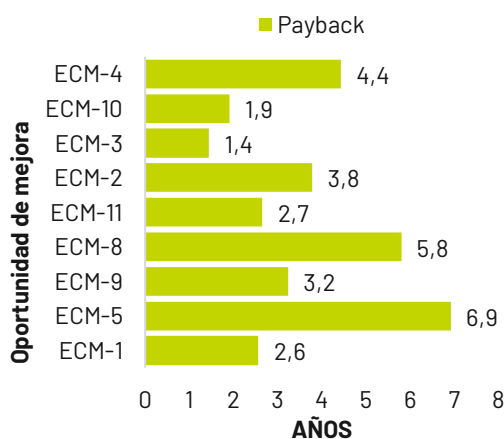
### 2.1 Medidas priorizadas

Durante la auditoría energética de recorrido (WTA) en las instalaciones de la Secretaría Distrital de Salud (SDS) se identificaron oportunidades de mejora (OPM) del desempeño energético (o medidas de eficiencia energética) a nivel tecnológico y de cultura operacional, las cuales se evaluaron a nivel pre-conceptual obteniéndose potenciales de ahorro en energía, dinero y reducción de emisiones de GEI, las medidas evaluadas se presentan en la Tabla 1.

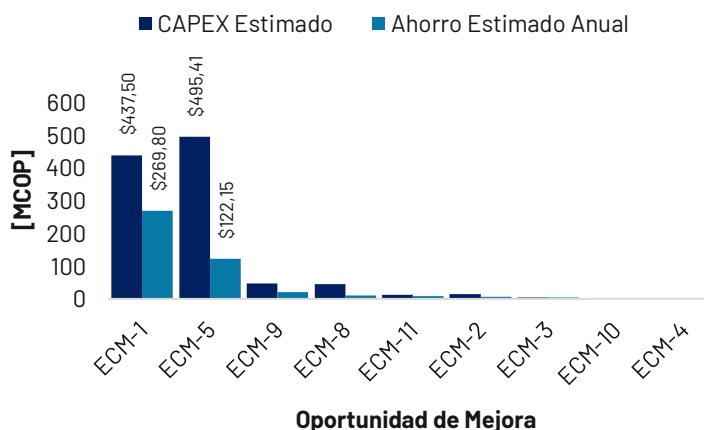
**Tabla 1. Oportunidades de mejora tecnológicas y de cultura operacional identificadas en la WTA**

| ID Medida | Descripción de la medida   | Potencial de ahorro |          |                         |
|-----------|--|---------------------|----------|-------------------------|
|           |  | kWh/año             | MCOP/año | tonCO <sub>2</sub> /año |
| ECM-1     | Reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED                          | 429.402             | \$ 269,8 | 54,1                    |
| ECM-2     | Instalación de control por sensor de presencia en luminarias de pasillos del edificio      | 9.435               | \$ 5,9   | 1,2                     |
| ECM-3     | Instalación de control por fotoceldas en luminarias exteriores                             | 7.254               | \$ 4,5   | 0,9                     |
| ECM-4     | Cambio tecnológico de caldera de 7.5 BHP por sistemas de calentamiento a gas.              | 277                 | \$ 0,4   | 0,4                     |
| ECM-5     | Cambio tecnológico de ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética       | 194.400             | \$ 122,1 | 24,5                    |
| ECM-6     | Implementación de frenos regenerativos con inyección a la red en ascensores actuales       | 95.723              | \$ 60,1  | 12,1                    |
| ECM-7     | Implementación de frenos regenerativos con supercondensadores en ascensores actuales       | 173.405             | \$ 108,9 | 21,8                    |
| ECM-8     | Instalación de regletas para el apagado rápido y control del consumo de equipos ofimáticos | 17.003              | \$ 10,6  | 2,1                     |
| ECM-9     | Implementación del control operacional en línea para mejorar el desempeño energético       | 98.168              | \$ 61,6  | 12,4                    |
| ECM-10    | Implementación de política cero papel en las oficinas de la edificación                    | 1.856               | \$ 1,1   | 0,2                     |
| ECM-11    | Cambio tecnológico de neveras de congelamiento   | 12.960              | \$ 8,1   | 1,6                     |

Las medidas 5, 6 y 7 se consolidan en una única medida, siendo las medidas 6 y 7 mutuamente excluyentes. Estas medidas responden al interés de la Secretaría Distrital de Salud de llevar a cabo una actualización tecnológica de sus ascensores. En aras de la priorización, se ha decidido enfocar la evaluación en la combinación de las medidas 5 y 6, que consiste en la modernización de los sistemas de tracción y la instalación de un sistema de frenado regenerativo. La Figura 1 y la Figura 2 muestran el potencial de ahorro, la inversión y el tiempo de retorno establecidos durante la fase de evaluación pre-conceptual.

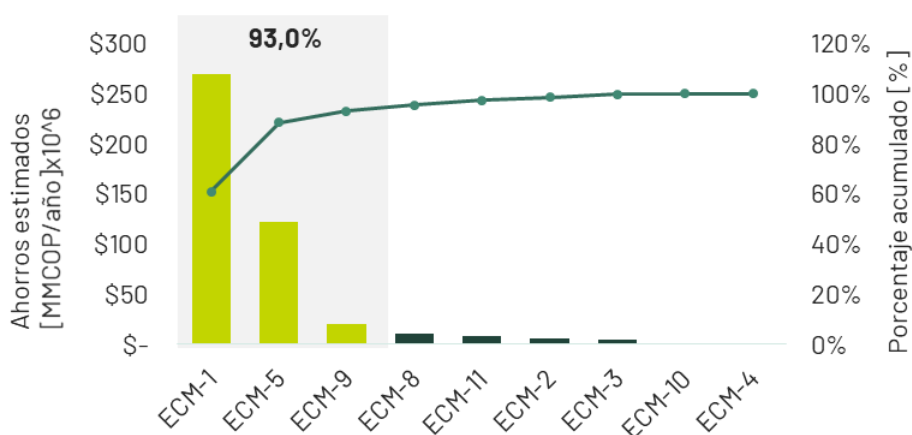


**Figura 1. Tiempo de retorno de las OPM identificadas**



**Figura 2. Potencial de ahorro, inversión de las OPM identificadas**

En el proceso de priorización, se definió el potencial de ahorro como el criterio principal. Se aplicó el principio de Pareto a los potenciales de ahorro de cada una de las medidas, lo que generó el resultado presentado en la Figura 3:



**Figura 3. Pareto de los potenciales de ahorro de las OPM identificadas**

Como se observa en la Figura 3, las medidas ECM-1, ECM-5 y ECM-9 representan el 93% del potencial de ahorro en costos energéticos identificado, por ello las medidas seleccionadas para realizar la Auditoría de Grado de Inversión son:

- Reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED.
- Cambio tecnológico de ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética.
- Implementación del control operacional en línea para mejorar el desempeño energético.

Durante la IGA, se recopilaban los datos e información restantes esenciales para elevar estas medidas de un nivel de prefactibilidad a un nivel de grado de inversión. Este proceso implicó el perfeccionamiento de la estimación de los potenciales de ahorro, la especificación de los requerimientos técnicos y de obras civiles, la identificación y evaluación de los riesgos asociados, así como la realización de un análisis financiero más detallado.

# 3. ECM-1 Reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED

## 3.1 Recopilación de información complementaria y medición de parámetros

Para evaluar el potencial de ahorro y evaluar la medida ECM-1, se aplicó un checklist para la determinación de los niveles de iluminación necesarios en distintos ambientes y un censo de luminarias actualizado para identificar el alcance de la medida, los datos requeridos incluyeron:

- Actualización del inventario de luminarias
- Los niveles de iluminación de la distribución actual obtenidos a través de análisis luxométricos.
- Los colores de las paredes, pisos y techos.
- Las dimensiones de los espacios de trabajo.

### 3.1.1 Actualización del inventario de luminarias

Al momento de realizar la visita para desarrollar la IGA en diciembre de 2023, se evidenció que la Entidad ya había iniciado la actualización de las luminarias, en especial las fluorescentes de las oficinas. En la Tabla 2 se presenta una comparación entre el inventario identificado durante la WTA de agosto de 2023 y el de diciembre de 2023.

**Tabla 2. Inventario de luminarias inicial (agosto 2023) y diciembre 2023**

| Equipo                                | Tipo de luminaria     | Agosto 2023 | Diciembre 2023 | Agosto 2023       | Diciembre 2023    |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------|
|                                       |                       | Cantidad    | Cantidad       | Consumo [kWh/mes] | Consumo [kWh/mes] |
| LÁMPARA 60X60 T8 X4 (72W)             | FLUORESCENTE T8       | 1529        | 701            | 27.742            | 12.719            |
| LÁMPARA T8 X2 (64W)                   | FLUORESCENTE T8       | 234         | 234            | 3.774             | 3.774             |
| LÁMPARA T8 X1(32W)                    | FLUORESCENTE T8       | 47          | 18             | 379               | 145               |
| BOMBILLA AHORRADORA 2 PINES (26W)     | FLUORESCENTE COMPACTA | 1084        | 796            | 7.102             | 5.215             |
| PANEL LED (48W)                       | LED                   | 206         | 694            | 2.492             | 8.395             |
| BALA LED REGULADOR (18W)              | LED                   | 183         | 318            | 830               | 1.442             |
| BALA LED REGULADOR (12W)              | LED                   | 123         | 276            | 372               | 835               |
| BOMBILLA AHORRADORA 2 PINES X 2 (52W) | FLUORESCENTE COMPACTA | 90          | 90             | 1.179             | 1.179             |
| BOMBILLO REFLECTOR X2 (38W)           | FLUORESCENTE COMPACTA | 155         | 72             | 1.484             | 689               |
| BALA LED REGULADOR (6W)               | LED                   | 29          | 18             | 44                | 27                |
| BOMBILLO AHORRADOR (20W)              | FLUORESCENTE COMPACTA | 1           | 1              | 5                 | 5                 |
| REFLECTOR VAPOR (200W)                | VAPOR DE SODIO        | 24          | 12             | 1.210             | 605               |
| REFLECTOR LED (100W)                  | LED                   | 16          | 12             | 403               | 302               |
| REFLECTOR LED (50W)                   | LED                   | 35          | 8              | 441               | 101               |
| REFLECTOR LED (200W)                  | LED                   | 60          | 12             | 3.024             | 605               |
| Lámpara Hermética T8 X2 (36W)         | LED                   | 0           | 29             | 0                 | 263               |
|                                       |                       |             |                | 50.482            | 36.302            |

Los cambios más relevantes son:

- Sustitución de 828 lámparas 60x60 fluorescentes de 120 W por 488 paneles LED de 48 W,

- Sustitución de 288 bombillas ahorradoras de 26 W por 135 paneles LED circulares de 18 W y 153 paneles LED circulares de 12 W, y
- Sustitución de 29 lámparas T8 X1 fluorescentes de 32 W por lámparas herméticas T8X2 LED de 36 W.

### 3.1.2 Análisis de la medición de luxometría

Con el objetivo de optimizar la distribución de las luminarias según las necesidades específicas de cada área y los niveles de iluminancia que establece la Resolución No. 180540 de marzo 30 de 2010 del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), se llevó a cabo un muestreo luxométrico en los espacios de trabajo identificados.

La metodología de muestreo implementada consistió en la realización de mediciones aleatorias en una variedad de puestos de trabajo dentro de cada área evaluada. Estos puestos de trabajo fueron seleccionados de manera heterogénea para capturar una amplia gama de condiciones de iluminación en el espacio. Se tomaron en consideración factores como la proximidad a las fuentes de luz, la distribución de los muebles y la disposición general del área de trabajo para garantizar una representación adecuada de las condiciones de iluminación en toda el área evaluada.

Las mediciones luxométricas se llevaron a cabo en el séptimo piso del edificio administrativo, así como en el tercer y cuarto piso del edificio de laboratorios, y en el tercer y cuarto piso del edificio Hemocentro, además de la biblioteca. La selección de estos pisos se basó en un análisis de la distribución lumínica y las características específicas de los espacios en los edificios seleccionados. Se optó por concentrar las medidas de muestreo en los pisos que representaban las condiciones de iluminación en el resto de los pisos.

La confirmación de la uniformidad lumínica en los pisos restantes se llevó a cabo mediante la validación con el personal de mantenimiento y la revisión de los planos de los edificios. Estas acciones proporcionaron una base para extrapolar los datos obtenidos a los niveles de iluminación en todo el edificio. Además, se seleccionó la biblioteca como punto adicional de muestreo debido a su relevancia como espacio de estudio y lectura.

Es importante mencionar que no se realizaron mediciones en los laboratorios debido a restricciones de seguridad para el acceso. Sin embargo, se recopiló información sobre el sistema de iluminación actual en estos espacios y se determinó que los laboratorios contaban con iluminación focalizada en cada área de trabajo.

Adicionalmente, el edificio DUES está actualmente en proceso de modernización, lo que implica que tanto la infraestructura como las condiciones del espacio pueden presentar riesgos para las personas. Por este motivo, no se concedió acceso al edificio para evitar perturbar las actividades de renovación en curso y para salvaguardar la seguridad tanto del equipo auditor como del personal de la secretaria distrital de salud.

Incluso si se hubiera permitido el acceso al edificio, las obras en curso implican que no se están llevando a cabo las actividades laborales habituales. Este aspecto es crítico ya que las mediciones de iluminación son más significativas y pertinentes cuando se realizan en condiciones de uso real, donde la disposición de los puestos de trabajo influye directamente en los niveles y la calidad de la iluminación disponible.

La Tabla 3 muestra los niveles de iluminación requeridos para las oficinas de tipo general donde se desarrollan actividades de computación para lograr un Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR) de 19 que es adecuado para tareas visuales promedio, según el RETILAP.

**Tabla 3. Niveles de iluminación en oficinas de tipo general, computación establecidos por RETILAP**

| Oficinas                              | NIVELES DE ILUMINANCIA [lx] |        |       |        |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------|-------|--------|
|                                       | UGR                         | Mínimo | Medio | Máximo |
| Oficinas de tipo general, computación | 19                          | 300    | 500   | 750    |

Los resultados de las mediciones se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 4. Resultados del estudio de iluminación - piso 7**

| Piso 7 Edificio Administrativo Lado Izquierdo [Lux] |           |         |           |         |               | Piso 7 Edificio Administrativo Lado Derecho [Lux] |           |         |               |
|---|-----------|---------|-----------|---------|---------------|---|-----------|---------|---------------|
| Muestra   | Nivel[Lx] | Muestra | Nivel[Lx] | Muestra | Nivel[Lx]     | Muestra   | Nivel[Lx] | Muestra | Nivel[Lx]     |
| 1   | 254       | 10      | 280       | 19      | 84            | 1   | 540       | 7       | 202           |
| 2   | 270       | 11      | 365       | 20      | 140           | 2   | 457       | 8       | 336           |
| 3   | 150       | 12      | 336       | 21      | 395           | 3   | 350       | 9       | 239           |
| 4   | 110       | 13      | 340       | 22      | 163           | 4   | 164       | 10      | 211           |
| 5   | 368       | 14      | 143       | 23      | 262           | 5   | 242       | 11      | 163           |
| 6   | 385       | 15      | 510       | 24      | 400           | 6   | 215       |         |               |
| 7   | 242       | 16      | 346       | 25      | 140           | Promedio  |           |         | <b>283,55</b> |
| 8   | 283       | 17      | 200       |         |               |   |           |         |               |
| 9   | 258       | 18      | 280       |         |               |   |           |         |               |
| Promedio  |           |         |           |         | <b>268,16</b> |   |           |         |               |

**Tabla 5. Resultados del estudio de iluminación - piso 3**

| Piso 3 Edificio Hemocentro Lado derecho [Lux] |            |         |            | Piso 3 Edificio Hemocentro Lado Izquierdo [Lux] |            |         |            |
|---|------------|---------|------------|---|------------|---------|------------|
| Muestra                                       | Nivel [Lx] | Muestra | Nivel [Lx] | Muestra   | Nivel [Lx] | Muestra | Nivel [Lx] |
| 1   | 125        | 8       | 315        | 1   | 190        | 8       | 210        |
| 2   | 180        | 9       | 175        | 2   | 380        | 9       | 182        |
| 3   | 143        | 10      | 240        | 3   | 250        | 10      | 212        |
| 4   | 277        | 11      | 314        | 4   | 200        | 11      | 146        |
| 5   | 233        | 12      | 269        | 5   | 350        | 12      | 215        |
| 6   | 272        | 13      | 270        | 6   | 394        | 13      | 116        |
| 7   | 166        | 14      | 250        | 7   | 185        | 14      | 214        |
| Promedio                                      |            |         | 230.64     | Promedio  |            |         | 231.71     |

**Tabla 6. Resultados del estudio de iluminación - otras oficinas Hemocentro**

| Otras oficinas Hemocentro |           |                  |           |                        |           |                 |           |
|---------------------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------|-----------------|-----------|
| Muestra                   | Nivel[Lx] | Muestra          | Nivel[Lx] | Muestra                | Nivel[Lx] | Muestra         | Nivel[Lx] |
| CDEIs 2                   |           | Salud para todos |           | Asuntos disciplinarios |           | Cabo coactivo 1 |           |
| 1                         | 289       | 1                | 298       | 1                      | 291       | 1               | 315       |
| 2                         | 318       | 2                | 321       | 2                      | 179       | 2               | 274       |
| 3                         | 284       | 3                | 285       | 3                      | 150       | 3               | 400       |
| Red Sangre                |           | 4                | 287       | 4                      | 334       | 4               | 567       |
| 1                         | 270       | 5                | 115       | 5                      | 218       | 5               | 519       |
| 2                         | 300       | 6                | 65        | CDEIS 1                |           | 6               | 567       |
| 3                         | 263       | 7                | 115       | 1                      | 640       | Assesalud       |           |
| Oficina Privada 1         |           | 8                | 89        | 2                      | 567       | 1               | 53        |
| 1                         | 116       | Cabo coactivo 2  |           | 3                      | 460       | 2               | 60        |
| 2                         | 388       | 1                | 192       | 4                      | 506       | 3               | 103       |
| 3                         | 287       | 2                | 359       | 5                      | 452       | 4               | 117       |
| Oficina Privada 2         |           | 3                | 197       | 6                      | 464       | 5               | 105       |
| 1                         | 309       | 4                | 195       | 7                      | 512       | 6               | 108       |
| 2                         | 324       |                  |           |                        |           |                 |           |
| 3                         | 340       |                  |           |                        |           |                 |           |
| Promedio                  |           |                  | 250.25    | Promedio               |           |                 | 331.71    |

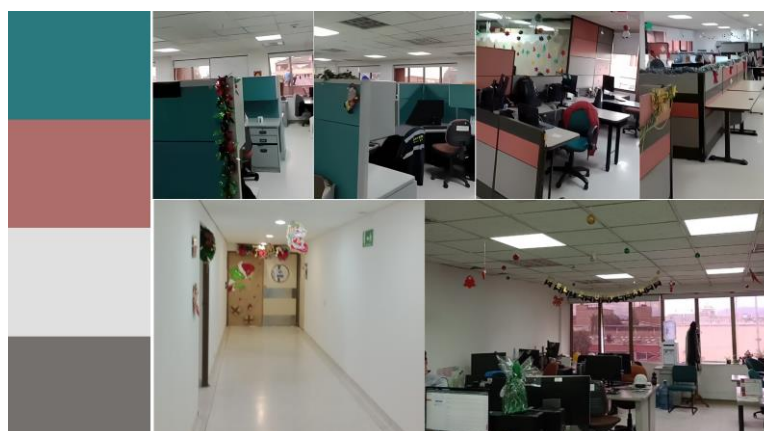
**Tabla 7. Resultados del estudio de iluminación – Laboratorios**

| Piso 3 Edificio Laboratorio [Lux] |            |                          |            | Piso 4 Edificio Laboratorio [Lux] |            |                                |            |
|-----------------------------------|------------|--------------------------|------------|-----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Muestra                           | Nivel [Lx] | Muestra                  | Nivel [Lx] | Muestra                           | Nivel [Lx] | Muestra                        | Nivel [Lx] |
| Salud Publica 1                   |            | PAI - Vacunación         |            | 1                                 | 67         | Transmisibles y PD             |            |
| 1                                 | 453        | 1                        | 104        | 2                                 | 286        | 1                              | 336        |
| 2                                 | 712        | 2                        | 154        | 3                                 | 316        | 2                              | 280        |
| 3                                 | 300        | 3                        | 36         | 4                                 | 245        | 3                              | 415        |
| Salud Publica 2                   |            | 4                        | 119        | Territorios ámbitos               |            | 4                              | 615        |
| 1                                 | 247        | Subdirección S.P.        |            | 5                                 | 136        | SIVIGILA                       |            |
| 2                                 | 426        | 1                        | 248        | 6                                 | 177        | 1                              | 40         |
| 3                                 | 524        | 2                        | 452        | 7                                 | 192        | 2                              | 73         |
| 4                                 | 420        | 3                        | 160        | 8                                 | 202        | 3                              | 104        |
| SISVEA                            |            | 4                        | 150        | 9                                 | 197        | 4                              | 127        |
| 1                                 | 84         | 5                        | 209        | 10                                | 131        | Subsecretaría de Salud Publica |            |
| 2                                 | 124        | 6                        | 304        | Administrativo PIC                |            | 1                              | 235        |
| 3                                 | 124        | 7                        | 153        | 1                                 | 230        | 2                              | 147        |
| 4                                 | 82         | 8                        | 200        | 2                                 | 300        |                                |            |
| 5                                 | 155        | 9                        | 179        |                                   |            |                                |            |
| Oficinas Individuales             |            | 10                       | 125        |                                   |            |                                |            |
| 1                                 | 291        | 11                       | 150        |                                   |            |                                |            |
| 2                                 | 366        | Enfermedades Infecciosas |            |                                   |            |                                |            |
| Salud Publica 3                   |            | 1                        | 418        |                                   |            |                                |            |
| 1                                 | 120        |                          |            |                                   |            |                                |            |
| Promedio                          |            | 244,81                   |            | Promedio                          |            | 220,50                         |            |

Como se puede observar en las tablas anteriores, **cerca del 70% de las mediciones efectuadas no cumplieron con los niveles de iluminación establecidos por el RETILAP**. Dicha desviación se debe a diversos factores. En primer lugar, las lámparas fluorescentes de 60x60 con 4 tubos T8 no fueron sustituidas una a una por paneles LED. En áreas donde originalmente se disponían 9 o 10 lámparas fluorescentes, se instalaron únicamente 5 o 6 paneles LED, atendiendo a las preferencias del personal respecto a una reducción en la intensidad lumínica debido a molestias visuales. Por otro lado, es importante destacar que el nivel de iluminación de los paneles LED es de 3.400 Lm, inferior a los 5.700 Lm de las lámparas fluorescentes.

### 3.1.3 Colores de los espacios

Se capturaron fotografías de los espacios de trabajo y las áreas comunes ya con tecnología LED, para identificar una paleta de colores. Los colores más frecuentes se muestran en la **Figura 4**.



**Figura 4. Paleta de colores utilizada en los espacios de trabajo y áreas comunes de la SDS.**

La identificación de los colores en los espacios es esencial para establecer los coeficientes de reflexión de las superficies. Estos coeficientes se deben situar en la tabla de reflectancias efectivas correspondiente a los colores y texturas específicos definidos en la Resolución Número 18 1331 del RETILAP. Como se muestra en la **Tabla 8:**

| Tabla 8. Reflectancias efectivas correspondiente a los colores y texturas específicos |              |         |                          |            |         |
|---|--------------|---------|--------------------------|------------|---------|
| Tono  | Color        | Coef    | Tono                     | Color      | Coef    |
| Muy Claro   | Blanco nuevo | 88%     | Mediano                  | Azul Verde | 54%     |
|   | Blanco viejo | 76%     |                          | Amarillo   | 65%     |
|   | Azul crema   | 76%     |                          | Miel       | 63%     |
|   | Crema        | 81%     |                          | Gris       | 61%     |
|   | Azul         | 65%     | Oscuro                   | Azul       | 8%      |
|   | Miel         | 76%     |                          | Amarillo   | 50%     |
|   | Gris         | 83%     |                          | Café       | 10%     |
|   | Azul Verde   | 72%     |                          | Gris       | 25%     |
|   | Crema        | 79%     |                          | Verde      | 7%      |
| Claro   | Azul         | 55%     |                          | Negro      | 3%      |
|   | Miel         | 70%     |                          |            |         |
|   | Gris         | 73%     |                          |            |         |
| Superficies   |              | Coef    | Acabados de Construcción |            | Coef    |
| Maple   |              | 43%     | Cantera Clara            |            | 18%     |
| Nogal   |              | 16%     | Cemento                  |            | 27%     |
| Caoba   |              | 12%     | Concreto                 |            | 40%     |
| Pino  |              | 48%     | Mármol Blanco            |            | 45%     |
| Madera Clara  |              | 30%-50% | Vegetación               |            | 25%     |
| Madera Oscura   |              | 10%-25% | Asfalto limpio           |            | 7%      |
| Acabados Metálicos  |              | Coef    | Adoquín de roca          |            | 17%     |
| Blanco Polarizado   |              | 80%     | Grava                    |            | 13%     |
| Aluminio pulido   |              | 75%     | Ladrillo Claro           |            | 30%-50% |
| Aluminio Mate   |              | 75%     | Ladrillo Oscuro          |            | 15%-25% |

### 3.1.4 Dimensiones de las áreas de trabajo

Para estimar los niveles de iluminación necesarios, no basta con identificar el tipo de labor que se realiza y las características del área, como colores y texturas, sino que también es fundamental establecer las dimensiones del área de trabajo. Estas dimensiones nos permitirán calcular el índice del local K, un parámetro empleado para determinar el coeficiente de utilización del área en cuestión. En la **Figura 5** se presentan las dimensiones de una batería de escritorios típica en la Secretaría Distrital de Salud.

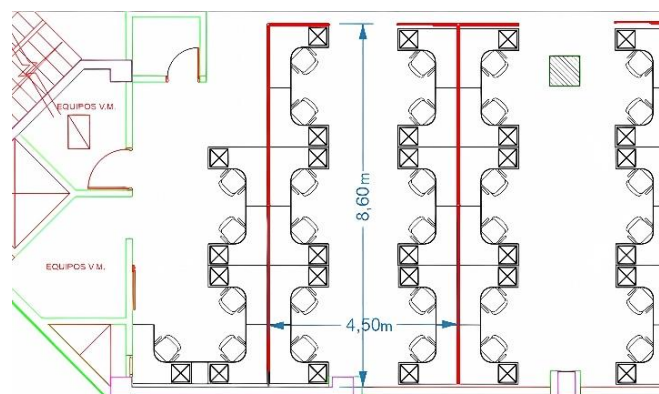


Figura 5. Dimensiones de una batería de escritorios típica.

## 3.2. Especificaciones técnicas de la medida

### 3.2.1. Evaluación técnica de la medida

El objetivo de los datos recolectados es poder comparar la distribución original del sistema de iluminación con la distribución actual, y proponer una nueva distribución que se ajuste a las necesidades, pero garantizando un menor consumo de energía. Con estos datos se pueden establecer el índice del local  $K$ , el coeficiente de conservación  $C_d$  y el coeficiente de utilización  $C_u$ .

Para determinar la cantidad y disposición óptima de las luminarias, se llevó a cabo una comparación entre la distribución inicial y la actual, priorizando los requisitos lumínicos específicos del área en consideración. Se tomó como punto de referencia una de las zonas de trabajo (Batería de escritorios) dentro del edificio administrativo, ya que estas áreas demandan los niveles más altos de iluminación.

El primer paso implica la determinación del flujo luminoso requerido en el área de trabajo. Para este propósito, se empleó la siguiente expresión:

$$\Phi = \frac{E * S}{C_u - C_d}$$

Donde:

Tabla 9. Elementos y variables para la estimación del flujo luminoso.

| Símbolo | Unidades          | Variable                                  | Descripción o ubicación de los valores  |
|---------|-------------------|---|---|
| $\Phi$  | [lm]              | Flujo luminoso necesario                  |   |
| $E$     | [lx]              | Iluminación media requerida en un espacio | Niveles de luminancia para cada tipo de recinto y actividad. RESOLUCIÓN No. 180540 DE marzo 30 de 2010 del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público  |
| $S$     | [m <sup>2</sup> ] | Área o superficie por iluminar.           | Dimensiones de las zonas de trabajo   |
| $C_d$   | [ ]               | Coeficiente de conservación               | Para entornos con condiciones de limpieza óptimas, se establece un coeficiente de 0,8, mientras que para aquellos con niveles moderados de limpieza se asigna un coeficiente de 0,6.  |
| $C_u$   | [ ]               | Coeficiente de utilización                | Para calcularlo, es necesario tener en cuenta el índice del local <b>K</b> y los <b>coeficientes de reflexión</b> del área. Utilizando estos valores, se determina el coeficiente de utilización mediante una tabla suministrada por el fabricante. |



### Coeficiente de utilización $C_u$ :

Para obtener el coeficiente de utilización de un espacio se requiere el índice del local K, que se estima con la siguiente expresión:

$$K = \frac{(l * a)}{h_u(l + a)} = \frac{(8,6m \times 4,5m)}{1,4m(8,6m + 4,5m)} = 2,11$$

Donde "l" y "a" representan la longitud y la anchura del área a iluminar, respectivamente, mientras que "h<sub>u</sub>" denota la altura útil, definida como la diferencia de altura entre el área de trabajo y la luminaria. En entornos de oficina, esta distancia correspondería a la separación vertical entre el escritorio y la luminaria.

Para determinar los coeficientes de reflexión de las superficies del área, es necesario referirse a la tabla de Reflectancias Efectivas que presenta una variedad de colores y texturas (**Tabla 8**). El techo de las oficinas, que exhibe un color blanco con cierto grado de desgaste, puede clasificarse como blanco viejo. Por otro lado, los cubículos están revestidos con un tapizado de tela que presenta tonos grises, verdes oscuros y un rojo opaco. En consecuencia, se estima que el coeficiente de reflexión del techo ronda el 76%, mientras que el de las paredes se sitúa alrededor del 59%.

Finalmente, con el índice K del local y los coeficientes de reflexión de las superficies determinados, se procede a buscar el coeficiente de utilización correspondiente en la **Tabla 10**, específica para las lámparas especulares T8 de incrustar de 60x60, obteniendo un valor aproximado de **0,44**.

**Tabla 10. Coeficiente de utilización para lámparas especulares T8 de incrustar de 60x60**

| TECHO    | 80%                         |      |      | 70%  |      |      | 50%  |      |      | 30%  |      |      |
|----------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PARED    | 50%                         | 30%  | 10%  | 50%  | 30%  | 10%  | 50%  | 30%  | 10%  | 50%  | 30%  | 10%  |
| Índice K | Coeficientes de Utilización |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1        | 0,49                        | 0,48 | 0,46 | 0,48 | 0,46 | 0,45 | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,40 | 0,40 | 0,39 |
| 2        | 0,44                        | 0,42 | 0,40 | 0,43 | 0,41 | 0,39 | 0,40 | 0,39 | 0,36 | 0,37 | 0,35 | 0,34 |
| 3        | 0,40                        | 0,37 | 0,34 | 0,39 | 0,35 | 0,33 | 0,36 | 0,34 | 0,31 | 0,33 | 0,31 | 0,31 |
| 4        | 0,36                        | 0,32 | 0,31 | 0,35 | 0,32 | 0,30 | 0,32 | 0,31 | 0,28 | 0,31 | 0,28 | 0,26 |
| 5        | 0,31                        | 0,29 | 0,26 | 0,31 | 0,28 | 0,25 | 0,30 | 0,26 | 0,24 | 0,28 | 0,25 | 0,22 |
| 6        | 0,30                        | 0,25 | 0,22 | 0,28 | 0,24 | 0,22 | 0,26 | 0,23 | 0,21 | 0,24 | 0,22 | 0,20 |
| 7        | 0,26                        | 0,22 | 0,20 | 0,25 | 0,22 | 0,19 | 0,24 | 0,21 | 0,19 | 0,22 | 0,20 | 0,18 |
| 8        | 0,23                        | 0,20 | 0,17 | 0,22 | 0,19 | 0,17 | 0,22 | 0,19 | 0,16 | 0,20 | 0,18 | 0,15 |
| 9        | 0,21                        | 0,18 | 0,14 | 0,20 | 0,17 | 0,14 | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,19 | 0,15 | 0,13 |
| 10       | 0,19                        | 0,15 | 0,13 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,18 | 0,14 | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 0,12 |

El segundo paso implica determinar el nivel de iluminación instalado. Para ello, se multiplica el número de luminarias por el nivel de iluminación de cada tecnología. Por ejemplo, para las lámparas especulares T8 de 60X60 Fluorescentes, el nivel medio de iluminación según la ficha técnica del fabricante es de 5.760 lúmenes.

Finalmente, con el coeficiente obtenido y asumiendo un coeficiente de conservación de 0,8, que refleja un nivel de limpieza adecuado. Se presenta un resumen de la evaluación de la distribución original con las lámparas fluorescentes T8X4 de 60x60 de las instalaciones de la SDS en la **Tabla 11**:

**Tabla 11. Evaluación de la distribución de iluminación original (Por batería de escritorios)**

| LOCAL/RECINTO:  |     | Batería de escritorios |                          |      |
|---|-----|------------------------|--------------------------|------|
| DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL LOCAL |     |                        |                          |      |
| NIVEL DE ILUMINACIÓN                                  |     | 500                    | Lux                      |      |
| DIMENSIONES   |     |                        |                          |      |
| LONGITUD  | 8,6 | m                      | SUPERFICIE LOCAL<br>(m2) | 38,7 |
| ANCHO   | 4,5 | m                      |                          |      |
| ALTURA  | 2,4 | m                      |                          |      |
| ALTURA DE TRABAJO                                     | 1   | m                      |                          |      |
| ALTURA ÚTIL   | 1,4 | m                      |                          |      |

|                                       |                           |        |                      |
|---------------------------------------|---------------------------|--------|----------------------|
| FACTORES DE REFLEXIÓN                 | TECHO                     | PARED  | SUELO                |
|                                       | 0,8                       | 0,6    | 0,7                  |
| ÍNDICE DEL LOCAL/RECINTO (K)          | 2,11                      |        | $K = L.a/[hu.(L+a)]$ |
| NIVELES DE ILUMINACIÓN INSTALADO      |                           |        |                      |
| TIPO DE LAMPARA                       | LAMPARA 60X60 T8 X4 (72W) |        |                      |
| FLUJO LUMINOSO DE LA TECNOLOGÍA       | 5.760                     |        | Lm                   |
| POTENCIA                              | 72                        |        | W                    |
| NÚMERO DE LUMINARIAS                  | 10                        |        |                      |
| FLUJO LUMINOSO                        | 57.600                    |        | Lm                   |
| NIVELES DE ILUMINACIÓN REQUERIDOS     |                           |        |                      |
| COEFICIENTE DE CONSERVACIÓN (Cd):     |                           | 0,80   |                      |
| COEFICIENTE UTILIZACIÓN (Cu)          |                           | 0,44   | según fabricante     |
| FLUJO NECESARIO (flujo total)         |                           | 53.750 | Lm                   |
| DIFERENCIAS EN NIVELES DE ILUMINACIÓN |                           | 7,2%   |                      |

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la distribución original que constaba de 9 a 10 lámparas especulares de 60x60 T8 X4 fluorescentes cumplía con el nivel de iluminación requerido para espacios de oficina de 500 lux. Ahora, al realizar el mismo ejercicio, pero con la nueva disposición y utilizando 6 paneles LED de 60x60, los resultados son los siguientes. (Ver la **Tabla 12**).

**Tabla 12. Nivel de iluminación actualmente instalado vs niveles de iluminación requerida.**

| NIVELES DE ILUMINACIÓN INSTALADO      |                 |                  |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|
| TIPO DE LAMPARA                       | PANEL LED (40W) |                  |
| FLUJO LUMINOSO DE LA TECNOLOGÍA       | 3.400           | Lm               |
| POTENCIA                              | 40              | W                |
| NÚMERO DE LUMINARIAS                  | 6               |                  |
| FLUJO LUMINOSO                        | 20.400          | Lm               |
| NIVELES DE ILUMINACIÓN REQUERIDOS     |                 |                  |
| COEFICIENTE DE CONSERVACIÓN (Cd):     | 0,80            |                  |
| COEFICIENTE UTILIZACIÓN (Cu)          | 0,44            | según fabricante |
| FLUJO NECESARIO (flujo total)         | 53.750          | Lm               |
| DIFERENCIAS EN NIVELES DE ILUMINACIÓN | -62.0%          |                  |

Esta nueva disposición está un 62% por debajo del nivel de iluminación requerido, lo que concuerda con las mediciones realizadas en sitio, donde se evidenció que la nueva distribución no proporciona los 500 lux necesarios. Sin embargo, esta diferencia no se debe únicamente al menor número de luminarias, sino también al nivel de iluminación de cada tecnología. Mientras que las lámparas de 60x60 T8X4 fluorescentes tienen un nivel de iluminación de 5.760 lúmenes, los paneles LED presentan niveles de iluminación de 3.400 lúmenes. Es importante destacar que el cálculo anterior se realizó asumiendo que las luminarias estarían ubicadas en el centro del espacio analizado. Si se simula un escritorio en lugar de una batería y se busca el número mínimo de paneles LED para satisfacer los niveles de iluminación en un puesto de trabajo, el resultado es el siguiente. (Ver **Tabla 13**).

**Tabla 13. Número de Paneles led necesarios para satisfacer los niveles de iluminación de un puesto de trabajo.**

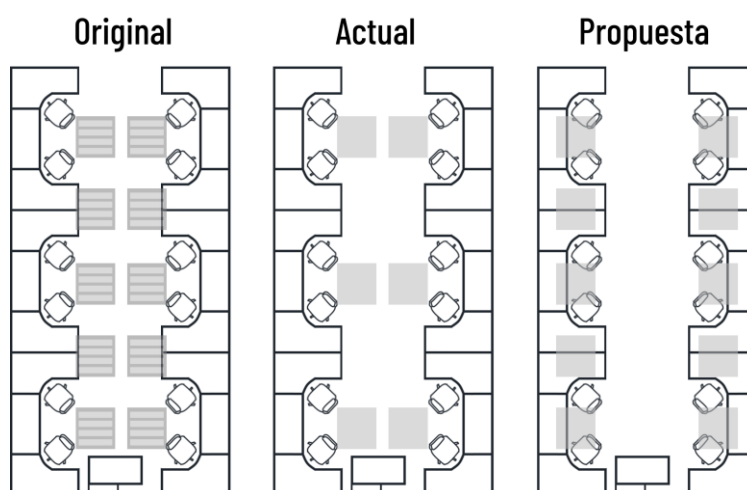
|   |                 |                              |                       |                      |
|---|-----------------|------------------------------|-----------------------|----------------------|
| LOCAL/RECINTO:  |                 | Puesto de Trabajo individual |                       |                      |
| DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL LOCAL |                 |                              |                       |                      |
| NIVEL DE ILUMINACION                                  |                 | 500                          | Lux                   |                      |
| DIMENSIONES   |                 |                              |                       |                      |
| LONGITUD  | 1,43            | M                            | SUPERFICIE LOCAL (m2) | 3,225                |
| ANCHO   | 2,25            | M                            |                       |                      |
| ALTURA  | 2,4             | M                            |                       |                      |
| ALTURA DE TRABAJO                                     | 1               | M                            |                       |                      |
| ALTURA UTIL   | 1,4             | M                            |                       |                      |
| FACTORES DE REFLEXION                                 | TECHO           | PARED                        |                       | SUELO                |
|   | 0,8             | 0,6                          |                       | 0,7                  |
| INDICE DEL LOCAL/RECINTO (K)                          | 0,63            |                              |                       | $K = L.a/[hu.(L+a)]$ |
| NIVELES DE ILUMINACIÓN INSTALADO                      |                 |                              |                       |                      |
| TIPO DE LAMPARA                                       | PANEL LED (40W) |                              |                       |                      |

|  |       |                  |
|--|-------|------------------|
| FLUJO LUMINOSO DE LA TECNOLOGÍA          | 3.400 | Lm               |
| POTENCIA                                 | 40    | W                |
| NÚMERO DE LUMINARIAS                     | 2     |                  |
| FLUJO LUMINOSO                           | 6.800 | Lm               |
| <b>NIVELES DE ILUMINACIÓN REQUERIDOS</b> |       |                  |
| COEFICIENTE DE CONSERVACION (Cd):        | 0,80  |                  |
| COEFICIENTE UTILIZACION (Cu)             | 0,51  | según fabricante |
| FLUJO NECESARIO (flujo total)            | 4.479 | Lm               |
| DIFERENCIAS EN NIVELES DE ILUMINACIÓN    | 34,1% |                  |

Con la instalación de 2 paneles LED por puesto de trabajo, se calcula un nivel de iluminación un 34,1% superior al requerido. Esto sugiere que podría ubicarse un panel sobre cada puesto de trabajo, y la luz del siguiente panel compensaría el restante, logrando así niveles óptimos de iluminación. Además, durante el recorrido se registraron mediciones fluctuantes entre 400 y 500 lux justo bajo los paneles LED, confirmando así las estimaciones. En la **Figura 6** se presenta la distribución sugerida para mejorar la iluminación.

Para una sección compuesta por 12 escritorios o puestos de trabajo, distribuir entre 10 y 12 paneles LED a los costados proporcionaría una iluminación adecuada. Este enfoque implicaría mantener el mismo número total de luminarias que en la distribución original, pero con una disposición diferente, permitiendo cumplir con los niveles de iluminación sugeridos por el RETILAP.

Además, esta estrategia conllevaría a un consumo de energía aproximadamente un 64% menor. No obstante, hay que señalar que la forma en que se está actualizando no es la más recomendada.



**Figura 6. Distribución original actual y propuesta para las luminarias.**

Por su parte, las luminarias ahorradoras que se utilizan en los pasillos, así como las lámparas herméticas, ofrecen niveles de iluminación muy similares a las tecnologías LED homólogas propuestas. Además, los pasillos tienen requerimientos de iluminación menores, aproximadamente alrededor de 100 lux según RETILAP. Por lo tanto, no se llevó a cabo un análisis detallado de la distribución y del nivel de iluminación en estos espacios. La sugerencia es realizar una sustitución directa de las luminarias actuales por LED, manteniendo una relación de 1 a 1. A continuación, se presenta una tabla comparativa de los niveles de iluminación entre las luminarias fluorescentes actuales y las LED. (Ver **Tabla 14**)

**Tabla 14. Comparación de los niveles de iluminación entre las luminarias actuales y la tecnología propuesta.**

| Comparación Niveles de Iluminación Actuales vs LED |                                    |                           |
|--|------------------------------------|---------------------------|
|  | Luminarias                         | Nivel de Iluminación [lm] |
| Actual   | BOMBILLA AHORRADORA 2 PINES (26W)  | 1.650                     |
| Propuesta  | Downlight Doméstico Circular (18W) | 1.620                     |
|  | Downlight Doméstico Circular (12W) | 1.300                     |
| Actual   | BOMBILLO REFLECTOR X2 (38W)        | 490                       |
| Propuesta  | Pantalla Estanca 2xT8              | 810                       |





### 3.2.2. Tecnología propuesta

Para sustituir las luminarias actuales, se propone la instalar de una serie de luminarias de tecnología LED, que ofrecen un ahorro en consumo energético. Por ejemplo, las lámparas herméticas 2XT8 de dos tubos pueden generar un ahorro del 50%, mientras que los paneles LED 60x60 pueden alcanzar hasta un 66% de reducción en consumo. En el caso de los Downlight Doméstico Circular, el ahorro puede llegar hasta el 76%.

Todas estas luminarias propuestas cuentan con certificación RoHS, indicando que cumplen con la Directiva de Restricción de Sustancias Peligrosas (RoHS, por sus siglas en inglés). Esta certificación confirma que las luminarias están libres de materiales peligrosos como plomo, mercurio, cadmio y ciertos tipos de retardantes de llama. Por ello, estos productos son más seguros para el medio ambiente y la salud humana, al tiempo que cumplen con las regulaciones ambientales vigentes.

Adicionalmente, cuentan con certificación RETILAP. Este reglamento establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, con el objetivo de garantizar los niveles y calidades de iluminación requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente. Las características principales de las luminarias propuestas se presentan en la **Tabla 15**.

**Tabla 15. Características técnicas de las luminarias propuestas.**

|   | Pantalla LED "E" cuadrada   | Downlight Doméstico Circular  | Downlight Doméstico Circular   | Pantalla Estanca 2xT8   |
|---|---|---|--|---|
| Tipo                                      |  |  |  |  |
| Eficiencia energética                     | A+  | A   | A  | D   |
| Dimensiones                               | 595 x 595 mm  | 22 mm   | 22 mm  | 600 mm  |
| Peso del producto [kg]                    | 11  | 0,48  | 0,28   | 6,6   |
| Potencia [W]                              | 40  | 18  | 12   | 18  |
| Voltaje de funcionamiento [V]             | 100-240   | 100-240   | 100-240  | 200-240   |
| Amperaje [A]                              | 0,95  |   |  | 0,22  |
| Flujo luminoso [Lm]                       | 3.400   | 1.620   | 1300   | 810   |
| Temperatura de color [K]                  | 6000  | 6500  | 6500   | 6500  |
| Color de luz                              | Blanca  | Blanca  | Blanca   | Blanca  |
| Índice Reproducción Cromática (IRC).      | ≥80   | ≥80   | ≥80  | ≥80   |
| Índice de deslumbramiento unificado (UGR) | ≤19   | ≤19   | ≤19  | ≤19   |
| Vida útil [h]                             | 40.000  | 25.000  | 25.000   | 40.000  |
| # de Encendidos                           | 20.000  | 12.500  | 12.500   | >100.000  |
| Garantía del proveedor [años]             | 2   | 2   | 2  | 2   |

|               | Pantalla LED "E" cuadrada | Downlight Doméstico Circular | Downlight Doméstico Circular | Pantalla Estanca 2xT8   |
|---------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| Certificación | RETILAP / RoHS            | RETILAP / RoHS               | RETILAP / RoHS               | Luminaria:2006/95/EC,2011/65/EU<br>Tubos:2006/95/EC,2004/108/EC,2011/65/EU,NSF /<br>ANSI-2 / RETILAP / RoHS |

**Nota:** Para revisar las especificaciones ver los documentos: **FICHAS\_TECNICAS\_LUMINARIAS\_SYLVANIA**, **FICHAS\_TECNICAS\_LUMINARIAS\_ROBLAN**, anexos en la carpeta de cotizaciones, subcarpeta Iluminación.

### 3.3. Actividades para la implementación

#### 3.3.1. Mano de obra

La descripción detallada del trabajo de mano de obra y obras civiles para reemplazar las luminarias existentes por nuevas luminarias LED de acuerdo con el inventario actualizado en la Tabla 2 del numeral 3.1.1., es la siguiente:

Para los 701 paneles LED que se instalarían en el cielo raso que tiene paneles de *drywall* de 60 cm x 60 cm, sería necesario realizar lo siguiente:

1. Proteger con papel las áreas de trabajo, principalmente oficinas. Esta medida es crucial para minimizar la contaminación por material pulverulento y la exposición a sustancias peligrosas que podrían generarse en caso de rotura de las luces fluorescentes durante su manipulación y retirada.
2. Retirar las luminarias existentes de tipo fluorescente T8 ubicadas en el centro de los espacios de trabajo.
3. Reubicar los puntos de luz a la nueva ubicación recomendada por el análisis luxométrico.
4. Desmontar los paneles de *drywall* necesarios para acceder al espacio del cielo raso donde se ubicarían los paneles LED.
5. Realizar las conexiones eléctricas necesarias (conexión del driver electrónico) para la alimentación de los nuevos paneles LED, garantizando su correcto funcionamiento.
6. Instalar los paneles LED en los nuevos lugares designados sobre los puestos de trabajo, y con los paneles de *drywall* removidos asegurarse de cubrir adecuadamente los espacios vacíos en el cielo raso donde estaban las antiguas luminarias.

Para la sustitución de las 959 bombillas ahorradoras (796 Bombillas Ahorradoras 2 pines (26W), 90 Bombillas ahorradoras de 2 pines X2 (52W), 72 Bombillos reflectores X2 (38W) y un bombillo ahorrador de 20W) por paneles LED circulares en los pasillos, de acuerdo con el inventario actualizado en la Tabla 2 del numeral 3.1.1., sería necesario llevar a cabo lo siguiente:

1. Retirar las bombillas ahorradoras existentes que están incrustadas en agujeros de 14 cm en el cielo raso de los pasillos.
2. Ampliar los agujeros uno a uno a un diámetro de 15,4 cm para permitir la instalación de los nuevos paneles LED circulares.
3. Realizar las conexiones eléctricas necesarias (conexión del driver electrónico) para la alimentación de los nuevos paneles LED circulares, garantizando su correcto funcionamiento y seguridad.
4. Colocar los paneles LED circulares en los agujeros ampliados, asegurándose de fijarlos correctamente en su lugar.

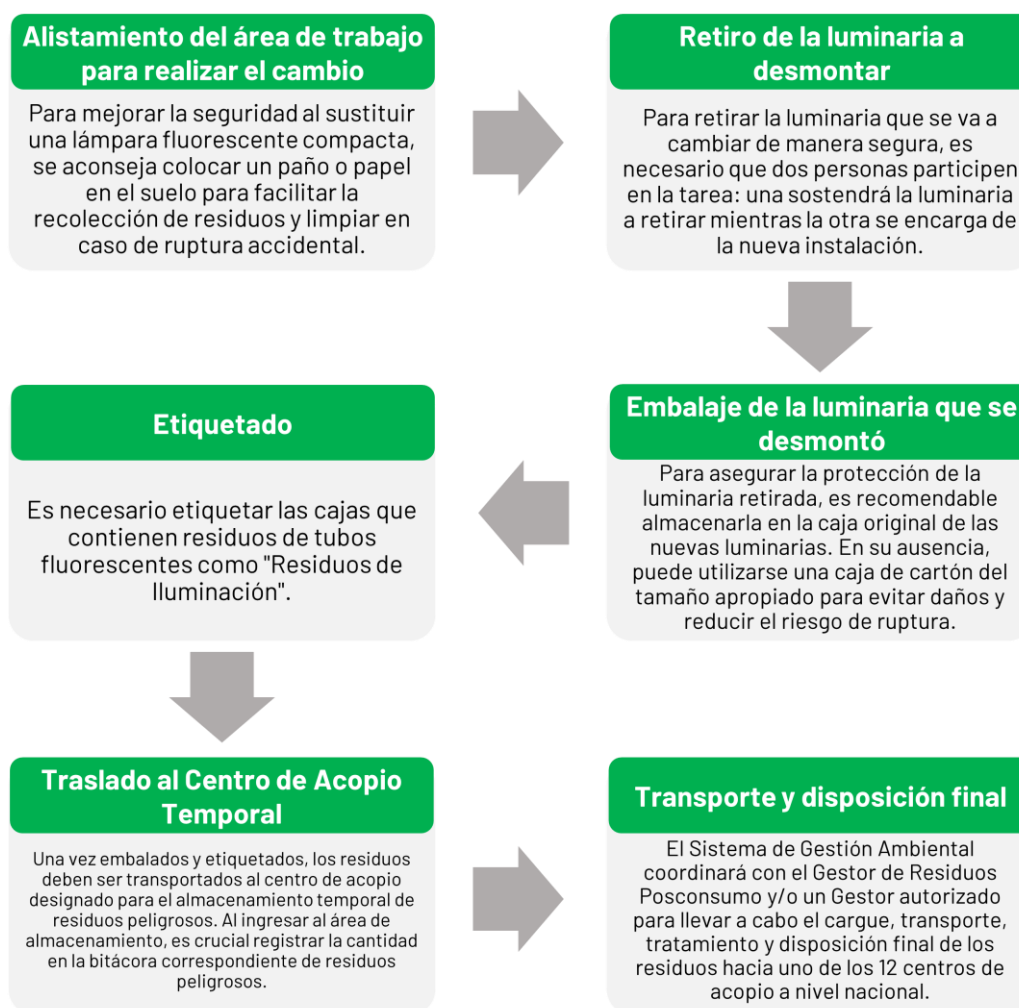
Para la instalación de las 18 lámparas herméticas, el proceso es similar al descrito anteriormente. Se procede a desinstalar las 18 lámparas fluorescentes existentes y, en su lugar, se instalan las nuevas lámparas herméticas

LED. Estas lámparas son de montaje superficial, lo que significa que no requieren modificaciones en el cielorraso. Además, la conexión eléctrica es sencilla porque el driver electrónico está integrado en estructura de la lámpara, por lo que solo hay que hacer empalmes básicos de cables para completar la instalación.

En resumen, el trabajo de mano de obra y obras civiles incluye el desmontaje de las luminarias existentes, la instalación de nuevos paneles LED en lugares específicos según el análisis luxométrico, la adecuación de los espacios en el cielo raso con paneles de *drywall*, la ampliación de los agujeros en los pasillos y la conexión eléctrica de los nuevos paneles LED para garantizar su correcto funcionamiento.

### 3.3.2. Disposición final de las luminarias actuales

El adecuado manejo de los residuos de luminarias fluorescentes es crucial para prevenir riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Este procedimiento garantiza la seguridad tanto durante el cambio de luminarias como en su almacenamiento temporal previo a su disposición final. A continuación, se describe el proceso detallado para la gestión de estos residuos, así como las características necesarias para el área de almacenamiento temporal, ver **Figura 7**.



**Figura 7. Proceso para el desmontaje y disposición final de las luminarias sustituidas.**

Para gestionar los residuos producidos por las empresas, se dispone de un total de 12 centros de acopio distribuidos a nivel nacional. Los centros son los puntos de recepción, a los que los residuos deben enviarse embalados en cajas de cartón. Para proceder con este envío, es requisito completar un formulario destinado a informar la cantidad de residuos a entregar. Una vez recibidos, el centro de acopio emitirá un certificado de aprovechamiento, el cual se otorga sin ningún costo adicional para el remitente. En la página web [lumina.com.co](http://lumina.com.co) se puede ubicar el centro de acopio más cercano.

Las bombillas que actualmente están incluidas en el Sistema de Recolección Selectiva son:

- Bombillas fluorescentes tubulares (pueden ser rectas o circulares).
- Bombillas fluorescentes compactas (comúnmente conocidas como ahorradoras).
- Bombillas para alumbrado público (sodio, mercurio o halogenuro metálico).

NO están incluidas en los Sistemas de Recolección Selectiva las bombillas de vehículos, las bombillas halógenas, dicróicas, ni las bombillas incandescentes.

**Condiciones mínimas requeridas para el almacenamiento temporal de residuos de iluminación**

1. **Pisos:** Deben ser contruidos con material sólido e impermeable para evitar la contaminación del suelo y de las fuentes de agua subterránea. No deben presentar grietas ni defectos que dificulten la limpieza y no deben tener conexión con el alcantarillado.
  2. **Ventilación:** Se debe garantizar una adecuada ventilación, ya sea natural o forzada, especialmente si hay presencia de sustancias combustibles.
  3. **Señalización:** El área de almacenamiento debe estar claramente señalizada como "RESIDUOS DE ILUMINACIÓN" y deben colocarse señales de "PROHIBIDO FUMAR EN ESTA ÁREA".
  4. **Extintor:** Debe haber un extintor disponible con capacidad mínima de 20 libras de polvo químico seco para zonas de almacenamiento localizadas en áreas abiertas, o un extintor multipropósito de 20 libras para zonas poco ventiladas. Debe recargarse una vez al año y estar ubicado a una diez (10) metros del área de almacenamiento de residuos.
  5. **Hoja de Seguridad:** La hoja de seguridad de los residuos de iluminación debe estar siempre fijada en un lugar visible dentro de las instalaciones del área de almacenamiento.
- Etiquetado:** Se debe emplear etiquetado conforme a lo establecido en el anexo I y II del Decreto 4741 de 2005 para identificar adecuadamente los residuos almacenados.

## 3.4 Análisis de datos y evaluación de beneficios

### 3.4.1 Potencial de ahorro con la tecnología LED

A pesar de que la Entidad ha avanzado en un 50% en la sustitución de las luminarias fluorescentes y de sodio por LED, todavía existe un potencial de ahorro considerable que justifica un análisis detallado.

La **Tabla 16** muestra el potencial de ahorro restante. Este análisis destaca la oportunidad de optimizar los recursos y maximizar los beneficios económicos y ambientales mediante la implementación completa de la medida.

**Tabla 16. Potencial de ahorro del reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED**

| Tecnología Actual                     | Tecnología Propuesta               | Potencia de equipo actual [W] | Potencia de Led propuesto [W] | Horas de Operación Anual | Número de equipos a cambiar | Ahorro estimado [kW] |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------|
| BOMBILLA AHORRADORA 2 PINES (26W)     | Downlight Doméstico Circular (12W) | 26                            | 12                            | 3024                     | 796                         | 33.699,46            |
| BOMBILLA AHORRADORA 2 PINES X 2 (52W) | Downlight Doméstico Circular (12W) | 52                            | 12                            | 3024                     | 90                          | 10.886,40            |
| BOMBILLO REFLECTOR X2 (38W)           | Downlight Doméstico Circular (18W) | 38                            | 18                            | 3024                     | 72                          | 4.354,56             |
| BOMBILLO AHORRADOR (20W)              | Downlight Doméstico Circular (12W) | 20                            | 12                            | 3024                     | 1                           | 24,19                |
| LÁMPARA 60X60 T8 X4 (120W)            | Panel LED 60X60 (40W)              | 120                           | 40                            | 3024                     | 701                         | 169.585,92           |
| LÁMPARA T8 X1(32W)                    | Pantalla LED Estanca 2xT8          | 32                            | 16                            | 3024                     | 18                          | 870,91               |
| <b>Ahorro total [kWh/Año]</b>         |                                    |                               |                               |                          |                             | <b>219.421</b>       |

## 3.5. Análisis de costos

### 3.5.1. Costos de equipos (Luminarias propuestas)

Los proveedores consultados para establecer el presupuesto presentaron cotizaciones que abarcan todas las luminarias necesarias para completar la sustitución de las lámparas de sodio y fluorescentes que aún deben ser



reemplazadas. La diferencia total entre las cotizaciones es de tan solo \$ 131.000 COP, y las tecnologías ofrecidas son muy similares. Por consiguiente, se ha decidido seleccionar la cotización de menor precio, dado que esto no tendrá un impacto significativo en el análisis financiero. En la **Tabla 17** se proporciona un desglose de los costos de las luminarias.

**Tabla 17. Costos de luminarias**

| Descripción                       | Valor unitario (COP/und) | Cantidad (uds) | Valor total de inversión (COP) |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------|
| Luminarias LED 12 W tipo bombillo | \$ 8.790                 | 887            | \$ 7.796.730                   |
| Luminarias LED 18 W tipo bombillo | \$ 10.790                | 72             | \$ 776.880                     |
| Luminarias LED tipo panel 40 W    | \$ 61.000                | 701            | \$ 42.761.000                  |
| Luminarias LED 16 W tipo lámpara  | \$ 32.000                | 18             | \$ 576.000                     |
| Total.                            |                          |                | <b>\$ 51.910.610</b>           |

## 3.5.2. Costos de mano de obra

Para la determinación de los costos de mano de obra, se llevó a cabo una identificación de las actividades requeridas para la ejecución del proyecto. Este proceso implicó la descomposición de cada tarea en unidades específicas de trabajo, considerando su complejidad, duración y recursos necesarios. Con base en esta identificación, se procedió a la construcción de un análisis de precios unitarios (APU) detallado. Este análisis se elaboró aprovechando la amplia experiencia en proyectos similares que tiene el equipo técnico.

A continuación, en la **Tabla 18** se detalla el costo de la mano de obra asociado a las actividades mencionadas previamente. Este costo incluye los gastos de las obras civiles, eléctricas, los honorarios del ingeniero interventor y los técnicos encargados de llevar a cabo las tareas, agrupados bajo el ítem de "oficina técnica".

**Tabla 18. Costos de mano de obra (Instalación de nuevas luminarias)**

| DESCRIPCIÓN   | Cantidad | Unidad | SUMINISTRO MATERIALES |             | INSTALACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN |             | TOTAL UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|----------|--------|-----------------------|-------------|------------------------------|-------------|----------------|-------------|
|   |          |        | VALOR UNIT.           | VALOR TOTAL | VALOR UNIT.                  | VALOR TOTAL | (\$)           | (\$)        |
| OBRAS CIVILES   |          |        |                       |             |                              |             |                |             |
| Adecuación de Obras Civiles para instalación de nuevas luminarias           | 1        | Glb    | 5.169.895             | 5.169.895   | 22.192.905                   | 22.192.905  | 27.362.800     | 27.362.800  |
| Acondicionar el área de trabajo   | 1        | Glb    | 5.169.895             | 5.169.895   | 4.069.305                    | 4.069.305   | 9.239.200      | 9.239.200   |
| Retirar las luminarias existentes T8X4                                      | 701      | c/u    | -                     | -           | 1.500                        | 1.051.500   | 1.500          | 1.051.500   |
| Instalación de los Paneles LED en las nuevas ubicaciones.                   | 701      | c/u    | -                     | -           | 4.500                        | 3.154.500   | 4.500          | 3.154.500   |
| Retirar las Bombillas ahorradoras instaladas.                               | 959      | c/u    | -                     | -           | 1.800                        | 1.726.200   | 1.800          | 1.726.200   |
| Ampliar los agujeros (de 14cm a 15,4cm)                                     | 959      | c/u    | -                     | -           | 10.080                       | 9.666.720   | 10.080         | 9.666.720   |
| Instalar los paneles LED Circulares   | 959      | c/u    | -                     | -           | 2.520                        | 2.416.680   | 2.520          | 2.416.680   |
| Desinstalar Lámparas herméticas Fluorescentes                               | 18       | c/u    | -                     | -           | 6.000                        | 108.000     | 6.000          | 108.000     |
| OBRAS ELÉCTRICAS  |          |        |                       |             |                              |             |                |             |
| Conexiones eléctricas de equipos  | 1        | Gbl    | 11.669.280            | 11.669.280  | 8.715.120                    | 8.715.120   | 20.384.400     | 20.384.400  |
| Desplazar los puntos de luz de los Paneles LED                              | 701      | Glb    | 14.400                | 10.094.400  | 3.600                        | 2.523.600   | 18.000         | 12.618.000  |
| Conexión del Driver electrónico del panel LED                               | 701      | Glb    | 1.200                 | 841.200     | 4.800                        | 3.364.800   | 6.000          | 4.206.000   |
| Conexión del Driver electrónico de los paneles LED Circulares               | 959      | Glb    | 720                   | 690.480     | 2.880                        | 2.761.920   | 3.600          | 3.452.400   |
| Desconexión lámparas fluorescentes y conexión de las Pantallas Estanca 2xT8 | 18       | Glb    | 2.400                 | 43.200      | 3.600                        | 64.800      | 6.000          | 108.000     |
| OFICINA TÉCNICA   | 1        | Gbl    | 0                     | 0           | 10.560.000                   | 10.560.000  | 10.560.000     | 10.560.000  |
| Interventoría de Provento   | 1        | Glb    | -                     | -           | 10.560.000                   | 10.560.000  | 10.560.000     | 10.560.000  |

| DESCRIPCIÓN               | Cantidad | Unidad | SUMINISTRO MATERIALES |             | INSTALACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN |             | TOTAL UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---------------------------|----------|--------|-----------------------|-------------|------------------------------|-------------|----------------|-------------|
|                           |          |        | VALOR UNIT.           | VALOR TOTAL | VALOR UNIT.                  | VALOR TOTAL | (\$)           | (\$)        |
| TOTAL COSTO DIRECTO OBRAS |          |        |                       | 58.307.200  |                              |             |                |             |
| ADMINISTRACIÓN            |          |        | 15%                   | 8.746.080   |                              |             |                |             |
| IMPREVISTOS               |          |        | 5%                    | 2.915.360   |                              |             |                |             |
| UTILIDAD                  |          |        | 5%                    | 2.915.360   |                              |             |                |             |
| TOTAL AIU                 |          |        | 25%                   | 14.576.800  |                              |             |                |             |
| VALOR TOTAL OBRAS         |          |        |                       | 72.884.000  |                              |             |                |             |

**NOTA:** Los costos estimados no incluyen la disposición final de las luminarias actuales. Sin embargo, el grupo Lumina, compuesto por 75 empresas del sector de la iluminación, ofrece un servicio gratuito de recolección y disposición de estos residuos, con emisión de certificado de aprovechamiento 90 días después de la entrega.

Para obtener más detalles sobre los costos de implementación revisar el documento: **IB-2024-04-PR-G2-Secretaría Distrital de Salud (Sustitución de luminarias)** que se encuentra en la carpeta de anexos.

### 3.6. Análisis financiero

Con el 50% restante de las luminarias fluorescentes y de sodio que aún se pueden sustituir por LED existe un potencial de ahorro anual de 219.421 kWh, lo cual requiere una inversión inicial de \$ 51.910.610 COP y un costo de instalación estimado de \$ 72.884.000 COP. En la **Tabla 19** se presentan los resultados del análisis financiero que se realizó para esta medida de eficiencia energética.

**Tabla 19. Resumen análisis financiero ECM-1 Reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED**

| Datos de entrada          |                |      | Resultados después de impuestos |                       |                         |
|---------------------------|----------------|------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Inversión:                | \$ 124.794.610 | COP  | <b>TIR</b>                      | <b>111,9</b>          | <b>%</b>                |
| Tiempo del proyecto:      | 5,0            | años | <b>VPN</b>                      | <b>\$ 632.906.765</b> | <b>COP</b>              |
| Depreciación:             | 5,0            | años | <b>Playback</b>                 | <b>1,0</b>            | <b>años</b>             |
| Ahorros anuales           |                |      | Ahorro anual de dinero          | \$ 137.868.330        | COP                     |
| Electricidad              | 219.421        | kWh  | Ahorro porcentual               | 6,71                  | %                       |
| Impuesto sobre utilidades | 35,0           | %    | Reducción de GEI                | 85,8 <sup>1</sup>     | (tCO <sub>2</sub> /año) |
| Tasa de descuento         | 8,0            | %    |                                 |                       |                         |

La **Tasa Interna de Retorno (TIR)** del 111,9% indica que los rendimientos potenciales del proyecto superan la tasa de descuento utilizada para valorar la inversión, sugiriendo que el proyecto generará beneficios financieros a lo largo de su vida útil.

El **Período de Recuperación de la Inversión (PRI)** de un (1) año demuestra la eficacia y rapidez con la que el proyecto recupera la inversión inicial. Esta corta duración implica que los flujos de efectivo positivos se generarán rápidamente en la ejecución del proyecto, lo que a su vez reduce el riesgo asociado con la recuperación de la inversión y refuerza la estabilidad financiera del mismo.

<sup>1</sup> Factor de emisión de 0,391 tonCO<sub>2</sub>e/MWh para el primer período de acreditación de proyectos diferentes a eólicos y solares (proyectos de eficiencia energética). XM S.A. E.S.P. Disponible en: [https://sinergox.xm.com.co/oferta/\\_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B43983ADE-9E9C-47EE-B173-B68B2EBC90FD%7D&file=SoporteCalculoFE\\_2022\\_LambdaCorregido.xlsx&action=default](https://sinergox.xm.com.co/oferta/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B43983ADE-9E9C-47EE-B173-B68B2EBC90FD%7D&file=SoporteCalculoFE_2022_LambdaCorregido.xlsx&action=default)

En resumen, con una TIR del 111,9%, un PRI de un (1) año y un Valor Presente Neto (VPN) de \$ 632,9 millones de COP para un proyecto de 5 años, los indicadores financieros respaldan la viabilidad y rentabilidad del proyecto de cambio a luminarias LED.

### 3.7 Cronograma de actividades de la licitación y cronograma de obras

Para abrir este proceso de licitación, es recomendable realizar las actividades propuestas en el cronograma que se visualiza en la **Tabla 20**. Las fechas indicadas son solo de referencia.

**Tabla 20. Cronograma de actividades del proceso de licitación**

| ACTIVIDAD  | PLAZO                    | lunes | martes | miércoles | jueves | viernes | sábado | domingo | lunes | martes | miércoles | jueves | viernes | sábado | domingo | lunes | martes | miércoles | jueves | viernes | sábado | domingo | lunes | martes | miércoles | jueves | viernes |
|--|--------------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|--------|-----------|--------|---------|
|  |                          | 9     | 10     | 11        | 12     | 13      | 14     | 15      | 16    | 17     | 18        | 19     | 20      | 21     | 22      | 23    | 24     | 25        | 26     | 27      | 28     | 29      | 30    | 31     | 1         | 2      | 3       |
| Publicación aviso de prensa  | 9 de mayo de 2024        |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Apertura del proceso   | 9 de mayo de 2024        |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Plazo para presentar observaciones y preguntas con relación a las condiciones de invitación. | 10 al 11 de mayo 2024    |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Plazo para la respuesta a las observaciones y adendas a las condiciones de invitación        | 12 al 13 de mayo de 2024 |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Apertura y recepción de ofertas  | 16 de mayo 2024          |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Cierre del proceso de recepción de ofertas   | 17 de mayo 2024          |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Designación del comité evaluador   | 17 de mayo 2024          |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Evaluación de las ofertas  | 18 al 20 de mayo 2024    |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Informe de evaluación  | 23 de mayo de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Evaluación   | 23 de mayo de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Puesta en consideración del informe de evaluación y recepción de observaciones               | 24 al 25 de mayo de 2024 |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Revisión de observaciones y respuesta a las mismas   | 26 al 27 de mayo de 2024 |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Informe complementario de evaluación   | 30 de mayo de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Recomendación de aceptación de oferta  | 31 de mayo de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Vo Bo del Gerente  | 1 de junio de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Contrato   | 2 de junio de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |
| Legalización del contrato  | 3 de junio de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |

Se recomienda solicitar a los licitantes el cronograma detallado para la ejecución de la medida, como el que se propone a continuación donde se detallan las obras por edificio y pisos correspondientes. (Ver **Tabla 21**)

**Tabla 21. Cronograma de actividades propuesto y estimado para la sustitución de luminarias.**

| Edificio       | Piso | Actividad   | Semanas |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------|------|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                |      |   | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Administrativo | 1    | Reemplazo de 33 lámparas fluorescentes T8X4 de 60x60 por paneles LED del mismo tamaño, y de 170 bombillas ahorradoras por paneles LED circulares.   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 2    |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 3    | Reemplazo de 175 lámparas fluorescentes T8X4 de 60x60 por paneles LED del mismo tamaño, y de 165 bombillas ahorradoras por paneles LED circulares.  |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 4    |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 5    | Reemplazo de 167 lámparas fluorescentes T8X4 de 60x60 por paneles LED del mismo tamaño, y de 164 bombillas ahorradoras por paneles LED circulares.  |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 6    |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 7    | Reemplazo de 153 lámparas fluorescentes T8X4 de 60x60 por paneles LED del mismo tamaño, y de 245 bombillas ahorradoras por paneles LED circulares.  |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 8    |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Hemocentro     | 3    | Se llevará a cabo la sustitución de 173 lámparas fluorescentes T8X4 de 60x60 por paneles LED de igual tamaño, así como el reemplazo de 215 bombillas ahorradoras por paneles LED circulares. Además, se |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 4    |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Laboratorio    | 1    |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                | 2    |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Sótano         | -1   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |

| Edificio           | Piso | Actividad  | Semanas |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------|------|--|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                    |      |  | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Plazoleta exterior | 1    | realizará el cambio de 18 lámparas herméticas de dos tubos por equivalentes en tecnología LED. |         |   |   |   |   |   |   |   |   |

## 3.8. Normas técnicas aplicables

### 3.8.1. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)

El RETILAP establece los requisitos técnicos y medidas para los sistemas de iluminación, incluyendo el alumbrado público, con el fin de garantizar niveles y calidades de energía lumínica, seguridad en el abastecimiento energético, protección del consumidor y preservación del medio ambiente. Aplica tanto a sistemas interiores como exteriores, promoviendo el uso racional y eficiente de la energía. Se enfoca en garantizar la seguridad, confort y buen diseño de las instalaciones, con requisitos mínimos para cumplir con intereses legítimos del país, como seguridad nacional, protección de la vida y la salud, vida animal y vegetal, prevención de prácticas engañosas, y protección del medio ambiente. Además, establece objetivos específicos como evitar accidentes, lesiones visuales, desperdicio de iluminación, alteraciones en ciclos naturales, daños laborales, entre otros. También unifica parámetros, establece responsabilidades para diferentes actores y exige requisitos para contribuir al uso eficiente de la energía y la protección del medio ambiente.

El RETILAP fue modificado y aclarado mediante las Resoluciones 18 0540 del 2010, 18 1568 del 2010, 18 2544 del 2010, 18 0173 del 2011, 9 1872 del 2012, 9 0980 del 2013, y la última revisión y modificación del RETILAP fue adoptada mediante la Resolución 4 0122 del 2016, después de que el Ministerio de Minas y Energía estudiara el reglamento. Por medio de esta resolución, se adicionaron y modificaron definiciones aplicables a lámparas y luminarias que usan tecnología LED, disponibilidad y acceso a información mínima de productos, extensión de plazo para el uso de tecnología incandescente halógena y flexibilización de requisitos aplicables a luminarias decorativas.

Finalmente, la Resolución número 4 0031 de 2021 amplía la vigencia del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) por 5 años más.

### 3.8.2. IEC 60598

#### OBJETO

Este estándar de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés) establece requisitos generales y pruebas para luminarias. Se aplica a luminarias destinadas a la iluminación general y especializada, tanto para uso en interiores como en exteriores. El estándar aborda aspectos como la seguridad eléctrica, mecánica y térmica de las luminarias.

#### ALCANCE

- Cubre diversos tipos de luminarias, como lámparas incandescentes, lámparas de descarga, luminarias LED, entre otras.
- Establece requisitos para la construcción de las luminarias, incluyendo materiales, protección contra contactos eléctricos, y sistemas de conexión eléctrica.
- Define métodos de prueba para evaluar el rendimiento y la seguridad de las luminarias.
- Aplicación: El estándar es fundamental para garantizar la seguridad y el rendimiento de las luminarias utilizadas en diversas aplicaciones, desde entornos residenciales hasta industriales.

### 3.8.3. Nc ISO 8995 Iluminación de puestos de trabajo en interiores

#### OBJETO

La norma ISO 8995 proporciona directrices para la iluminación de ambientes de trabajo, para asegurar condiciones de iluminación adecuadas para la realización de tareas visuales y el bienestar de las personas en el entorno laboral.

#### CONTENIDO

- Establece parámetros como los niveles de iluminación recomendados para diferentes tipos de tareas visuales.
- Aborda aspectos relacionados con la distribución de luminancia, la reproducción del color y la temperatura de color de la luz.
- Considera factores ergonómicos y de confort visual.

#### APLICACIÓN

La norma se aplica a una amplia gama de entornos laborales, desde oficinas y fábricas hasta laboratorios y otros lugares de trabajo. Busca garantizar que la iluminación sea suficiente y adecuada para las actividades visuales que se llevan a cabo en esos entornos, contribuyendo al bienestar y la productividad de los trabajadores.

### 3.8.4. Normatividad que regula el manejo de los residuos de iluminación

**Tabla 22. Normatividad aplicable a la gestión de residuos de iluminación**

| Norma                             | Descripción   |
|-----------------------------------|---|
| Constitución Política de Colombia | El artículo 8, consagra la obligación del Estado y de todas las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación; el artículo 79, reconoce el derecho a gozar de un ambiente sano e impone al Estado el deber de proteger la diversidad e integridad del ambiente; el artículo 80, señala que el Estado deberá planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, prevenir los factores de deterioro ambiental y exigir responsabilidad por los daños causados; El artículo 95 numeral 8, dispone que es deber de todo ciudadano, proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano; el artículo 333 ordena a la ley delimitar la libertad económica cuando así lo exija el interés social y el ambiente. |
| Ley 9 de 1979                     | Código Sanitario Nacional   |
| Ley 253 de 1996                   | Colombia aprobó el Convenio de Basilea, sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, en la que se consagra el principio del manejo ambiental racional de los desechos peligrosos debidamente clasificados en el anexo 1 de la misma.   |
| Ley 430 de 1998                   | Por la cual se dicta normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones, dispone en su artículo 12 que se permitirá impulsar la utilización de aceites lubricantes de desecho para la generación de energía eléctrica.  |
| Ley 1252 de 2008                  | Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.  |
| Decreto 4741 de 2005              | Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.   |

| Norma                   | Descripción   |
|-------------------------|---|
| Decreto 1076 de 2015    | Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible   |
| Resolución 1362 de 2007 | Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005. |
| Decreto 1609 de 2002    | Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.  |
| Decreto 1079 de 2015    | Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte   |
| Resolución 1511 de 2010 | Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones   |
| Resolución 1754 de 2011 | Por la cual se adopta el Plan para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos para el Distrito Capital  |
| Resolución 242 de 2014  | Por la cual se adoptan los lineamientos para la formulación, concertación, implementación, evaluación, control y seguimiento del Plan Institucional de Gestión Ambiental –PIGA.   |

### 3.9. Análisis de riesgos

Para mitigar los riesgos asociados con el proyecto de sustitución de luminarias, se recomiendan las siguientes acciones:

- Realizar estudios previos para evaluar la integridad del cielo raso y establecer protocolos de protección durante la instalación de nuevas lámparas, incluyendo el uso de elementos de protección personal y la señalización adecuada.
- Planificar las labores de instalación en horarios que no interrumpan la jornada laboral normal, de modo que se minimice la interrupción de actividades en la oficina.
- El proveedor debe llevar a cabo un estudio de iluminación para garantizar que los nuevos niveles y la calidad de iluminación cumplan con los requisitos establecidos por el RETILAP. Dado que los niveles de iluminación pueden variar incluso para el mismo tipo de luminaria de diferentes proveedores.
- Implementar medidas de seguridad y protección personal para mitigar riesgos laborales durante las labores de obra civil, como el uso de elementos de protección personal y el cerramiento adecuado de la obra.
- Implementar controles de calidad durante el comisionamiento y arranque de las nuevas luminarias, incluyendo pruebas parciales y cumplimiento de especificaciones técnicas para garantizar su correcto funcionamiento.
- Contar con personal altamente calificado para la instalación y evitar daños a partes eléctricas. Realizar un seguimiento riguroso al proceso de abastecimiento para evitar retrasos en la adquisición de equipos, y considerar posibles retrasos en el cronograma mediante seguimiento semanal al proceso de abastecimiento.

A continuación, se presenta la matriz de riesgos, más una descripción detallada de la misma junto con las instrucciones para su comprensión, elaborada específicamente para la medida de sustitución de luminarias.

#### 3.9.1. Descripción de la Matriz de Riesgos

**OBJETIVO:** Proporcionar una descripción de la matriz de riesgos propuesta en el presente documento.

**DESCRIPCIÓN:** La matriz de riesgos propuesta es una matriz de 6x5, el objetivo es clasificar cada evento como de impacto muy alto, alto, medio o insignificante. Esta calificación se otorga con base en dos parámetros: la severidad y la probabilidad de ocurrencia.

La codificación por colores representa el nivel combinado de probabilidad y severidad de los riesgos identificados. Los riesgos muy altos se representan en rojo, los altos en naranja, los medios en amarillo, los bajos en amarillo (ámbar) y los nulos en verde. A continuación, en la **Tabla 23** se describen las siglas propuestas en la matriz:

**Tabla 23. Colores y codificación de la matriz de riesgos.**

| Color | Codificación             |
|-------|--------------------------|
|       | VH (Very High): muy alto |
|       | H (High): alto           |
|       | M (Medium): muy alto     |
|       | L (Low): bajo            |
|       | N (Null): nulo           |

En el parámetro de severidad (**eje y**), se evalúan 6 niveles:

1. Nulo (calificación 0)
2. Insignificante (calificación 1)
3. Bajo (calificación 2)
4. Medio (calificación 3)
5. Alto (calificación 4)
6. Muy alto (calificación 5).

Este parámetro se evalúa para las siguientes 6 categorías:

**Tabla 24. Categorías analizadas y evaluadas en la matriz de riesgo**

| Nivel de Impacto | Personas               | Daños a instalaciones | Ambiente                  | Inversión                       | Programación                    | Imagen y clientes     |
|------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Nulo             | Ningún daño            | Ningún accidente      | Ningún efecto             | 0% del CAPEX                    | 0% del tiempo                   | ningún impacto        |
| Insignificante   | Lesión leve            | Daño leve             | Efecto leve               | Entre el 0,5% y el 1% del CAPEX | Entre el 0% y el 1% del tiempo  | impacto interno       |
| Bajo             | Lesión temporal        | Daño menor            | Efecto menor              | Entre el 0,5% y el 1% del CAPEX | Entre el 1% y el 2% del tiempo  | impacto local         |
| Medio            | Incapacidad temporal   | Daño localizado       | Contaminación localizada  | Entre el 1% y 3% del CAPEX      | Entre el 2% y 6% del tiempo     | impacto regional      |
| Alto             | Incapacidad permanente | Daño mayor            | Contaminación mayor       | Entre el 3% y el 5% del CAPEX   | Entre el 6% y el 10% del tiempo | impacto nacional      |
| Muy Alto         | Una o más fatalidades  | Daño total            | Contaminación irreparable | Mayor al 5% del CAPEX           | Mayor al 10% del tiempo         | impacto internacional |

La calificación se otorga al combinar la probabilidad con la severidad asignada, por ejemplo: supongamos que vamos a evaluar un riesgo para la categoría de personas. A este riesgo asignamos una probabilidad media de ocurrencia y una severidad nivel 2 (bajo), la calificación será C2-L, lo cual quiere decir que el nivel de riesgo es bajo.

A continuación, se presenta la matriz de riesgos correspondiente a la presente medida.

Los riesgos iniciales del reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED propuesta se describen brevemente en la **Tabla 32**. Se consideran los riesgos técnicos de mayor impacto.

**Tabla 25. Riesgos técnicos de la medida del reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED**

| R Id.      | Categoría del riesgo       | RIESGO  | CAUSA BÁSICA   | Personas | Instalaciones | Ambiente | Económico | Tiempo | Img. Cliente | Otra | Valoración | ACCIÓN DE TRATAMIENTO   |
|------------|----------------------------|---|--|----------|---------------|----------|-----------|--------|--------------|------|------------|---|
| <b>R01</b> | Montaje y construcción     | Afectación del cielo raso en labores de instalación de nuevas lámparas  | Se debe ampliar el diámetro de las lámparas ubicadas en el pasillo   |          |               |          | B1-N      |        |              |      | N          | Uso de elementos de protección personal. Realizar la señalización y cerramiento necesario durante la ejecución de la medida.  |
| <b>R02</b> | Montaje y construcción     | Suspensión del suministro de energía para labores de instalación  | Desenergización de tablero eléctrico durante las labores de instalación  |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Planificar las labores en un horario que no afecte la jornada laboral normal de la edificación.   |
| <b>R03</b> | Montaje y construcción     | Interrupción de actividades en la oficina por labores de instalación de las nuevas lámparas   | Interrupción de actividades durante labores de instalación   |          |               |          | C2-L      | C2-L   |              |      | L          | Planificar las labores en un horario que no afecte la jornada laboral normal de la edificación.   |
| <b>R04</b> | Montaje y construcción     | No cumplir con requisitos y medidas requeridos para garantizar los niveles y calidad de la iluminación de acuerdo con los lineamientos de RETILAP | No cumplimiento de la normativa RETILAP  | C2-L     |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Llevar a cabo una verificación de los diseños propuestos antes de iniciar las obras, asegurándose de que el nivel de iluminación especificado para la tecnología propuesta concuerde con el utilizado durante el proceso de diseño. |
| <b>R05</b> | Montaje y construcción     | Incompatibilidad de las luminarias LED con la infraestructura eléctrica del edificio  | Las luminarias LED pueden tener requisitos eléctricos diferentes a las luminarias convencionales, lo que podría generar problemas de compatibilidad. |          |               |          | C3-M      |        |              |      | M          | Realizar una evaluación técnica previa para asegurar que la instalación eléctrica del edificio sea compatible con las nuevas luminarias. Puede ser necesario realizar ajustes o actualizaciones en la infraestructura eléctrica.    |
| <b>R06</b> | Montaje y construcción     | Ambiente pulvigeno, ruido, contaminación  | Labores de obra civil  | C1-N     |               | C2-L     |           |        |              |      | L          | Uso de elementos de protección personal. Cerramiento de la obra.  |
| <b>R07</b> | Comisionamiento y arranque | Falla en el funcionamiento de las lámparas nuevas   | Falla en el funcionamiento de las lámparas nuevas  |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Control de calidad  |
| <b>R08</b> | Calidad y materiales       | Falla en la calidad de las nuevas lámparas  | Las nuevas lámparas no cumplen con el tiempo de vida útil especificado   |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Control de calidad al momento de la adquisición y exigencia de garantía al proveedor.   |
| <b>R09</b> | Montaje y construcción     | Afectación a partes eléctricas  | Daño a instalaciones eléctricas (mala conexión del técnico)  |          |               |          | C2-L      | C2-L   |              |      | L          | Contar con personal altamente calificado para la realización de las labores.  |
| <b>R10</b> | Abastecimiento             | Retrasos en la adquisición de equipos   | Retraso durante el proceso de compra   |          |               |          | C2-L      | B2-N   |              |      | L          | Considerar en el cronograma los posibles retrasos y realizar seguimiento semanal al proceso de abastecimiento.  |



**Tabla 26. Consecuencias inherentes a los riesgos identificados para la medida del reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED.**

| Tabla 26: Consecuencias inherentes a los riesgos identificados para la medida de reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED. |                |  |                       |                           |               |             |                       |                   |                              | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA  |                              |                            |                              |      |
|---|----------------|--|-----------------------|---------------------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|------|
| Inversión   |                | 124.794.610,0                            |                       | PROGRAMA DE EJECUCIÓN:    |               | 30          |                       |                   |                              | A                           | B                            | C                          | D                            | E    |
| CONSECUENCIAS   |                |  |                       |                           |               |             |                       |                   |                              | OTRA                        |                              |                            |                              |      |
|   |                |  |                       |                           |               |             |                       |                   |                              | <1%                         | 1%-5%                        | 5%-25%                     | 25%-50%                      | >50% |
| SEVERIDAD   |                | HSE y SEG. FÍSICA                        |                       |                           | ALCANCE       |             |                       | IMAGEN Y CLIENTES | Insignificante               | Bajo                        | Medio                        | Alto                       | Muy Alto                     |      |
|   |                | Personas                                 | Daños a instalaciones | Ambiente                  | Inversión     |             | Programación          |                   | Ocorre en 1 de 100 proyectos | Ocorre en 1 de 20 proyectos | Ocorre en 1 cada 4 proyectos | Ocorre en 1 de 3 proyectos | Ocorre en 1 cada 2 proyectos |      |
|   |                |  |                       |                           |               |             | Días Calendario       |                   |                              |                             |                              |                            |                              |      |
|   |                |  |                       |                           | Desde         | Hasta       | Desde                 | Hasta             |                              |                             |                              |                            |                              |      |
| 5   | Muy Alto       | Una o más fatalidades                    | Daño Total            | Contaminación Irreparable | > 5,00% CAPEX |             | >10%                  |                   | Impacto Internacional        | M                           | M                            | H                          | H                            | VH   |
|   |                |  |                       |                           | 6.239.731     | 124.794.610 | 3,0                   | 30,0              |                              |                             |                              |                            |                              |      |
| 4   | Alto           | Incapacidad permanente (parcial o total) | Daño Mayor            | Contaminación Mayor       | > 3,00% CAPEX |             | 6->10%                |                   | Impacto Nacional             | L                           | M                            | M                          | H                            | H    |
|   |                |  |                       |                           | 3.743.838     | 6.239.730   | 1,8                   | 2,0               |                              |                             |                              |                            |                              |      |
| 3   | Medio          | Incapacidad temporal(>1 día)             | Daño Localizado       | Contaminación Localizada  | > 1,00% CAPEX |             | 2->6%                 |                   | Impacto Regional             | N                           | L                            | M                          | M                            | H    |
|   |                |  |                       |                           | 1.247.946     | 3.743.838   | 0,6                   | 0,8               |                              |                             |                              |                            |                              |      |
| 2   | Bajo           | Lesión menor (sin incapacidad)           | Daño Menor            | Efecto Menor              | > 0,50% CAPEX |             | 1->2%                 |                   | Impacto Local                | N                           | N                            | L                          | M                            | M    |
|   |                |  |                       |                           | 623.973       | 1.247.946   | 0,3                   | -0,4              |                              |                             |                              |                            |                              |      |
| 1   | Insignificante | Lesión leve (primeros auxilios)          | Daño leve             | Efecto Leve               | > 0,50% CAPEX |             | <1%                   |                   | Impacto Interno              | N                           | N                            | N                          | L                            | M    |
|   |                |  |                       |                           | 623.973       | 1.247.946   | 0,0                   | -0,7              |                              |                             |                              |                            |                              |      |
| 0   | Nulo           | Ningún Incidente                         | Ningún Daño           | Ningún Efecto             | = 0,00% CAPEX |             | 0% Programa Ejecución |                   | Ningún Impacto               | N                           | N                            | N                          | N                            | N    |
|   |                |  |                       |                           | 0             | 0           | 0,0                   | 0,0               |                              |                             |                              |                            |                              |      |

## 4. ECM-5 Cambio tecnológico de ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética

### 4.1. Recopilación de información complementaria

Durante el recorrido en el edificio se recopilaron datos como las dimensiones de las puertas y las cabinas actuales, y se visitaron los cuartos de control para verificar el tipo de motores actuales y las acometidas para tener referencia de las modificaciones necesarias para la instalación de la nueva tecnología.

Se efectuó una evaluación de los aspectos mecánicos y electrónicos del ascensor, validando su operatividad actual. Se constató que la obsolescencia tecnológica del equipo aumenta los costos en mantenimiento preventivo, correctivo y la obtención de repuestos. Además, esta situación ha propiciado una elevada frecuencia de fallos. En virtud de estas consideraciones, se recomienda llevar a cabo una actualización tecnológica del ascensor para optimizar su rendimiento y mitigar los inconvenientes asociados a su infraestructura tecnológica desactualizada.

Con el objetivo de proporcionar a los proveedores una visión clara de los requisitos de equipos y tecnología necesarios para la Secretaría Distrital de Salud, se recopilaron datos detallados sobre la capacidad, tecnología y dimensiones de los cuartos de máquinas y de los equipos existentes. Estos datos se presentan en las siguientes tablas para facilitar la identificación de soluciones adecuadas (**Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29**).

**Tabla 27. Características técnicas actuales de los ascensores**

| Equipo     | Ubicación [Edificio] | Marca | Referencia                   | Velocidad [m/s] | Capacidad (Kg) | Capacidad (Nº. personas) | Nº de Paradas |
|------------|----------------------|-------|------------------------------|-----------------|----------------|--------------------------|---------------|
| Ascensor 1 | Administrativo       | LG    | Di2-PA15(1000)-CO-105-08/08  | 1,75            | 1.000          | 15                       | 8             |
| Ascensor 2 | Administrativo       | LG    | Di2-PA15(1000)-CO-105-08/08  | 1,75            | 1.000          | 15                       | 8             |
| Ascensor 3 | Administrativo       | LG    | Di2-PA15(1000)-CO-105-08/08  | 1,75            | 1.000          | 15                       | 8             |
| Ascensor 4 | Administrativo       | LG    | Di2-PA15(1000)-CO-105-08/08  | 1,75            | 1.000          | 15                       | 8             |
| Ascensor 5 | Hemocentro           | LG    | Di1-PA13(0900)-CO-090-05/05  | 1,50            | 900            | 13                       | 5             |
| Ascensor 6 | Hemocentro           | LG    | Di2-PA15(1150)-CO-090-05/05  | 1,50            | 1.150          | 15                       | 5             |
| Ascensor 7 | Laboratorio          | LG    | Di21-PA13(1000)-CO-090-05/05 | 1,50            | 1.000          | 13                       | 5             |
| Ascensor 8 | Laboratorio          | LG    | Di1-PA17(1150)-CO-090-05/05  | 1,50            | 1.150          | 17                       | 5             |
| Ascensor 9 | DUES (Negativo)      | LG    | Di1-PA13(0900)-CO-090-05/05  | 1,50            | 900            | 13                       | 7             |

**Tabla 28. Dimensiones actuales de las cabinas y puertas de los ascensores**

| EQUIPO     | Dimensiones de Cabina y puertas |                      |                       |
|------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
|            | Ancho de puerta [m]             | Altura de Puerta [m] | Altura de cabinas [m] |
| ASCENSOR 1 | 0,90                            | 2,10                 | 2,25                  |
| ASCENSOR 2 | 0,90                            | 2,10                 | 2,25                  |
| ASCENSOR 3 | 0,90                            | 2,10                 | 2,25                  |
| ASCENSOR 4 | 0,90                            | 2,10                 | 2,25                  |
| ASCENSOR 5 | 0,90                            | 2,10                 | 2,30                  |
| ASCENSOR 6 | 1,20                            | 2,10                 | 2,30                  |
| ASCENSOR 7 | 0,90                            | 2,10                 | 2,30                  |
| ASCENSOR 8 | 1,20                            | 2,10                 | 2,30                  |
| ASCENSOR 9 | 1,10                            | 2,10                 | 2,25                  |

**Tabla 29. Dimensiones de las salas de máquinas**

| Edificio       | Dimensiones de Salas de Maquinas |           |           |
|----------------|----------------------------------|-----------|-----------|
|                | Altura [m]                       | Ancho [m] | Largo [m] |
| Administrativo | 2,315                            | 4,191     | 10,177    |
| Hemocentro     | 2,2                              | 4,584     | 5,096     |
| Laboratorios   | 2,17                             | 4,716     | 5,318     |
| DUES           | Sala de máquinas subterránea     |           |           |

## 4.2. Especificaciones técnicas de la medida propuesta

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de los ascensores sujetos a intervención, presentadas en una tabla que abarca datos cruciales como capacidad, velocidad, tipo de motor requerido y maniobra actual. Además, se proporciona la ubicación de los cuartos de máquinas correspondientes. Es importante destacar que, mientras ocho de los ascensores tienen el cuarto de máquinas en la parte superior, en el caso del ascensor del edificio DUES, este se sitúa en el sótano.

La información concerniente a las dimensiones de las cabinas y cuartos de máquinas se encuentra detallada en la **Tabla 28** y **Tabla 29** del apartado anterior del documento, lo cual ofrece una referencia concreta para planificar las intervenciones de manera precisa y eficiente.

**Tabla 30. Especificaciones técnicas de los ascensores a modernizar.**

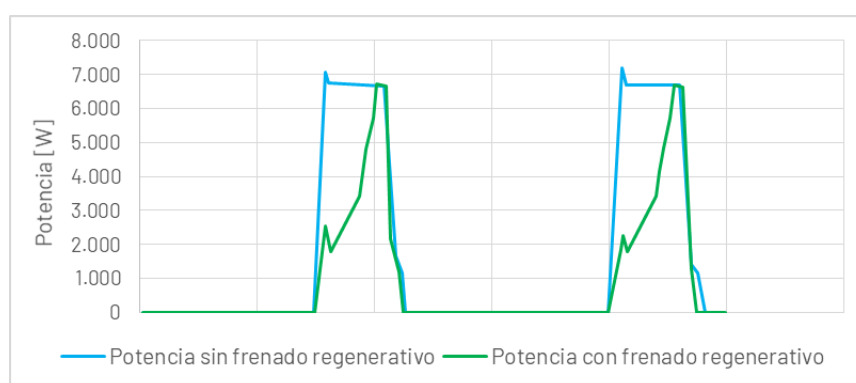
| Edificio       | Equipo     | # Pisos | Ubicación del Cuarto de máquinas | Velocidad [m/s] | Capacidad [kg] | Recorrido [m] | # personas | Equipo de Tracción   | Tipo de maniobra                | Tipo de puertas  | Nº de empujadores |
|----------------|------------|---------|----------------------------------|-----------------|----------------|---------------|------------|--|---------------------------------|------------------|-------------------|
| Administrativo | Ascensor 1 | 8       | Último piso                      | 1,75            | 1000           | 32            | 15         | Máquina sellada sin engranajes y motor de imanes permanentes. Tracción mediante cintas planas. | VVVF control de grupo 4 equipos | Apertura Central | 1F                |
|                | Ascensor 2 | 8       | Último piso                      | 1,75            | 1000           | 32            | 15         |  | VVVF DUPLEX                     |                  |                   |
|                | Ascensor 3 | 8       | Último piso                      | 1,75            | 1000           | 32            | 15         |  | VVVF DUPLEX                     |                  |                   |
|                | Ascensor 4 | 8       | Último piso                      | 1,75            | 1000           | 32            | 15         |  | VVVF                            |                  |                   |
| Hemocentro     | Ascensor 5 | 5       | Último piso                      | 1,50            | 900            | 20            | 13         |  | VVVF NEGATIVO                   |                  |                   |
|                | Ascensor 6 | 5       | Último piso                      | 1,50            | 1150           | 20            | 17         |  |                                 |                  |                   |
| Laboratorios   | Ascensor 7 | 5       | Último piso                      | 1,50            | 1000           | 20            | 15         |  |                                 |                  |                   |
|                | Ascensor 8 | 5       | Último piso                      | 1,50            | 1150           | 20            | 17         |  |                                 |                  |                   |
| DUES           | Ascensor 9 | 7       | Sótano                           | 1,50            | 900            | 28            | 13         |  |                                 |                  |                   |

### 4.2.1. Motores síncronos de imanes permanentes

Los motores síncronos de imanes permanentes ofrecen un rendimiento hasta un 25% mayor que los motores de inducción convencionales debido a su diseño con imanes de ferrita en el rotor, garantizando un par constante y una regulación precisa de velocidad. Esto se traduce en una mayor eficiencia energética, con pérdidas aproximadamente un 15%-20% menores, permitiendo a los usuarios recuperar el costo adicional en un periodo de 3 a 15 meses. Además, su menor temperatura de trabajo y la necesidad de lubricación mínima reducen los costos operativos y de mantenimiento a lo largo de la vida útil del ascensor.

### 4.2.2. Sistema de frenado regenerativo

El frenado regenerativo en ascensores de tracción eléctrica con variador aprovecha la energía generada durante el frenado, contrarrestando el desperdicio energético de los sistemas tradicionales. Esta tecnología permite capturar y almacenar o reinyectar a la red la energía generada para su uso posterior o su uso en otros sistemas, resultando en una reducción de los costos de energía. Los ascensores recuperan energía tanto durante el descenso, cuando la cabina está llena, debido a la diferencia de peso entre la cabina y el contrapeso, como durante la ascensión, cuando la cabina sube vacía y el contrapeso desciende. Los estudios sugieren que el frenado regenerativo puede reducir el consumo de energía entre un 20% y un 40% en comparación con los sistemas convencionales, evidenciando su potencial de ahorro energético, como se muestra en la **Figura 8**.



**Figura 8. Potencia en con y sin sistema de frenado regenerativo**

Como se puede observar en la **Figura 8** la potencia necesaria para el funcionamiento del ascensor se reduce aproximadamente en un 35% con la implementación de un sistema de frenado regenerativo. No obstante, al combinar esta tecnología con motores de imanes permanentes y sistemas de control de llamadas para los ascensores, es posible alcanzar ahorros de energía aún mayores.

### 4.2.3. Bandas planas de acero cubierto de poliuretano

Las bandas planas de acero recubiertas de poliuretano son elementos clave en los sistemas de tracción de ascensores modernos. Estas bandas, también conocidas como correas de tracción, ofrecen una alternativa eficiente y duradera a los sistemas de cableado convencionales. Fabricadas con acero de alta resistencia y recubiertas con poliuretano para mejorar la tracción y reducir el desgaste, estas bandas proporcionan una conexión segura entre la cabina del ascensor y el sistema de tracción.

Al compararlas con los cables de acero tradicionales, las bandas planas ofrecen una serie de ventajas. En primer lugar, su diseño plano y flexible permite una mayor estabilidad y precisión en el movimiento de la cabina, lo que resulta en una experiencia de viaje más suave y silencioso para los usuarios. Además, el poliuretano proporciona un agarre superior, lo que reduce la posibilidad de deslizamiento y garantiza un funcionamiento más seguro del ascensor.



**Figura 9. Bandas planas de acero cubiertas de poliuretano.**

Además de su rendimiento mejorado, las bandas planas de acero recubiertas de poliuretano también ofrecen una mayor durabilidad y resistencia al desgaste. Esto se traduce en una vida útil más larga del sistema de tracción y una reducción en los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo. En resumen, estas bandas representan una opción moderna y eficiente para la tracción de ascensores, proporcionando un rendimiento superior y una mayor fiabilidad en comparación con los sistemas de cableado convencionales.

Las bandas planas de acero recubiertas de poliuretano también ofrecen ventajas en términos de ahorro de energía. Debido a su diseño más liviano en comparación con los cables de acero tradicionales, estas bandas reducen la carga sobre el sistema de tracción del ascensor, lo que resulta en un consumo de energía más eficiente durante el funcionamiento.

## 4.3 Alternativas disponibles en el mercado

**OTIS** ofrece un motor tipo Gearless (Sin Reductor) de imán permanente, caracterizado por su menor tamaño y peso. Al prescindir de engranajes, no requiere lubricantes, lo que optimiza su mantenimiento. Este tipo de máquina exhibe una alta eficiencia y produce niveles mínimos de ruido tanto eléctrico como mecánico.

- Sistema de control: el sistema Gen2®Mod incorpora un Control Electrónico VVF con Drive Regen, lo que lo hace regenerativo. Esto significa que es capaz de captar la energía potencial y devolverla al edificio para alimentar otros componentes eléctricos, generando así un ahorro de energía.
- En cuanto a las cintas de tracción, estas están compuestas por una cinta plana recubierta con una capa de poliuretano flexible que envuelve los cables de acero. Esta innovación no solo reduce el peso, sino que también aumenta la durabilidad hasta tres veces más que los cables convencionales.
- Finalmente, el suministro e instalación del Operador de Puertas es esencial debido a la nueva tecnología implementada, garantizando así el correcto funcionamiento de las puertas del ascensor.
- En conjunto, el paquete de modernización ofrecido por OTIS puede proporcionar ahorros de hasta el 75% en periodos de baja demanda.

**Mitsubishi** ofrece una solución de alta tecnología para la sustitución de ascensores, destacando su motor de tracción sin engranajes con motor de imán permanente (PM) y frenos dobles independientes para garantizar la máxima seguridad. El núcleo recubierto de juntas integrado en el motor PM permite una mayor eficiencia y compacidad, reduciendo el consumo de energía eléctrica y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, el control del inversor VVVF proporciona un funcionamiento suave y eficiente, con un sistema de frenado regenerativo que conserva energía y puede generar hasta un 60% de ahorro energético en comparación con los controles AC-2 tradicionales. El sistema AI-2200C Group Control utiliza una tecnología innovadora de red neuronal de IA para optimizar la

asignación de cabinas, reduciendo el tiempo de espera de los pasajeros y mejorando la eficiencia del transporte. Por último, el Regenerative Converter (PCNV) permite la transmisión de energía regenerada a la red eléctrica, ofreciendo una solución avanzada de ahorro de energía que beneficia al edificio en su conjunto.

**Schindler** ofrece una solución avanzada para la sustitución de ascensores con su tecnología de destino Schindler PORT, que revoluciona la optimización del flujo de tráfico dentro del edificio y brinda un servicio personalizado con control de acceso. Esta tecnología puede mejorar la capacidad de manejo, los tiempos de espera y la eficiencia del destino hasta en un 50%, mediante el análisis de los patrones de tráfico actuales del edificio.

Además, Schindler utiliza motores de corriente alterna (AC) y de imanes permanentes (PM) en sus ascensores, lo que aumenta la eficiencia de la máquina elevadora y reduce significativamente el consumo de energía eléctrica.

Las unidades regenerativas de factor de potencia 1 (PF1) son otro aspecto destacado de la oferta de Schindler. Estas unidades reducen considerablemente el consumo de energía eléctrica en comparación con las aplicaciones convencionales y regeneran la energía nuevamente en el sistema eléctrico del edificio, con una eficiencia del 99%. Esta energía recuperada puede utilizarse para alimentar otras necesidades del edificio, como iluminación y aire acondicionado, lo que también reduce los costos de climatización al generar menos calor.

Los medios de tracción de suspensión (STM) exclusivos de Schindler ofrecen una solución más flexible y compacta en comparación con los cables tradicionales, lo que resulta en una máquina más pequeña en el hueco del ascensor o en la sala de máquinas. Esto no solo ahorra espacio, sino que también proporciona una conducción más suave y confiable.

**Kone** ofrece una amplia gama de soluciones de modernización y electrificación para ascensores, respaldadas por certificaciones y reconocimientos de calidad. Su solución de modernización KONE ReGenerate™, disponible en dos versiones según las necesidades del edificio, utiliza tecnología de punta como las máquinas KONE EcoDisc™ o KONE PowerDisc™ sin engranajes, que garantizan una alta eficiencia eléctrica y un funcionamiento seguro y confiable. Esta solución no solo mejora la eficiencia energética y la seguridad del ascensor existente, sino que también ofrece una nivelación precisa del piso y una comodidad de conducción suave. Además, la tecnología de accionamiento regenerativo de KONE puede reducir el consumo de energía hasta en un 30%, recuperando la energía de frenado para usarse en otras necesidades del edificio.

**Sigma** cuenta con soluciones de vanguardia para la modernización de ascensores, destacando su máquina sin engranajes de imán permanente (PM), la cual reduce el área y volumen requerido en la sala de máquinas, ofreciendo una disposición más flexible del equipo. Esta máquina genera menos pérdida de energía que las máquinas de inducción convencionales y proporciona un factor de potencia mejorado. Además, la tecnología de propulsión regenerativa de Sigma permite capturar y reutilizar la energía generada durante el funcionamiento del ascensor, contribuyendo así a la eficiencia energética del edificio al devolverla a la red eléctrica. La solución total para la energía IRIS 3 de Sigma está diseñada para minimizar el consumo de energía desde la etapa inicial, utilizando componentes energéticamente eficientes en puertas, iluminación y unidades de tracción. Con un control total del sistema validado en clasificaciones VDI A, Sigma logra hasta un 50% de ahorro de energía y promete un crecimiento sostenible. Además, la máquina sin engranajes de Sigma no requiere lubricación, lo que resulta en un ahorro de aproximadamente 1.400 litros de aceite a lo largo de la vida útil del ascensor.

Empresas como Toshiba, Hyundai, entre otros, también ofrecen soluciones que incluyen sistemas de frenado regenerativo, motores de alta eficiencia y otros añadidos que contribuyen a la eficiencia energética.

## 4.4. Actividades para la implementación

### 4.4.1. Obras civiles y eléctricas

Para la modernización de los ascensores, se requieren las siguientes obras civiles:

#### Desconexión y desmontaje de equipos existentes y obsoletos:

El proceso de desmontaje y desinstalación implica la retirada de los sistemas de tracción, motores, cintas de tracción, cableado y otros elementos obsoletos que deben ser reemplazados. Este procedimiento incluye la desconexión eléctrica desde el tablero principal hasta los motores, con la eliminación de los cables y el desmontaje y retirada de los tableros antiguos para dejar libres los cuartos de máquinas. Para el retiro de los motores, se requerirá desarmarlos y bajar sus componentes empleando poleas estratégicamente instaladas tanto en el cuarto de máquinas como en el pozo del ascensor, como se visualiza en la siguiente figura explicativa (ver **Figura 10**).



**Figura 10. Remoción de los motores y otros elementos del cuarto de máquinas<sup>2</sup>.**

También es necesario eliminar los pedestales de acero actuales como se muestra en la siguiente imagen. (Ver **Figura 11**)



**Figura 11. Retiro de los pedestales de acero de los antiguos motores<sup>2</sup>.**

#### 1. Evaluación de integridad de los pozos

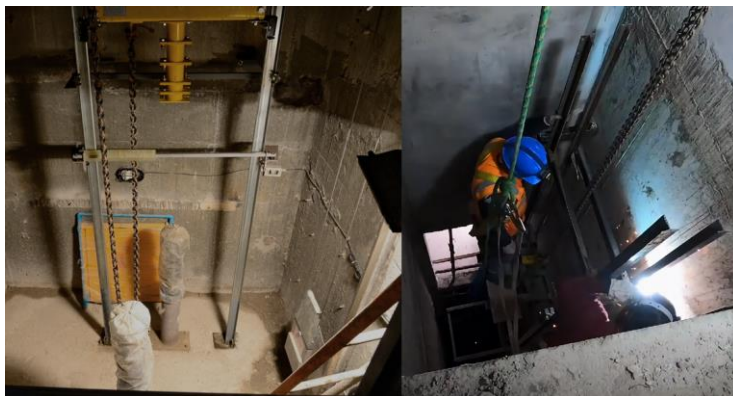
Para asegurar la integridad de los ascensores durante el proceso de modernización, se requiere una evaluación del estado de los pozos y su estructura subyacente. Además de considerar las especificaciones de seguridad de

<sup>2</sup> '(14) Otis Gen2 Renovation - YouTube' <[https://www.youtube.com/watch?v=5Hyf-GaCgTQ&ab\\_channel=Oscar](https://www.youtube.com/watch?v=5Hyf-GaCgTQ&ab_channel=Oscar)> [accessed 22 February 2024].



los nuevos equipos, puede ser necesario realizar reparaciones y ajustes en la infraestructura del edificio para garantizar la seguridad de la operación del nuevo sistema. Es importante destacar que se busca reutilizar la mayor parte de la estructura existente; sin embargo, debido a la antigüedad del sistema, se requiere una inspección de la integridad de estas estructuras, la cual la realiza el proveedor seleccionado y debe ser parte de su propuesta financiera. El valor de esta actividad está incluido en el presupuesto que se presenta en este análisis.

Es fundamental abordar las filtraciones de agua para prevenir daños futuros y mantener un entorno seguro y seco para el equipo del ascensor. Además, se debe llevar a cabo una revisión minuciosa de los anclajes, finales de recorrido y otros componentes de sujeción para garantizar su firmeza y durabilidad. Este paso es crucial para garantizar la seguridad y la funcionalidad óptima del ascensor durante su operación (Ver **Figura 12**).



**Figura 12. Evaluación de integridad de los pozos<sup>3</sup>.**

## **2. Preparación del espacio (Cuartos de Maquina):**

Se debe realizar una preparación de la sala de máquinas y demás áreas designadas para los nuevos equipos, considerando aspectos como la ventilación, el acceso para mantenimiento y la seguridad. Además, se deben realizar trabajos de reparación en las superficies, abordando cualquier daño causado durante la eliminación de los pedestales obsoletos, principalmente la restauración del piso para garantizar un entorno seguro y funcional para la instalación de los nuevos equipos.

<sup>3</sup> 'Soluciones de Impermeabilización de Fosos de Ascensor | Cantitec' <<https://www.cantitec.es/soluciones-de-impermeabilizacion-de-fosos-de-ascensor/>> [accessed 22 February 2024].





**Figura 13. Adecuación del espacio (Reparación de pisos)<sup>2</sup>.**

### **3. Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción:**

Durante esta etapa del proyecto, se procederá con el montaje e instalación de los nuevos sistemas de tracción, que incluyen motores síncronos de imanes permanentes y bandas planas recubiertas de poliuretano. Estos componentes serán conectados a las antiguas cabinas y contrapesos, lo que resultará en una renovación completa del sistema de tracción. Es importante destacar que, si bien se cambiará todo el sistema de tracción, se conservarán elementos estructurales, así como las cabinas y contrapesos existentes. (Ver **Figura 14** y **Figura 15**)



**Figura 14. Instalación de motores de imán permanente (50% más pequeños que los actuales)<sup>2</sup>.**



**Figura 15. Instalación de las cintas planas, recubiertas con capa de poliuretano flexible<sup>2</sup>.**

#### 4. Instalación de sistemas de control y frenado regenerativo:

Durante esta fase del proyecto, se procede con la instalación del nuevo cableado eléctrico necesario para suministrar energía a los equipos modernizados, garantizando así su funcionamiento óptimo. Además, se lleva a cabo la instalación de variadores de velocidad del Control Electrónico con frenado regenerativo, lo que permite una gestión más eficiente de la energía durante el funcionamiento del ascensor.

Se realiza una actualización completa del sistema de control de los ascensores, implementando un nuevo sistema que incluye tarjetas electrónicas y microprocesadores de última generación. Esto no solo mejora el rendimiento del ascensor, sino que también optimiza el sistema de llamado de los ascensores, brindando una experiencia de usuario más eficiente y confiable.

La modernización incluiría, además, la instalación de un nuevo operador de puertas, garantizando un rendimiento óptimo acorde con la nueva tecnología implementada. Asimismo, el cableado se ha diseñado para mantener una comunicación estable dentro del sistema.

## 4.5 Evaluación de beneficios

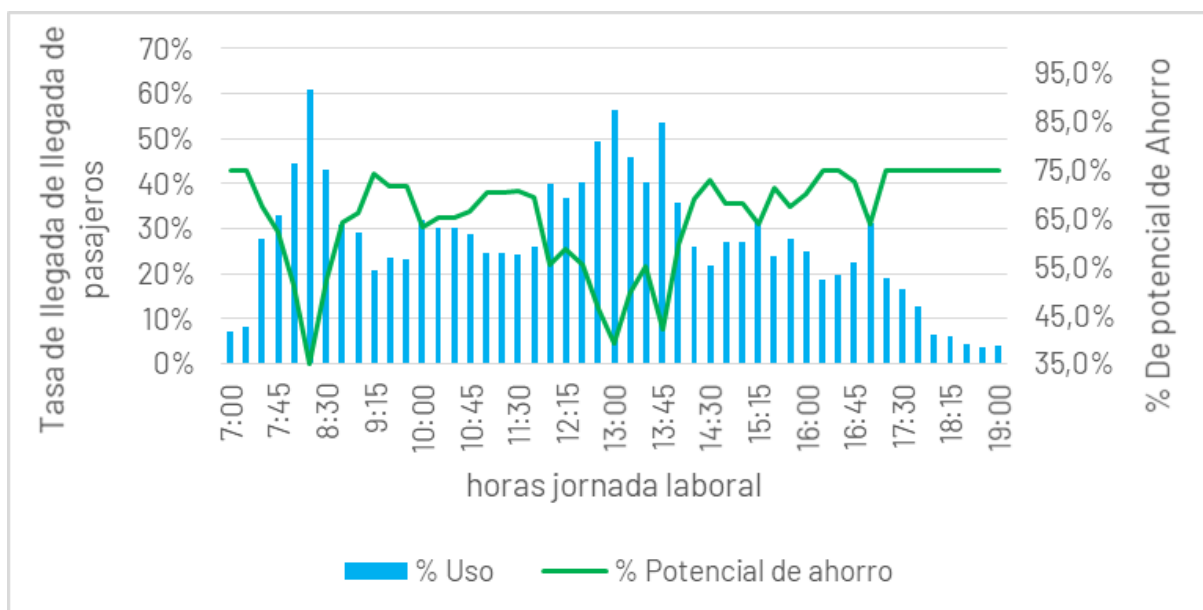
### 4.5.1 Potencial de ahorro con la tecnología propuesta

Para cuantificar el potencial de ahorro derivado de la modernización propuesta, se emplearon los análisis de tráfico de ascensores para edificios de oficinas extraídos del "ESTUDIO DEL TRANSPORTE VERTICAL DE UN EDIFICIO DE OFICINAS"<sup>4</sup>, llevado a cabo por la Universidad Carlos III de Madrid. Este estudio presenta datos relacionados a la tasa de llegada de pasajeros expresada como el porcentaje de la población atendida en intervalos de 5 minutos en ascensores en edificios de oficinas. La evaluación abarca un periodo diario, desde las 7:00 hasta las 19:00 horas.

La proyección del porcentaje de ahorro se basa en la observación de patrones de tráfico de pasajeros a lo largo del día. En las "horas valle" o periodos de baja afluencia de pasajeros, identificados con una tasa de llegada de cerca de 20%, se estima un potencial de ahorro que podría alcanzar el 75% combinando todas las tecnologías previamente descritas. Por otro lado, durante las "horas pico", caracterizadas por tasas de llegada del orden del 60%, el ahorro proyectado por los proveedores oscila aproximadamente alrededor del 35%.

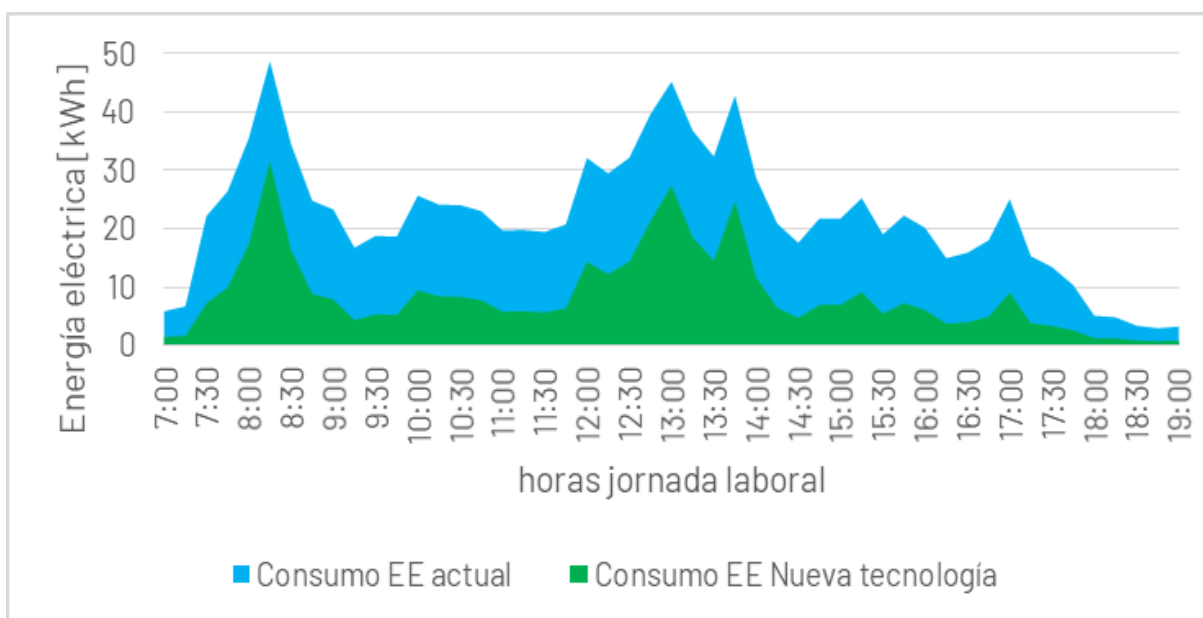
Dicha clasificación de horas valle y pico permite esbozar perfiles de uso específicos, delineando claramente el potencial de ahorro de los ascensores en diferentes momentos del día. Esta aproximación técnica y analítica constituye un elemento clave para la toma de decisiones informada, brindando una comprensión detallada de la eficiencia anticipada en función de la demanda de transporte vertical en el entorno de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, como se observa en la **Figura 16**.

<sup>4</sup> Isabel Sánchez Gámez, 'Estudio Del Transporte Vertical de Un Edificio de Oficinas', 2013.



**Figura 16. Perfil de uso de los ascensores**

Este análisis del potencial de ahorro se aplicó considerando el consumo diario, el cual se distribuyó de manera uniforme en relación con el porcentaje de la tasa de llegada de pasajeros. De este modo, cada periodo se asoció con su correspondiente potencial de ahorro, permitiendo la creación del siguiente perfil presentado en la **Figura 17**. En la representación gráfica, el área bajo la curva azul refleja el consumo promedio diario de los ascensores de la Secretaría, situándose en aproximadamente 1.080 kWh/día. En contraste, el área bajo la curva verde ilustra el consumo proyectado para una operación idéntica, pero con la implementación de la nueva tecnología, situándose alrededor de los 424 kWh/día. En consecuencia, el potencial de ahorro diario se estima en 656 kWh/día, equivalente a un 60% de reducción en el consumo energético.



**Figura 17. Perfil de consumo de los ascensores**

Extrapolando este potencial de ahorro a la operación anual de los ascensores el potencial de ahorro se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 31. Potencial de ahorro de la medida de cambio tecnológico de ascensores**

| Potencial de Ahorro Anual                             |         |                          |                  |
|---|---------|--------------------------|------------------|
| Consumo Promedio anual Ascensores actuales            | 388.800 | kWh/año                  |                  |
| Consumo promedio anual Tecnología Gen2 OTIS           | 152.513 | kWh/año                  |                  |
| Ahorro de Energía eléctrica                           | 236.287 | kWh/año                  |                  |
| Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero | 92,4    | TonCO <sub>2</sub> e/año |                  |
| Tarifa Promedio energía eléctrica 2023                | 620,68  | \$COP                    |                  |
| Potencial de Ahorro Anual                             | \$      | <b>146.658.615</b>       | <b>\$COP/año</b> |

## 4.6. Costos de equipos y mano de obra

### 4.6.1. Costos de equipos

Para los costos de modernización de los ascensores se recibieron dos cotizaciones con una diferencia de \$ 640 MCOP, esta variabilidad se debe a diversos factores, siendo uno de los más destacados la incertidumbre inherente a los costos asociados a la mano de obra. Durante las visitas realizadas para recabar información, se enfrentaron complicaciones logísticas que dificultaron una revisión de los pozos de los ascensores. Esta limitación impidió una evaluación precisa de los requerimientos de mano de obra, lo que a estimar los costos con un margen de variabilidad amplio.

Es crucial destacar que, a pesar de las diferencias observadas en las especificaciones técnicas entre ambas ofertas, estas diferencias no justifican la disparidad en los costos presentados. Una vez detallada la naturaleza y alcance de los trabajos durante la licitación, los costos de mano de obra puedan reducirse significativamente. Por consiguiente, se optó por seleccionar la cotización de mayor valor. Esta decisión se basa en la premisa de que, si el análisis financiero inicial es favorable, los resultados serán aún más ventajosos durante la etapa de licitación, una vez que se clarifiquen y ajusten los costos de mano de obra conforme a la información adicional obtenida.

Los costos asociados a los equipos comprenden las máquinas de tracción de magneto permanente, el control electrónico VVF con sistema regenerativo, los sistemas de cintas de tracción de acero recubiertas de poliuretano, así como sistemas de control inteligente de última generación, y todos los elementos necesarios para la instalación y operación.

**Tabla 32. Desglose de costos de equipos - modernización de ascensores**

| Ascensores (Motores síncronos, bandas de acero recubiertas de poliuretano, y sistema de frenado regenerativo) | CANT | ≅   | SUMINISTRO MATERIALES |                    |
|---|------|-----|-----------------------|--------------------|
|   |      |     | VALOR UNIT.           | VALOR TOTAL        |
| Sistema de frenado regenerativo y control inteligente de llamada  | 9    | c/u | 22.228.444            | 200.056.000        |
| <b>Edificio Administrativo</b>  | 1    | Glb | 422.646.000           | <b>422.646.000</b> |
| Capacidad 1000kg: motores síncronos de imanes permanentes   | 4    | c/u | 71.849.820            | 287.399.280        |
| Cintas en acero con recubrimiento en poliuretano  | 4    | c/u | 33.811.680            | 135.246.720        |
| <b>Edificio Hemocentro</b>  | 1    | Glb | 176.035.940           | <b>176.035.940</b> |
| Capacidad 900kg: motores síncronos de imanes permanentes  | 1    | c/u | 52.553.169            | 52.553.169         |
| Cintas en acero con recubrimiento en poliuretano  | 1    | c/u | 24.730.903            | 24.730.903         |
| Capacidad 1150kg: motores síncronos de imanes permanentes   | 1    | c/u | 67.151.271            | 67.151.271         |
| Cintas en acero con recubrimiento en poliuretano  | 1    | c/u | 31.600.598            | 31.600.598         |
| <b>Edificio Laboratorios</b>  | 1    | Glb | 184.623.060           | <b>184.623.060</b> |
| Capacidad 1000kg: motores síncronos de imanes permanentes   | 1    | c/u | 58.392.410            | 58.392.410         |
| Cintas en acero con recubrimiento en poliuretano  | 1    | c/u | 27.478.781            | 27.478.781         |
| Capacidad 1150kg: motores síncronos de imanes permanentes   | 1    | c/u | 67.151.271            | 67.151.271         |
| Cintas en acero con recubrimiento en poliuretano  | 1    | c/u | 31.600.598            | 31.600.598         |
| <b>Edificio DUES</b>  | 1    | Glb | 275.404.000           | <b>275.404.000</b> |

| Ascensores (Motores síncronos, bandas de acero recubiertas de poliuretano, y sistema de frenado regenerativo) | CANT | UN  | SUMINISTRO MATERIALES |             |
|---|------|-----|-----------------------|-------------|
|   |      |     | VALOR UNIT.           | VALOR TOTAL |
| Capacidad 900kg: motores síncronos de imanes permanentes  | 1    | c/u | 51.236.640            | 51.236.640  |
| Cintas en acero con recubrimiento en poliuretano  | 1    | c/u | 24.111.360            | 24.111.360  |
| TOTAL   |      |     | 1.058.709.000         |             |

## 4.6.2. Costos de mano de obra

**Obras Civiles y mecánicas:** Por las restricciones mencionadas, los proveedores suministraron costos globales en relación con la mano de obra. En respuesta, se llevó a cabo un análisis de las actividades esenciales para la implementación del proyecto, utilizando como referencia patrones de distribución porcentual de costos obtenidos mediante la revisión de presupuestos de proyectos similares. Estos patrones se utilizaron para desagregar los costos globales proporcionados por los proveedores.

Este análisis permitió la elaboración de un detallado análisis de costos unitarios, donde se presenta un presupuesto de cada actividad requerida para la ejecución de la medida propuesta. Este desglose abarca aspectos, como la desinstalación de los equipos existentes, la instalación de los nuevos equipos con las modificaciones necesarias, y los costos asociados con los suministros y materiales necesarios para su instalación. (Ver **Tabla 33**)

**Tabla 33. Desglose de costos de obras civiles y mecánicas.**

| OBRAS CIVILES Y MECÁNICAS                            | CANT. | UN  | SUMINISTRO MATERIALES |             | INSTALACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN |                  | VALOR TOTAL |
|--|-------|-----|-----------------------|-------------|------------------------------|------------------|-------------|
|  |       |     | VALOR UNIT.           | VALOR TOTAL | VALOR UNIT.                  | VALOR TOTAL      | (\$)        |
| <b>Edificio Administrativo</b>                       | 1     | Glb | 277.834.578           | 277.834.578 | 236.673.900                  | 236.673.900      | 514.508.478 |
| Desconexión y desmontaje de equipos existentes       | 4     | c/u | 20.837.593            | 83.350.373  | 17.750.542                   | 71.002.170       | 154.352.543 |
| Evaluación de integridad de los pozos                | 4     | c/u | 6.945.864             | 27.783.458  | 5.916.847                    | 23.667.390       | 51.450.848  |
| Preparación del espacio (Cuartos de Maquina)         | 4     | c/u | 13.891.729            | 55.566.916  | 11.833.695                   | 47.334.780       | 102.901.696 |
| Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción | 4     | c/u | 27.783.458            | 111.133.831 | 23.667.390                   | 94.669.560       | 205.803.391 |
| <b>Edificio Laboratorios</b>                         | 1     | Glb | 130.084.406           | 130.084.406 | 110.812.642                  | 110.812.642      | 240.897.048 |
| Desconexión y desmontaje de equipos existentes       | 2     | c/u | 19.512.661            | 39.025.322  | 16.621.896                   | 33.243.793       | 72.269.114  |
| Evaluación de integridad de los pozos                | 2     | c/u | 6.504.220             | 13.008.441  | 5.540.632                    | 11.081.264       | 24.089.705  |
| Preparación del espacio (Cuartos de Maquina)         | 2     | c/u | 13.008.441            | 26.016.881  | 11.081.264                   | 22.162.528       | 48.179.410  |
| Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción | 2     | c/u | 26.016.881            | 52.033.762  | 22.162.528                   | 44.325.057       | 96.358.819  |
| <b>Edificio Hemocentro</b>                           | 1     | Glb | 124.033.968           | 124.033.968 | 105.658.566                  | 105.658.566      | 229.692.534 |
| Desconexión y desmontaje de equipos existentes       | 2     | c/u | 18.605.095            | 37.210.191  | 15.848.785                   | 31.697.570       | 68.907.760  |
| Evaluación de integridad de los pozos                | 2     | c/u | 6.201.698             | 12.403.397  | 5.282.928                    | 10.565.857       | 22.969.253  |
| Preparación del espacio (Cuartos de Maquina)         | 2     | c/u | 12.403.397            | 24.806.794  | 10.565.857                   | 21.131.713       | 45.938.507  |
| Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción | 2     | c/u | 24.806.794            | 49.613.587  | 21.131.713                   | 42.263.426       | 91.877.014  |
| <b>Edificio DUES</b>                                 | 1     | Glb | 59.695.267            | 59.695.267  | 50.851.523                   | 50.851.523       | 110.546.790 |
| Desconexión y desmontaje de equipos existentes       | 1     | c/u | 17.908.580            | 17.908.580  | 15.255.457                   | 15.255.457       | 33.164.037  |
| Evaluación de integridad de los pozos                | 1     | c/u | 5.969.527             | 5.969.527   | 5.085.152                    | 5.085.152        | 11.054.679  |
| Preparación del espacio (Cuartos de Maquina)         | 1     | c/u | 11.939.053            | 11.939.053  | 10.170.305                   | 10.170.305       | 22.109.358  |
| Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción | 1     | c/u | 23.878.107            | 23.878.107  | 20.340.609                   | 20.340.609       | 44.218.716  |
| TOTAL  |       |     |                       |             |                              | \$ 1.095.644.850 |             |

**Obras Eléctricas:** En simultáneo con las obras civiles y mecánicas, se necesitarán una serie de trabajos eléctricos esenciales. Estos incluyen la instalación de conexiones eléctricas necesarias para el suministro energético de los equipos, la implementación de tableros eléctricos y dispositivos de protección, el tendido del cableado para los sistemas de control y el sistema de variador con frenado regenerativo, entre otros aspectos fundamentales. Estas actividades se encuentran resumidas por edificio en la **Tabla 34**.

**Tabla 34. Desglose de costos de obras eléctricas.**

| OBRAS ELECTRICAS   | CANT. | UN  | SUMINISTRO MATERIALES |             | INSTALACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN |             | VALOR TOTAL |
|--|-------|-----|-----------------------|-------------|------------------------------|-------------|-------------|
|  |       |     | VALOR UNIT.           | VALOR TOTAL | VALOR UNIT.                  | VALOR TOTAL | (\$)        |
| Instalación de sistemas de control, frenado regenerativo y conexiones eléctricas |       |     |                       |             |                              |             |             |
| Edificio Administrativo  | 4     | c/u | 4.679.216             | 18.716.863  | 3.985.999                    | 15.943.994  | 34.660.857  |
| Edificio Laboratorios  | 2     | c/u | 5.030.157             | 10.060.314  | 4.284.948                    | 8.569.897   | 18.630.210  |
| Edificio Hemocentro  | 2     | c/u | 4.796.196             | 9.592.392   | 4.085.648                    | 8.171.297   | 17.763.689  |
| Edificio DUES  | 1     | c/u | 4.211.294             | 4.211.294   | 3.587.399                    | 3.587.399   | 7.798.693   |
| TOTAL  |       |     |                       |             |                              |             | 78.853.449  |

Finalmente, el resumen de los costos de implementación del proyecto se presenta en la siguiente tabla, e incluye las utilidades y el costo de interventoría del proyecto:

**Tabla 35. Resumen de costos de la implementación, equipos, obras e interventoría del proyecto.**

| DESCRIPCIÓN   |            | UN  | SUMINISTRO MATERIALES |               | INSTALACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN |             | VALOR TOTAL (\$)     |
|---|------------|-----|-----------------------|---------------|------------------------------|-------------|----------------------|
|   |            |     | VALOR UNIT.           | VALOR TOTAL   | VALOR UNIT.                  | VALOR TOTAL |                      |
| <b>EQUIPOS PRINCIPALES</b>  | 1          | Glb | 1.058.709.000         | 1.058.709.000 | -                            | -           | <b>1.058.709.000</b> |
| Ascensores (Motores sincrónicos, bandas de acero recubiertas de poliuretano, y sistema de frenado regenerativo) | 1          | Glb | 1.058.709.000         | 1.058.709.000 | -                            | -           | 1.058.709.000        |
| <b>OBRAS CIVILES</b>  | 1          | Glb | 591.648.219           | 591.648.219   | 503.996.631                  | 503.996.631 | <b>1.095.644.850</b> |
| Edificio Administrativo   | 1          | Glb | 277.834.578           | 277.834.578   | 236.673.900                  | 236.673.900 | 514.508.478          |
| Edificio Laboratorios   | 1          | Glb | 130.084.406           | 130.084.406   | 110.812.642                  | 110.812.642 | 240.897.048          |
| Edificio Hemocentro   | 4          | c/u | 124.033.968           | 124.033.968   | 105.658.566                  | 105.658.566 | 229.692.534          |
| Edificio DUES   | 4          | c/u | 59.695.267            | 59.695.267    | 50.851.523                   | 50.851.523  | 110.546.790          |
| <b>OBRAS ELECTRICAS</b>   |            |     |                       |               |                              |             |                      |
| Instalación de sistemas de control, frenado regenerativo y conexiones eléctricas                                | 1          | Glb | 42.580.862            | 42.580.862    | 36.272.587                   | 36.272.587  | <b>78.853.449</b>    |
| Edificio Administrativo   | 4          | c/u | 4.679.216             | 18.716.863    | 3.985.999                    | 15.943.994  | 34.660.857           |
| Edificio Laboratorios   | 2          | c/u | 5.030.157             | 10.060.314    | 4.284.948                    | 8.569.897   | 18.630.210           |
| Edificio Hemocentro   | 2          | c/u | 4.796.196             | 9.592.392     | 4.085.648                    | 8.171.297   | 17.763.689           |
| Edificio DUES   | 1          | c/u | 4.211.294             | 4.211.294     | 3.587.399                    | 3.587.399   | 7.798.693            |
| OFICINA TÉCNICA   | 1          | Glb | 0                     | 0             | 16.200.000                   | 16.200.000  | <b>16.200.000</b>    |
| Interventoría de Proyecto   | 1          | Glb | -                     | -             | 16.200.000                   | 16.200.000  | 16.200.000           |
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO OBRAS</b>  |            |     | <b>1.190.698.299</b>  |               |                              |             |                      |
| ADMINISTRACIÓN  | 15%        |     | 178.604.745           |               |                              |             |                      |
| IMPREVISTOS   | 5%         |     | 59.534.915            |               |                              |             |                      |
| UTILIDAD  | 5%         |     | 59.534.915            |               |                              |             |                      |
| <b>TOTAL AIU</b>  | <b>25%</b> |     | <b>297.674.575</b>    |               |                              |             |                      |
| <b>VALOR TOTAL OBRAS</b>  |            |     | <b>1.488.372.874</b>  |               |                              |             |                      |
| <b>VALOR TOTAL PROYECTO</b>   |            |     | <b>2.547.081.874</b>  |               |                              |             |                      |

## 4.7 Análisis financiero



Para la implementación del cambio tecnológico de los ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia, se ha propuesto un conjunto integral de soluciones tecnológicas. Estas incluyen la incorporación de motores síncronos de imanes permanentes, cintas de acero recubiertas de poliuretano y un sistema de frenado regenerativo. Esta avanzada tecnología promete un potencial de ahorro anual considerable de 236.287 kWh en energía eléctrica. No obstante, para llevar a cabo esta propuesta, se requeriría una inversión inicial estimada de \$ 2.547.300.000 COP, con costos adicionales asociados a las rutinas de mantenimiento preventivo de \$ 12.000.000 COP al año. Los resultados pormenorizados de este análisis financiero se encuentran detallados en la **Tabla 36**.

**Tabla 36. Resumen análisis financiero ECM-5 Cambio tecnológico de ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética**

| Datos de entrada          |                  |      | Resultados después de impuestos |                        |                         |
|---------------------------|------------------|------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Inversión:                | \$ 2.547.081.874 | COP  | <b>TIR</b>                      | <b>8,2</b>             | <b>%</b>                |
| Tiempo del proyecto:      | 25,0             | años | <b>VPN</b>                      | <b>\$4.847.500.300</b> | <b>COP</b>              |
| Depreciación:             | 25,0             | años | <b>Payback</b>                  | <b>11,2</b>            | <b>Años</b>             |
| Ahorros anuales           |                  |      | Ahorro anual de dinero          | \$163.778.415,69       | COP                     |
| Electricidad              | 236.287,0        | kWh  | Ahorro porcentual               | 7,22                   | %                       |
| Impuesto sobre utilidades | 35,0             | %    | Reducción de GEI                | 92,4                   | (tCO <sub>2</sub> /año) |
| Tasa de descuento         | 8,0              | %    |                                 |                        |                         |

**Tasa Interna de Retorno (TIR):** Esta TIR indica una viabilidad financiera moderada para el proyecto de modernización. Con una TIR del 8,2%, se espera un rendimiento financiero favorable, lo que sugiere que el proyecto generará retornos a lo largo de su vida útil.

**Valor Presente Neto (VPN):** El VPN positivo de \$ 4.847.500.300 COP a lo largo de 25 años indica que el proyecto de modernización generará un excedente de valor considerable. Este resultado refuerza la decisión de invertir en la modernización de los ascensores con un componente de eficiencia energética, ya que se espera que genere ingresos netos significativos durante su ciclo de vida.

**Período de Recuperación de la Inversión (Payback):** El payback de 11,2 años indica que se recuperará la inversión inicial en un período inferior a la mitad de la vida útil de los equipos. Aunque el tiempo de recuperación es relativamente largo, es aceptable dada la naturaleza de la inversión a largo plazo y los beneficios esperados del proyecto.

En resumen, los nuevos indicadores financieros confirman la viabilidad y la rentabilidad del proyecto de modernización de ascensores. La TIR moderada pero positiva, el VPN positivo y el período de recuperación menor que la mitad de la vida útil respaldan la decisión de inversión. Esto sugiere que la modernización no solo es financieramente viable, sino que también generará beneficios a largo plazo, incluyendo mejoras energéticas y el retorno de la inversión.

## 4.8 Cronograma de Actividades de la Licitación y Cronograma de Obras

Para abrir este proceso de licitación, es recomendable realizar las actividades propuestas en el cronograma que se visualiza en la **Tabla 37**. Las fechas indicadas son solo de referencia.

Tabla 37. Cronograma de actividades del proceso de licitación

| ACTIVIDAD  | PLAZO                    |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
|--|--------------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|--------|--|--|--|
|  |                          | lunes | martes | miércoles | jueves | viernes | sábado | domingo | lunes | martes | miércoles | jueves | viernes | sábado | domingo | lunes | martes | miércoles | jueves | viernes | sábado | domingo | lunes | martes | miércoles | jueves | viernes | sábado | domingo | lunes | martes |  |  |  |
| Publicación aviso de prensa  | 9 de mayo de 2024        |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Apertura del proceso   | 9 de mayo de 2024        |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Plazo para presentar observaciones y preguntas con relación a las condiciones de invitación. | 10 al 13 de mayo de 2024 |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Plazo para la respuesta a las observaciones y adendas a las condiciones de invitación        | 16 al 20 de mayo de 2024 |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Recepción de ofertas   | 23 de mayo de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Cierre del proceso de recepción de ofertas   | 24 de mayo de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Designación del comité evaluador   | 24 de mayo de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Evaluación de las ofertas  | 25 al 31 de mayo de 2024 |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Informe de evaluación  | 1 de junio de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Evaluación   | 1 de junio de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Puesta en consideración del informe de evaluación y recepción de observaciones               | 2 al 3 de junio de 2024  |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Revisión de observaciones y respuesta a las mismas   | 6 al 7 de junio de 2024  |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Informe complementario de evaluación   | 8 de junio de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Recomendación de aceptación de oferta  | 9 de junio de 2024       |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Vo Bo del Gerencia del proyecto  | 10 de junio de 2024      |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Contrato   | 13 de junio de 2024      |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |
| Legalización del contrato  | 14 de junio de 2024      |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |           |        |         |        |         |       |        |  |  |  |

Se recomienda solicitar a los licitantes el cronograma detallado para la ejecución de la medida, como el que se propone a continuación donde se detallan las obras por edificio y pisos correspondientes. (Ver **Tabla 38**)

Tabla 38. Cronograma de actividades propuesto y estimado para la modernización de ascensores

| Edificio                | Actividad  | Cantidad | SEMANAS |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|-------------------------|--|----------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
|                         |  |          | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |  |  |
| Edificio Administrativo | Desconexión y desmontaje de equipos existentes y obsoletos                       | 4        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Evaluación de integridad de los pozos  | 4        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Preparación del espacio (Cuartos de Maquina)                                     | 4        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción                             | 4        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Instalación de sistemas de control, frenado regenerativo y conexiones eléctricas | 4        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Edificio Laboratorios   | Desconexión y desmontaje de equipos existentes y obsoletos                       | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Evaluación de integridad de los pozos  | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Preparación del espacio (Cuartos de Maquina)                                     | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción                             | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Instalación de sistemas de control, frenado regenerativo y conexiones eléctricas | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Edificio Hemocentro     | Desconexión y desmontaje de equipos existentes y obsoletos                       | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Evaluación de integridad de los pozos  | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Preparación del espacio (Cuartos de Maquina)                                     | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción                             | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Instalación de sistemas de control, frenado regenerativo y conexiones eléctricas | 2        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Edificio DUES           | Desconexión y desmontaje de equipos existentes y obsoletos                       | 1        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Evaluación de integridad de los pozos  | 1        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Preparación del espacio (Cuartos de Maquina)                                     | 1        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Instalación de nuevos equipos y sistemas de tracción                             | 1        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                         | Instalación de sistemas de control, frenado regenerativo y conexiones eléctricas | 1        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |

4.9. Normas técnicas aplicables

4.9.1. Norma Técnica Colombiana NTC 5926-1

CRITERIOS PARA LAS INSPECCIONES DE ASCENSORES, ESCALERAS MECÁNICAS, ANDENES MÓVILES Y PUERTAS ELÉCTRICAS. PARTE 1: ASCENSORES ELECTROMECÁNICOS E HIDRÁULICOS

OBJETO

- Esta norma establece la forma sistemática de actuación, por parte del inspector del organismo de Inspección, para la realización de las inspecciones previstas por la normativa vigente, a fin de comprobar las condiciones de seguridad de los ascensores.



- Esta norma se aplica a todos aquellos ascensores eléctricos e hidráulicos, instalados de forma permanente, que sirvan niveles definidos, y que estén provistos de una cabina destinada al transporte de personas o de personas y objetos, la cual está suspendida mediante cables o cadenas, o sostenida por uno o más pistones y que se desplace, al menos parcialmente, a lo largo de guías verticales o con una inclinación sobre la vertical inferior a 15°.

Quedan excluidos de la aplicación de esta norma, los siguientes aparatos: - Ascensores utilizados para equipar barcos en instalaciones destinadas a la exploración y explotación en alta mar. - Ascensores instalados en minas o en la manipulación de materias radiactivas. - Los aparatos elevadores conocidos bajo las siguientes denominaciones: elevadores de cremallera, elevadores de tornillo, elevadores para máquinas de teatro, aparato de enganche "Strips", ascensores y montacargas de astilleros, de construcción de edificios o de obras públicas, los aparatos de montaje y de entretenimiento. Los criterios de inspección que se detallan en la presente norma son aplicables a equipos de transporte vertical recientemente instalados (antes de uso) y/o a las periódicas que han establecido las autoridades.

## 4.9.2. Norma Técnica Colombiana NTC 4349

### REGLAS DE SEGURIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ASCENSORES

#### APLICACIONES PARTICULARES PARA ASCENSORES DE PASAJEROS Y DE PASAJEROS Y CARGAS. ACCESIBILIDAD A LOS ASCENSORES DE PERSONAS, INCLUYENDO PERSONAS CON DISCAPACIDAD

##### OBJETO

Esta norma especifica los requisitos mínimos para el acceso seguro e independiente y el uso de ascensores por personas, incluyendo aquellas con las discapacidades. Esta norma cubre ascensores con dimensiones mínimas de cabina de acuerdo con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y dotados con puertas de cabina y en cada piso, con accionamiento automático y operación con deslizamiento horizontal. Considera la accesibilidad a los ascensores de personas en sillas de ruedas con dimensiones totales máximas definidas en la NTC 4269 y la EN 12184:1999.

Esta norma también trata los requisitos técnicos adicionales para minimizar los peligros que surgen durante el funcionamiento de los ascensores previstos para ser accesibles a usuarios con discapacidad.

**NOTA** Esta norma se puede utilizar como guía para mejorar los ascensores existentes.

Se aclara que las condiciones mínimas técnicas establecidas para los ascensores buscan la promoción de la autonomía de las personas para su movilidad, desplazamiento y comunicación en su mayor extensión posible y prioritariamente las personas con movilidad y/o comunicaciones condicionadas por el entorno entre las que se encuentran las personas con discapacidad, las personas mayores, mujeres gestantes, entre otros. Los Requisitos mínimos para el acceso seguro e independiente y el uso de ascensores por personas se presentan en la **Tabla 39**.

**Tabla 39. Requisitos mínimos para el acceso seguro e independiente y el uso de ascensores por personas de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC4349**

| Tipo de Ascensor | Dimensiones mínimas de Cabina  | Nivel de accesibilidad                    | Comentarios   |
|------------------|--|---|---|
| 1                | 450 kg<br>Ancho de cabina: 1 000 mm<br>Profundidad de cabina: 1 250 mm | Esta cabina acomoda una silla de ruedas   | El Tipo 1 asegura la accesibilidad a personas utilizando una silla de ruedas manual descrita en la NTC 4269 o una silla de ruedas propulsada eléctricamente de la clase A descrita en la Norma EN 12184.                                |
| 2                | 630 kg<br>Ancho de cabina: 1 100 mm<br>Profundidad de cabina: 1 400 mm | Esta cabina acomoda una silla de ruedas y | El Tipo 2 asegura la accesibilidad a personas utilizando una silla de ruedas manual descrita en la NTC 4269 o una silla de ruedas propulsada eléctricamente de las clases A o B descritas en la Norma EN 12184. Las sillas de ruedas de |

| Tipo de Ascensor   | Dimensiones mínimas de Cabina  | Nivel de accesibilidad   | Comentarios  |
|--|--|--|--|
| 3  | 1 275 kg<br>Ancho de cabina: 2 000 mm<br>Profundidad de cabina: 1 400 mm | un acompañante<br>Esta cabina acomoda una silla de ruedas y otros usuarios. También permite girar la silla dentro de la cabina | Clase B están previstas para algunos entornos interiores y son capaces de salvar algunos obstáculos exteriores.<br>El Tipo 3 asegura la accesibilidad a personas utilizando una silla de ruedas manual descrita en la NTC 4269 o una silla de ruedas propulsada eléctricamente de las clases A, B o C descritas en la Norma EN 12184. Las sillas de ruedas de clase C no están previstas necesariamente para uso en interiores, sino que son capaces de recorrer largas distancias y salvar obstáculos en exteriores. El Tipo 3 proporciona suficiente espacio de giro a personas que utilicen sillas de ruedas de clases A o B y ayudas para caminar (andadores, andadores con ruedas, etc.). |
| El ancho de la cabina es la distancia horizontal entre la superficie interna de las paredes estructurales, medida paralelamente a la entrada frontal. La profundidad de la cabina es la distancia horizontal entre las superficies internas de las paredes estructurales, medida perpendicularmente al ancho |  |  |  |

## 4.10. Análisis de riesgos

El proceso de modernización de ascensores conlleva diversos riesgos que deben ser identificados y mitigados para garantizar el éxito del proyecto. Entre los principales riesgos identificados se encuentran:

- Suspensión del servicio de ascensor durante la ejecución de las labores, lo que puede generar inconvenientes para los usuarios. Para mitigar este riesgo, se planificarán las labores en horarios que no afecten la jornada laboral normal de la edificación.
- Suspensión del suministro de energía para labores de instalación, lo que puede retrasar el proyecto. Para mitigar este riesgo, se planificarán las labores en horarios que no interrumpan el suministro de energía.
- Afectación de tuberías o instalaciones eléctricas cercanas a la zona de trabajos, lo que puede ocasionar daños y retrasos en el proyecto. Para mitigar este riesgo, se ubicarán y señalizarán todas las instalaciones susceptibles a afectación, y se suspenderá el suministro de energía y fluidos si es necesario.
- Atrapamiento de personas durante las labores de remodelación del ascensor, lo que representa un riesgo de seguridad importante. Para mitigar este riesgo, se implementarán procedimientos de seguridad estrictos, incluyendo el bloqueo y etiquetado de energía, y se proporcionará capacitación adecuada al personal involucrado.
- Problemas de integración o compatibilidad de los sistemas nuevos con los antiguos, lo que puede afectar el funcionamiento del ascensor. Para mitigar este riesgo cada proveedor, debe verificar la correcta integración de las partes nuevas durante la etapa de diseño.

A continuación, se presenta la matriz de riesgos, más una descripción detallada de la misma junto con las instrucciones para su comprensión, elaborada específicamente para la medida de modernización de ascensores.

### 4.10.1. Descripción de la Matriz de Riesgos

**OBJETIVO:** Proporcionar una descripción de la matriz de riesgos propuesta en el presente documento.

**DESCRIPCIÓN:** La matriz de riesgos propuesta es una matriz de 6x5, el objetivo es clasificar cada evento como de impacto muy alto, alto, medio o insignificante. Esta calificación se otorga con base en dos parámetros: la severidad y la probabilidad de ocurrencia.

La codificación por colores representa el nivel combinado de probabilidad y severidad de los riesgos identificados. Los riesgos muy altos se representan en rojo, los altos en naranja, los medios en amarillo, los bajos en amarillo (ámbar) y los nulos en verde. A continuación, en la **Tabla 40** se describen las siglas propuestas en la matriz:

**Tabla 40. Colores y codificación de la matriz de riesgos.**

| Color | Codificación             |
|-------|--------------------------|
|       | VH (Very High): muy alto |
|       | H (High): alto           |
|       | M (Medium): muy alto     |
|       | L (Low): bajo            |
|       | N (Null): nulo           |

En el parámetro de severidad (**eje y**), se evalúan 6 niveles:

1. Nulo (calificación 0)
2. Insignificante (calificación 1)
3. Bajo (calificación 2)
4. Medio (calificación 3)
5. Alto (calificación 4)
6. Muy alto (calificación 5).

Este parámetro se evalúa para las siguientes 6 categorías:

**Tabla 41. Categorías analizadas y evaluadas en la matriz de riesgo**

| Nivel de Impacto | Personas               | Daños a instalaciones | Ambiente                  | Inversión                       | Programación                    | Imagen y clientes     |
|------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Nulo             | Ningún daño            | Ningún accidente      | Ningún efecto             | 0% del CAPEX                    | 0% del tiempo                   | ningún impacto        |
| Insignificante   | Lesión leve            | Daño leve             | Efecto leve               | Entre el 0,5% y el 1% del CAPEX | Entre el 0% y el 1% del tiempo  | impacto interno       |
| Bajo             | Lesión temporal        | Daño menor            | Efecto menor              | Entre el 0,5% y el 1% del CAPEX | Entre el 1% y el 2% del tiempo  | impacto local         |
| Medio            | Incapacidad temporal   | Daño localizado       | Contaminación localizada  | Entre el 1% y 3% del CAPEX      | Entre el 2% y 6% del tiempo     | impacto regional      |
| Alto             | Incapacidad permanente | Daño mayor            | Contaminación mayor       | Entre el 3% y el 5% del CAPEX   | Entre el 6% y el 10% del tiempo | impacto nacional      |
| Muy Alto         | Una o más fatalidades  | Daño total            | Contaminación irreparable | Mayor al 5% del CAPEX           | Mayor al 10% del tiempo         | impacto internacional |

La calificación se otorga al combinar la probabilidad con la severidad asignada, por ejemplo: supongamos que vamos a evaluar un riesgo para la categoría de personas. A este riesgo asignamos una probabilidad media de ocurrencia y una severidad nivel 2 (bajo), la calificación será C2-L, lo cual quiere decir que el nivel de riesgo es bajo.

A continuación, se presenta la matriz de riesgos correspondiente a la presente medida.

Los riesgos iniciales del cambio tecnológico de ascensores propuesto se describen brevemente en la **Tabla 42**. Se consideran los riesgos técnicos de mayor impacto.

**Tabla 42. Riesgos técnicos de la medida de cambio tecnológico de ascensores**

| R Id.      | Categoría del riesgo   | RIESGO  | CAUSA BÁSICA  | Personas | Instalaciones | Ambiente | Económico | Tiempo | Img. Cliente | Otra | Valoración | ACCIÓN DE TRATAMIENTO  |
|------------|------------------------|---|---|----------|---------------|----------|-----------|--------|--------------|------|------------|--|
| <b>R01</b> | Montaje y construcción | Suspensión del servicio de ascensor durante la ejecución de las labores   | Suspensión del servicio de ascensor durante la ejecución de las labores                             |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Planificar las labores en un horario que no afecte la jornada laboral normal de la edificación.  |
| <b>R02</b> | Montaje y construcción | Suspensión del suministro de energía para labores de instalación  | Desenergización de tablero eléctrico durante las labores de instalación                             |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Planificar las labores en un horario que no afecte la jornada laboral normal de la edificación.  |
| <b>R03</b> | Montaje y construcción | Afectación de tuberías o instalaciones eléctricas cercanas a la zona de realización de los trabajos                               | Afectación de tuberías o instalaciones eléctricas cercanas a la zona de realización de los trabajos |          |               |          | B3-L      |        |              |      | L          | Ubicar y señalizar todas las instalaciones susceptibles a afectación. Suspender el suministro de energía y fluidos durante la ejecución de las labores, de ser necesario.  |
| <b>R04</b> | Montaje y construcción | Atrapamiento de personas  | Durante las labores de remodelación el ascensor permanece fuera de servicio                         | C1-N     |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Implementar procedimientos de seguridad estrictos durante la instalación, incluyendo el bloqueo y etiquetado de energía, y proporcionar capacitación adecuada al personal involucrado. Asegurarse de que los trabajadores estén conscientes de los posibles puntos de atrapamiento y utilicen dispositivos de seguridad. |
| <b>R05</b> | Montaje y construcción | Problemas de integración o compatibilidad de los sistemas nuevos (sistema de control, comunicación, electricidad y mecánicos)     | Problemas de integración o compatibilidad de los sistemas nuevos con los antiguos                   |          |               |          | C4-M      |        |              |      | M          | Cada proveedor debe verificar la correcta integración de las partes nuevas a ser instaladas en los ascensores.   |
| <b>R06</b> | Montaje y construcción | Ambiente pulvigeno, ruido, contaminación  | Labores de obra civil   | C1-N     |               | C3-M     |           |        |              |      | M          | Uso de elementos de protección personal. Cerramiento de la obra.   |
| <b>R07</b> | Montaje y construcción | Retrasos en el cronograma. Ocupación del espacio de la entrada con equipos y/o acopio de los materiales necesarios para las obras | Retraso en la ejecución de las labores  |          |               |          | C2-L      | C2-L   |              |      | L          | Implementar controles de los trabajos en ejecución.  |
| <b>R08</b> | Abastecimiento         | Aumento en los costos de los materiales   | Aumento en los costos de los materiales   |          |               |          | C3-M      |        |              |      | M          | Realizar un análisis detallado de costos y programar una reserva financiera para hacer frente a posibles contingencias. Obtener presupuestos detallados y acordar contratos que incluyan cláusulas para abordar costos adicionales imprevistos.  |

| R Id. | Categoría del riesgo        | RIESGO   | CAUSA BÁSICA   | Personas | Instalaciones | Ambiente | Económico | Tiempo | Img. Cliente | Otra | Valoración | ACCIÓN DE TRATAMIENTO  |
|-------|-----------------------------|--|--|----------|---------------|----------|-----------|--------|--------------|------|------------|--|
| R09   | Comisionamiento y arranque  | Falla en la instalación de los nuevos equipos que resulte en una suspensión del servicio                   | Falla en la instalación de los nuevos equipos que resulte en una suspensión del servicio |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Control de calidad. Cumplimiento a las especificaciones técnicas en cuanto a diseño. Durante la obra se realizarán pruebas parciales bajo la supervisión del contratista de montaje y al finalizar las pruebas de funcionamiento de los sistemas y subsistemas completos que permitan verificar el correcto funcionamiento de las instalaciones. |
| R10   | Gerenciamiento del proyecto | (No implementación) Ineficiencia de equipos antiguos lo cual resulta en mayor consumo de energía eléctrica | Estado operativo actual de los equipos   |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Realizar diagnóstico a los ascensores e implementar un plan de mantenimiento centrado en la eficiencia.  |
| R11   | Montaje y construcción      | Afectación a partes eléctricas y/o mecánicas   | Daño a partes eléctricas y/o mecánicas debido a error humano                             |          |               |          | C2-L      | C2-L   |              |      | L          | Contar con personal altamente calificado para la realización de las labores.   |
| R12   | Abastecimiento              | Retrasos en la adquisición de equipos  | Retraso durante el proceso de compra   |          |               |          | C2-L      | B2-N   |              |      | L          | Considerar en el cronograma los posibles retrasos y realizar seguimiento semanal al proceso de abastecimiento.   |
| R13   | Abastecimiento              | Demoras en los tiempos de entrega de los equipos por parte del proveedor                                   | Selección de proveedores y equipos de importación  |          |               |          | C2-L      | B2-N   |              |      | L          | Seguimiento a los procesos de importación de equipos.  |

**Tabla 43. Posibles consecuencias inherentes a los riesgos identificados para el cambio tecnológico de ascensores**

| Inversión     |                       | 2.547.081.874,0                          |                 | PROGRAMA DE EJECUCIÓN:    |  | 210                                    |                              |                             |                              | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA |                              |        |         |         |
|---------------|-----------------------|--|-----------------|---------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|--------|---------|---------|
|               |                       |  |                 |                           |  |  |                              |                             |                              | A                          | B                            | C      | D       | E       |
| CONSECUENCIAS |                       |  |                 |                           |  |  |                              |                             |                              | OTRA                       |                              |        |         |         |
|               |                       |  |                 |                           |  |  |                              |                             |                              | <1%                        | 1%-5%                        | 5%-25% | 25%-50% | >50%    |
|               |                       |  |                 |                           |  |  |                              |                             |                              | SEVERIDAD                  | HSE y SEG. FÍSICA            |        |         | ALCANCE |
| Personas      | Daños a instalaciones | Ambiente                                 | Inversión       |                           | Programación                               |  | Ocurre en 1 de 100 proyectos | Ocurre en 1 de 20 proyectos | Ocurre en 1 cada 4 proyectos | Ocurre en 1 de 3 proyectos | Ocurre en 1 cada 2 proyectos |        |         |         |
|               |                       |  |                 |                           | Días Calendario                            |  |                              |                             |                              |                            |                              |        |         |         |
| Desde         | Hasta                 | Desde                                    | Hasta           |                           |  |  |                              |                             |                              |                            |                              |        |         |         |
| 5             | Muy Alto              | Una o más fatalidades                    | Daño Total      | Contaminación Irreparable | > 5,00% CAPEX<br>127.354.094 2.547.081.874 | >10% Programa Ejecución<br>21,0 210,0  |                              | Impacto Internacional       | M                            | M                          | H                            | H      | VH      |         |
| 4             | Alto                  | Incapacidad permanente (parcial o total) | Daño Mayor      | Contaminación Mayor       | > 3,00% CAPEX<br>76.412.456 127.354.094    | 6->10% Programa Ejecución<br>12,6 20,0 |                              | Impacto Nacional            | L                            | M                          | M                            | H      | H       |         |
| 3             | Medio                 | Incapacidad temporal (>1 día)            | Daño Localizado | Contaminación Localizada  | > 1,00% CAPEX<br>25.470.819 76.412.456     | 2->6% Programa Ejecución<br>4,2 11,6   |                              | Impacto Regional            | N                            | L                          | M                            | M      | H       |         |
| 2             | Bajo                  | Lesión menor (sin incapacidad)           | Daño Menor      | Efecto Menor              | > 0,50% CAPEX<br>12.735.409 25.470.819     | 1->2% Programa Ejecución<br>2,1 3,2    |                              | Impacto Local               | N                            | N                          | L                            | M      | M       |         |
| 1             | Insignificante        | Lesión leve (primeros auxilios)          | Daño leve       | Efecto Leve               | > 0,50% CAPEX<br>12.735.409 25.470.819     | <1% Programa Ejecución<br>0,0 1,1      |                              | Impacto Interno             | N                            | N                          | N                            | L      | M       |         |
| 0             | Nulo                  | Ningún Incidente                         | Ningún Daño     | Ningún Efecto             | = 0,00% CAPEX<br>0 0                       | 0% Programa Ejecución<br>0,0 0,0       |                              | Ningún Impacto              | N                            | N                          | N                            | N      | N       |         |

# 5. ECM-9 Implementación del control operacional en línea para la mejora del desempeño energético

## 5.1. Recopilación de información complementaria

El control operacional se basa en contar con la información del consumo de energía en tiempo real y compararlo con el consumo que debería existir, para poder corregir sobreconsumos, lo más cercano al momento en que se producen. Mientras más se puedan estratificar los consumos de energía, mayor es la efectividad de esta medida, sin embargo, el nivel de estratificación depende de cómo se ha conformado el unifilar eléctrico de las cargas en el edificio.

Para la implementación efectiva de la medida propuesta es fundamental iniciar el proceso identificando estratégicamente los puntos para instalar medidores que garantice la mayor estratificación de cargas controlables posibles.

La inspección de la distribución eléctrica en las edificaciones de la Secretaría Distrital de Salud reveló una estructura eléctrica compleja y diversificada. Este análisis sienta las bases para comprender la infraestructura existente y constituye un paso esencial en la planificación detallada del sistema de medición y control operacional propuesto.

- **Edificio Administrativo:** Ubicado en el centro de la distribución eléctrica, este edificio alberga una subestación principal con dos transformadores de 750 kVA. Además, cuenta con breakers principales para cada uno de los demás bloques. La distribución de la iluminación se realiza mediante breakers principales en cada uno de los 7 pisos, los cuales se dividen en zona occidental y zona oriental.
- **Edificio del Hemocentro:** En este edificio de cuatro pisos, la distribución de iluminación se lleva a cabo a través de tableros principales en cada piso, conectados eléctricamente al breaker principal del Edificio Administrativo.
- **Edificio Laboratorio:** Similar al Edificio del Hemocentro, el Edificio Laboratorio, también de cuatro pisos, distribuye la iluminación mediante tableros principales en cada piso, conectados eléctricamente al breaker principal del Edificio Administrativo.
- **Edificio CRU:** Conformado por cinco pisos, el Edificio CRU muestra una distribución de iluminación más centralizada. Un tablero principal en el piso 1 alimenta todo el edificio, conteniendo un breaker principal para la iluminación y, aguas abajo, breakers de iluminación para cada piso.

El plan de medición eléctrica propuesto se enfoca específicamente en iluminación y ascensores.

Este plan se basa en la identificación de puntos clave para la toma de medidas, clasificados en una escala del 0 al 2. El nivel 0 corresponde a la medición en los transformadores, brindando una visión integral del consumo eléctrico. A su vez, los niveles 1 y 2 se centran en totalizadores específicos para cada edificio y en los breakers principales de los tableros de iluminación, respectivamente (ver **Tabla 44**).

**Tabla 44. Niveles de medición**

| Nivel de medición | Descripción                   |
|-------------------|-------------------------------|
| 0                 | Totalizadores transformadores |
| 1                 | Totalizadoras edificaciones   |
| 2                 | Totalizadores de Iluminación  |

La **Tabla 45** resume los puntos recomendados para la medición de energía eléctrica, indicando el nivel de medición correspondiente.

Esta estrategia permitirá obtener datos detallados y precisos enfocados a los consumos de energía eléctrica en iluminación y ascensores, sirviendo como base fundamental para el posterior análisis, seguimiento y control y la identificación de medidas para la optimización del uso y del consumo de la energía.

**Tabla 45. Puntos recomendados para la medición de energía eléctrica**

| Ítem | Descripción                                   | Nivel Medición |
|------|---|----------------|
| 1    | Totalizador TR1                               | 0              |
| 2    | Totalizador TR 2                              | 0              |
| 3    | Totalizador Ascensores y Datacenter           | 1              |
| 4    | Totalizador Edificio Administrativo           | 1              |
| 5    | Totalizador Edificio Laboratorio              | 1              |
| 6    | Totalizador Edificio Hemocentro               | 1              |
| 7    | Totalizador Edificio CRU                      | 1              |
| 8    | Totalizador Sótano                            | 1              |
| 9    | Iluminación Piso 1 Edif. Administrativo (OCC) | 2              |
| 10   | Iluminación Piso 1 Edif. Administrativo (ORI) | 2              |
| 11   | Iluminación Piso 2 Edif. Administrativo (OCC) | 2              |
| 12   | Iluminación Piso 2 Edif. Administrativo (ORI) | 2              |
| 13   | Iluminación Piso 3 Edif. Administrativo (OCC) | 2              |
| 14   | Iluminación Piso 3 Edif. Administrativo (ORI) | 2              |
| 15   | Iluminación Piso 4 Edif. Administrativo (OCC) | 2              |
| 16   | Iluminación Piso 4 Edif. Administrativo (ORI) | 2              |
| 17   | Iluminación Piso 5 Edif. Administrativo (OCC) | 2              |
| 18   | Iluminación Piso 5 Edif. Administrativo (ORI) | 2              |
| 19   | Iluminación Piso 6 Edif. Administrativo (OCC) | 2              |
| 20   | Iluminación Piso 6 Edif. Administrativo (ORI) | 2              |
| 21   | Iluminación Piso 7 Edif. Administrativo (OCC) | 2              |
| 22   | Iluminación Piso 7 Edif. Administrativo (ORI) | 2              |
| 23   | Iluminación Piso 1 Edif. Laboratorio          | 2              |
| 24   | Iluminación Piso 2 Edif. Laboratorio          | 2              |
| 25   | Iluminación Piso 3 Edif. Laboratorio          | 2              |
| 26   | Iluminación Piso 4 Edif. Laboratorio          | 2              |
| 27   | Iluminación Piso 1 Edif. Hemocentro           | 2              |
| 28   | Iluminación Piso 2 Edif. Hemocentro           | 2              |
| 29   | Iluminación Piso 3 Edif. Hemocentro           | 2              |
| 30   | Iluminación Piso 4 Edif. Hemocentro           | 2              |
| 31   | Totalizador Iluminación Edif. CRU             | 2              |

Para ver las ubicaciones propuestas de los medidores revisar el archivo: **Unifilar SDS ubicación de medidores.dwg**, que se encuentra en la carpeta Planos y unifilares, en la subcarpeta Unifilares.



Luego de identificar los puntos de medición, se tomaron como referencia algunos medidores apropiados de diferentes proveedores para cada ubicación, basándose en los criterios predefinidos. Posteriormente, se solicitaron cotizaciones que incluyen tanto los costos de los equipos, como los de la mano de obra necesaria para su implementación. Para establecer estos costos, se propone una arquitectura de medición y una topología de procesamiento de datos que, adaptadas a las dimensiones del sistema de medición, permitirán estimar el costo asociado a la tarifa mensual del monitoreo y análisis de datos.

## 5.2. Especificaciones técnicas de la medida

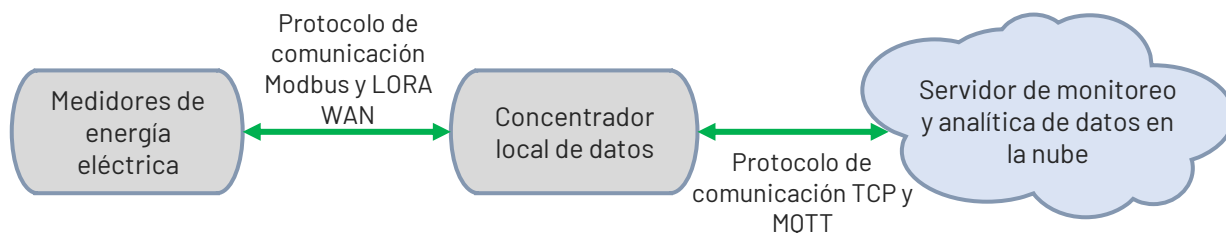
### 5.2.1. Arquitectura del sistema de medición

La arquitectura propuesta para el monitoreo eléctrico se estructuró en tres etapas, asegurando una gestión integral y eficiente de los datos relacionados con la iluminación y ascensores.

- **Medición de Variables Eléctricas:** Implementación de un sistema de medición de variables eléctricas en los puntos estratégicos definidos previamente. Esto incluye la instalación de dispositivos de medición en los transformadores, totalizadores de cada edificio y breakers principales de los tableros de iluminación. Estos dispositivos recopilan datos en tiempo real, ofreciendo una visión detallada y precisa del consumo eléctrico focalizado en iluminación y ascensores.
- **Almacenamiento y Registro de Variables Eléctricas:** Almacenamiento y registro eficiente de las variables eléctricas medidas. La implementación de una plataforma permite la recopilación y almacenamiento seguro de los datos recolectados. Este sistema garantiza la integridad y accesibilidad de la información a lo largo del tiempo, facilitando análisis históricos y proporcionando una base de datos confiable para futuras decisiones de eficiencia energética.
- **Visualización y Análisis de Datos:** Implementación de una interfaz intuitiva y personalizable que permita a los usuarios visualizar en tiempo real y analizar los datos recopilados. Herramientas de análisis avanzadas facilitarán la identificación de patrones, tendencias y posibles áreas de mejora. Esta etapa garantizará que la información sea accesible y comprensible, promoviendo una toma de decisiones informada y efectiva para optimizar el consumo de energía en iluminación y ascensores.

### 5.2.2. Topología de procesamiento de datos

- Desde los Medidores de Energía Eléctrica hasta el Concentrador Local de Datos se propone una combinación de protocolos de comunicación Modbus y LoRaWAN. Esto garantizaría una transmisión de datos eficiente y confiable, permitiendo la recopilación precisa de información proveniente de los medidores distribuidos en distintas áreas de la Secretaría Distrital de Salud.
- En el siguiente tramo, desde el Concentrador Local de Datos hasta el Servidor de Monitoreo y Analítica de Datos en la nube, se ha propuesto la utilización de los protocolos de comunicación TCP (Transmission Control Protocol) y MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Esta selección responde a la demanda de una comunicación segura y bidireccional entre el concentrador y el servidor en la nube. El protocolo TCP garantiza la fiabilidad en la entrega de datos, mientras que MQTT, al ser un protocolo ligero y eficiente para la comunicación máquina a máquina, facilita la transmisión de información en tiempo real y la actualización de datos de manera ágil.
- Esta combinación de protocolos no solo asegura la integración eficaz de los diferentes componentes del sistema, sino que también optimiza la interoperabilidad y la capacidad de respuesta en la transferencia de datos cruciales para el monitoreo y análisis de la eficiencia energética en el edificio.



**Figura 18. Topología de procesamientos de datos y protocolos de comunicación.**

### 5.2.3. Medidores propuestos

Para la medición eléctrica (energía y potencia) y puntos de conexión de datos, es necesario instalar unos tableros con dicho medidor (incluyendo cuatro accesorios) y un concentrador de datos para su envío a la plataforma de procesamiento y visualización, como se presenta en la **Tabla 46**. La instalación requiere 2 mini interruptores, un interruptor tripolar para proteger las fases que se están midiendo y uno monopolar para proteger la alimentación del medidor de energía eléctrica, la cual es independiente. Además, son necesarias 3 borneras cortocircuitables para la conexión de los transformadores de corriente, estos elementos son importantes para poder intervenir de forma segura el medidor de energía.

**Tabla 46. Listado de equipos necesarios para medición de energía eléctrica**

| Ítem | Descripción                               | Und | Cant |
|------|---|-----|------|
| 1    | Medidor de energía eléctrica              | Und | 1    |
| 2    | Mini interruptor tripolar de 6ª           | Und | 1    |
| 3    | Mini interruptor monopolar de 6ª          | Und | 1    |
| 4    | Borneras cortocircuitables                | Und | 3    |
| 5    | Transformador de corriente                | Und | 3    |
| 6    | Bornera para neutro                       | Und | 1    |
| 7    | Bornera para tierra                       | Und | 1    |
| 8    | Frenos para bornera                       | Und | 1    |
| 9    | Cableado de señales                       | Gbl | 1    |
| 10   | Cable para red de comunicación Modbus RTU | Gbl | 1    |
| 11   | Riel Omega y accesorios                   | Gbl | 1    |

Los equipos de medición propuestos son de alguna de las marcas más destacadas en el mercado nacional. Estos cumplen con los requerimientos técnicos necesarios, presentando características sobresalientes. Adicionalmente, tienen un respaldo de soporte técnico a nivel local. A continuación, en la **Tabla 27** se presenta el detalle de los medidores propuestos.

**Tabla 47. Medidores propuestos**

| Nivel 2   | Nivel 1   | Nivel 0   |
|---|---|---|
| Heyi  | Circuitor   | Circuitor   |
|  |  |  |
| HY-3Y3D   | CVM-C4  | CVM-C10   |

## 5.3. Actividades para la implementación

### 5.3.1. Intervenciones eléctricas y desarrollo de herramienta

- Instalación de medidores y configuración del sistema de comunicación:**
  - Realizar la instalación de medidores en 31 puntos estratégicos dentro de la Secretaría Distrital de Salud.
  - Implementar la arquitectura del sistema de medición, asegurando un monitoreo preciso del consumo eléctrico en áreas clave de los edificios de la Secretaría Distrital de Salud.
  - Utilizar una combinación de protocolos de comunicación Modbus y LoRaWAN para la transmisión eficiente de datos desde los medidores hasta el concentrador local de datos.
- Configuración del Sistema de Monitoreo y Desarrollo del Dashboard:**
  - Configurar el sistema de monitoreo para permitir la recopilación automatizada de datos de consumo eléctrico.
  - Desarrollar un dashboard personalizado que permita visualizar y analizar los datos en tiempo real, centrándose en áreas clave como iluminación, y ascensores.
- Acceso Remoto y Almacenamiento Seguro de Datos:**
  - Habilitar el acceso remoto y multiusuario al sistema para garantizar su accesibilidad desde diferentes ubicaciones dentro de la edificación.
  - Implementar medidas de seguridad robustas para garantizar el almacenamiento seguro de los datos recopilados, cumpliendo con los estándares de protección de datos.
- Alertas y Notificaciones:**
  - Configurar alertas y notificaciones para informar sobre eventos relevantes en el consumo de energía, como picos de demanda o anomalías en el funcionamiento de equipos.
- Pruebas y Validación del Sistema:**
  - Realizar pruebas detalladas del sistema para garantizar su correcto funcionamiento antes de la puesta en marcha.
  - Validar los resultados obtenidos con respecto a las mediciones de consumo eléctrico y la eficacia del sistema de monitoreo.
- Identificación de Variables Significativas y Desarrollo del Árbol de Decisión:**
  - Identificar variables significativas en el consumo de energía de la Secretaría Distrital de Salud, como horarios de iluminación y hábitos de manejo de este Uso Significativo de la Energía (USEn).

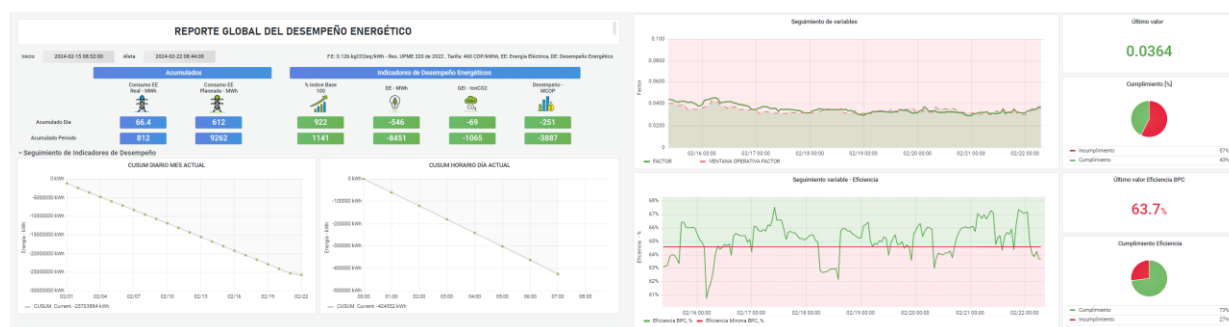
- Desarrollar un árbol de decisión para mantener un buen desempeño energético, estableciendo acciones correctivas y preventivas en función de los datos recopilados.

### 5.3.1.1. Desarrollo del Dashboard para el control operacional

El software de monitoreo y analítica inteligente es una herramienta que permite transformar datos sin procesar en información valiosa para el proceso, generando reportes automáticos de KPIs (*Key Performance Indicator*), alertas y eventos operativos. Sus principales beneficios se listan a continuación:

- 1. Identificación:**
  - Anomalías en los parámetros
  - Situaciones que generen alertas o alarmas
  - Tendencias
  - Patrones operativos
- 2. Seguimiento:**
  - Paneles de visualización en tiempo real para seguimiento de los indicadores
  - Balances de energía
  - Tendencia de variables eléctricas y de proceso, posibles causas de desviaciones y acciones correctivas a seguir
  - Visualización de alertas y alarmas
- 3. Analizar, evaluar y cuantificar:**
  - Cálculo, visualización y registro de indicadores (desempeño energético, impacto económico y ambiental).
  - Actualización en función de la dinámica operacional del activo.
- 4. Reportes:**
  - Frecuencia configurable
  - Contenido configurable
  - Opción de descarga manual o envío automático
  - Destinatario configurable
  - Disponibilidad de consulta de información histórica

Con la implementación de esta herramienta de seguimiento y monitoreo es posible realizar reportes de desempeño energético con frecuencia horaria o diaria, teniendo una interfaz que combina variables de proceso y su relación con el impacto al desempeño energético en el tiempo, tal como se observa en la **Figura 19**.



**Figura 19. Vista de un Dashboard online para el control operacional**

La **Tabla 48** muestra un ejemplo de Dashboard. Como se puede observar, esta interfaz permite integrar diversos de gráficos e información relevante para el uso y consumo de energía del edificio, que se adaptan según el tipo de aplicación y necesidades del usuario final. En la siguiente tabla, se listan algunos de los datos que pueden reportarse.

**Tabla 48. Información tipo que se genera en un reporte**

| Indicadores de desempeño energético:  | Variables energéticas:   |  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicador base 100 [%]</li> <li>- Índice de consumo [kWh/m<sup>2</sup>]</li> <li>- Desempeño energético [kWh]</li> <li>- Emisiones [tonCO<sub>2</sub>]</li> <li>- Ahorros [COP]</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo de energía [kWh]</li> <li>- Corriente (A)</li> <li>- Voltaje (V)</li> <li>- Factor de potencia</li> <li>- Energía activa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía reactiva</li> <li>- Factor de desbalance de voltaje</li> <li>- THD – voltaje</li> <li>- THD – corriente</li> <li>- Armónicos, entre otros.</li> </ul> |

## 5.4. Evaluación de beneficios

### 5.4.1. Potencial de ahorro

De acuerdo con la Guía F: El Modelo de Negocio ESCO y los Contratos de Servicios Energéticos por Desempeño Del Banco Interamericano de Desarrollo, se señala que es posible alcanzar ahorros energéticos de hasta un 5% mediante una medición aislada utilizando únicamente los contadores proporcionados por la empresa de servicios públicos. No obstante, al implementar la instalación de medidores y el desarrollo de modelos predictivos, es viable lograr ahorros aún mayores.

La evaluación del potencial de ahorro derivado de la implementación del control operacional para la Secretaría Distrital de Salud se realiza comparando los consumos promedio mensuales del periodo base, que incluye los consumos desde el 2021 hasta mayo del 2023, con el promedio de los menores consumos en el mismo periodo. Esta evaluación identifica un potencial de ahorro del 4,24%. Sin embargo, para adoptar un enfoque conservador, se considerará únicamente el 3% del consumo promedio mensual como potencial de ahorro.

De acuerdo con lo anterior, el potencial de ahorro estimado por control operacional es de **8.181 kWh/mes**, lo cual corresponde a un potencial económico de aproximadamente \$ 5.148.077 COP/mes y un potencial de reducción de emisiones de 3,2 ton CO<sub>2</sub>e/mes. Estas cifras se obtienen al multiplicar el potencial de ahorro energético por una tarifa eléctrica de 629,3 \$COP/kWh y el factor de emisión de GEI de 0,391 ton CO<sub>2</sub>e/MWh.

## 5.5. Análisis de costos y evaluación financiera

### 5.5.1. Costos de equipos

Como se ha mencionado anteriormente, se han identificado 31 puntos clave de medición en la SDS, cada uno con diferentes niveles de medición. Además, se han determinado una serie de elementos esenciales para su instalación, incluyendo borneras e interruptores, entre otros. Los costos de los equipos necesarios para implementar este sistema de medición se detallan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 49**. Los presupuestos que se presentan a continuación fueron proporcionados por el Departamento de Inteligencia Energética de e2 Energía Eficiente. Esta elección se basa en las particularidades específicas de la oferta y en la vasta experiencia del departamento en la implementación exitosa de este tipo de medidas. En este sentido, los costos presentados reflejan estimaciones realistas y ajustadas a la realidad del mercado.

**Tabla 49. Costo de equipos**

| Descripción                                   | Und | Cant | Valor unitario | Valor total          |
|---|-----|------|----------------|----------------------|
| Medidor de energía Circutor CVM-C10 (Nivel 2) | Und | 2    | \$ 1.250.000   | \$ 2.500.000         |
| Medidor de energía Circutor CVM-C4 (Nivel 2)  | Und | 6    | \$ 740.000     | \$ 4.440.000         |
| Medidor de energía Heyi HY-2D2Y (Nivel 2)     | Und | 23   | \$ 400.000     | \$ 9.200.000         |
| Mini interruptor tripolar de 6A               | Und | 31   | \$ 45.500      | \$ 1.410.500         |
| Mini interruptor monopolar de 6A              | Und | 31   | \$ 21.384      | \$ 662.913           |
| Borneras cortocircuitables                    | Und | 93   | \$ 22.500      | \$ 2.092.500         |
| Transformador de corriente                    | Und | 93   | \$ 240.000     | \$ 22.320.000        |
| Bornera sencilla                              | Und | 31   | \$ 4.641       | \$ 143.871           |
| Bornera para neutro                           | Und | 31   | \$ 4.641       | \$ 143.871           |
| Bornera para tierra                           | Und | 31   | \$ 13.637      | \$ 422.759           |
| Frenos para bornera                           | Und | 62   | \$ 2.975       | \$ 184.450           |
| Cableado de señales                           | m   | 1550 | \$ 1.750       | \$ 2.712.500         |
| Cable para red de comunicación Modbus RTU     | m   | 62   | \$ 10.000      | \$ 620.000           |
| Accesorios                                    | Glb | 31   | \$ 76.300      | \$ 2.365.300         |
| Equipos de comunicación                       | Und | 8    | \$ 1.487.500   | \$ 11.900.000        |
| Concentrador de señales                       | Und | 1    | \$ 3.570.000   | \$ 3.570.000         |
| <b>Subtotal</b>                               |     |      |                | <b>\$ 64.688.665</b> |

## 5.5.2. Costos de mano de obra

A continuación, se detallan los costos asociados con las obras eléctricas, las actividades de programación y desarrollo, así como los costos de la interventoría y las horas hombre necesarias para la instalación de los medidores y la ejecución general de la medida. (Ver **Tabla 50**).

**Tabla 50. Costos de obras eléctricas, programación y desarrollo, y oficina técnica**

| DESCRIPCIÓN   | Cantidad | Unidad | SUMINISTRO MATERIALES |             | INSTALACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN |             | TOTAL UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|----------|--------|-----------------------|-------------|------------------------------|-------------|----------------|-------------|
|   |          |        | VALOR UNIT.           | VALOR TOTAL | VALOR UNIT.                  | VALOR TOTAL | (\$)           | (\$)        |
| OBRAS ELÉCTRICAS  |          |        |                       |             |                              |             |                |             |
| Adecuación de Obras Civiles   | 1        | Glb    | 2.163.200             | 2.163.200   | 6.476.800                    | 6.476.800   | 8.640.000      | 8.640.000   |
| Instalación de los medidores en los 8 Totalizadores (TR1, TR2, Ascensores y Datacenter, Edf. Administrativo, Laboratorio, Hemocentro, CRU y Sótano) | 8        | c/u    | 81.250                | 650.000     | 243.412                      | 1.947.296   | 324.662        | 2.597.296   |
| Instalación de medidores en el edificio administrativo.   | 14       | c/u    | 65.600                | 918.400     | 196.400                      | 2.749.600   | 262.000        | 3.668.000   |
| Instalación de los medidores en el edificio de laboratorios.  | 4        | c/u    | 65.600                | 262.400     | 196.400                      | 785.600     | 262.000        | 1.048.000   |
| Instalación de los medidores en el edificio Hemocentro.   | 4        | c/u    | 65.600                | 262.400     | 196.400                      | 785.600     | 262.000        | 1.048.000   |
| Instalación del medidor en el Totalizador Iluminación Edif. CRU   | 1        | c/u    | 70.000                | 70.000      | 208.704                      | 208.704     | 278.704        | 278.704     |
| PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO   |          |        |                       |             |                              |             |                |             |
| Conexión eléctricas de equipos  | 1        | Gbl    | -                     | -           | 6.000.000                    | 6.000.000   | 6.000.000      | 6.000.000   |
| Configuración del Sistema de Monitoreo y Desarrollo del Dashboard   | 1        | Glb    | -                     | -           | 1.525.000                    | 1.525.000   | 1.525.000      | 1.525.000   |
| Acceso Remoto y Almacenamiento Seguro de Datos:   | 1        | Glb    | -                     | -           | 750.000                      | 750.000     | 750.000        | 750.000     |
| Alertas y Notificaciones  | 1        | Glb    | -                     | -           | 200.000                      | 200.000     | 200.000        | 200.000     |
| Identificación de Variables Significativas y Desarrollo del Árbol de Decisión   | 1        | Glb    | -                     | -           | 1.200.000                    | 1.200.000   | 1.200.000      | 1.200.000   |

| OFICINA TÉCNICA                                     |            |     |   |   |                   |           |           |                  |
|---|------------|-----|---|---|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>Interventoría de Proyecto</b>                    | 1          | Glb | - | - | 6.800.000         | 6.800.000 | 6.800.000 | <b>6.800.000</b> |
| Ingeniero(a) Interventor Eléctrico                  | 16         | Día | - | - | 250.000           | 4.000.000 | 250.000   | 4.000.000        |
| Cuatro técnicos eléctricos responsables de la obra. | 16         | Día | - | - | 175.000           | 2.800.000 | 175.000   | 2.800.000        |
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO OBRAS =</b>                  |            |     |   |   | <b>21.440.000</b> |           |           |                  |
| ADMINISTRACIÓN                                      | 15%        |     |   |   | 3.216.000         |           |           |                  |
| IMPREVISTOS   | 5%         |     |   |   | 1.072.000         |           |           |                  |
| UTILIDAD  | 5%         |     |   |   | 1.072.000         |           |           |                  |
| <b>TOTAL AIU</b>                                    | <b>25%</b> |     |   |   | <b>5.360.000</b>  |           |           |                  |
| <b>VALOR TOTAL OBRAS =</b>                          |            |     |   |   | <b>26.800.000</b> |           |           |                  |

Para poder agregar valor a la información que entregan los medidores, se recomienda llevar esta información a un sistema de monitoreo, análisis y visualización que permita implementar algoritmos de Machine Learning e Inteligencia Artificial para la detección de anomalías, seguimiento de indicadores de desempeño y control operacional de las variables energéticas. Estos sistemas de monitoreo son normalmente de tipo SaaS (Software as a Service) en la nube y el costo de estos depende del volumen de información a registrar y analizar. Para un sistema de medición como el propuesto para la SDS, la tarifa mensual del monitoreo y analítica de datos es de aproximadamente \$ 1 millón COP mensuales más IVA.

**Nota:** Para poder revisar estos costos a detalle revisar el documento **IB-2024-04-PR-G2-Secretaría Distrital de Salud (Imp. Control Operacional)** Que se puede encontrar en la carpeta anexos. Y las fichas técnicas de los medidores se encuentran en el archivo **FICHAS\_TECNICAS\_MEDIDORES\_ENERGÍA** que se encuentra en la subcarpeta cotizaciones, en la carpeta anexos.

## 5.6. Análisis financiero

La implementación del control operacional en línea tiene un potencial de ahorro anual de 98.168 kWh de energía de eléctrica, con una inversión inicial de \$ 91.488.665 COP y costos operativos aproximados de \$ 770.000 COP por mes, además de una tarifa mensual del monitoreo y analítica de datos que tiene un costo mensual de \$ 1.000.000 COP. En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis financiero realizado para esta medida.

| Tabla 51. Resumen análisis financiero ECM-9 Implementación del control operacional en línea |                  |      |                                 |                       |                              |
|---|------------------|------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Datos de entrada  |                  |      | Resultados después de impuestos |                       |                              |
| Inversión:  | \$ 91.488.665,00 | COP  | <b>TIR</b>                      | <b>30,0</b>           | <b>%</b>                     |
| Tiempo del proyecto:  | 5,0              | años | <b>VPN</b>                      | <b>\$ 125.668.216</b> | <b>COP</b>                   |
| Depreciación:   | 10,0             | años | <b>Payback</b>                  | <b>2,5</b>            | <b>Años</b>                  |
| Ahorros anuales   |                  |      | Ahorro anual de dinero          | \$ 61.681.567         | COP                          |
| Electricidad  | 98.168           | kWh  | Ahorro porcentual               | 3,00                  | %                            |
| Impuesto sobre utilidades   | 35               | %    |                                 |                       |                              |
| Tasa de descuento   | 8                | %    | Reducción de GEI                | 38,4                  | (ton CO <sub>2</sub> e/año ) |

**Tasa Interna de Retorno (TIR):** La TIR del **30%** indica una fuerte viabilidad financiera de esta medida de eficiencia energética. Con esta TIR, se anticipa un rendimiento financiero sólido a lo largo de la duración del proyecto, lo que sugiere que los retornos generados serán significativos y consistentes.

**Valor Presente Neto (VPN):** El VPN positivo de **\$ 125.668.216 COP** a lo largo de 5 años demuestra que el proyecto generará un excedente de valor considerable. Este resultado respalda la inversión en el proyecto, ya que se espera que genere ingresos netos positivos durante su período de ejecución.

**Período de Recuperación de la Inversión (Payback):** El periodo de recuperación de la inversión es de solo de **2,5 años**. Este tiempo es razonable dada la naturaleza del proyecto y los beneficios económicos esperados.

En resumen, los indicadores financieros confirman la viabilidad y la rentabilidad del proyecto de control operacional en línea para la mejora del desempeño energético. La TIR obtenida, el VPN positivo y el corto periodo de recuperación respaldan la decisión de inversión en este proyecto no solo es financieramente viable, sino que también generará beneficios económicos a corto y largo plazo.

### 5.7. Cronograma de actividades del proceso de licitación

Para abrir este proceso de licitación, es recomendable realizar las actividades propuestas en el cronograma que se visualiza en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia..** Las fechas indicadas son solo de referencia.

Tabla 52. Cronograma de actividades del proceso de licitación.

| ACTIVIDAD  | PLAZO                    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
|--|--------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|
|  |                          | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Publicación aviso de prensa  | 9 de mayo de 2024        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Apertura del proceso   | 9 de mayo de 2024        |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Plazo para presentar observaciones y preguntas con relación a las condiciones de invitación. | 10 al 13 de mayo de 2024 |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Plazo para la respuesta a las observaciones y adendas a las condiciones de invitación        | 16 al 18 de mayo de 2024 |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Apertura y recepción de ofertas  | 19 de mayo de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Cierre del proceso de recepción de ofertas   | 20 de mayo de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Designación del comité evaluador   | 20 de mayo de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Evaluación de las ofertas  | 23 al 26 de mayo de 2024 |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Informe de evaluación  | 27 de mayo de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Evaluación   | 27 de mayo de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Puesta en consideración del informe de evaluación y recepción de observaciones               | 30 al 31 de mayo de 2024 |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Revisión de observaciones y respuesta a las mismas   | 1 al 2 de junio de 2024  |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Informe complementario de evaluación   | 3 de junio de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Recomendación de aceptación de oferta  | 6 de junio de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Vo Bo del Gerente  | 7 de junio de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Contrato   | 8 de junio de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| Legalización del contrato  | 9 de junio de 2024       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |

Se recomienda solicitar a los licitantes el cronograma detallado para la ejecución de la medida, como el que se propone a continuación donde se detallan las obras por edificio y pisos correspondientes.

Tabla 53. Cronograma de actividades propuesto y estimado para la implementación del control operacional en línea

|   | Días |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | Semanas |   |   |   |   |   |   |   |
|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---------|---|---|---|---|---|---|---|
|   | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <b>Adecuación de Obras Civiles</b>  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Instalación de los medidores en los 8 Totalizadores (TR1, TR2, Ascensores y Datacenter, Edf. Administrativo, Laboratorio, Hemocentro, CRU y Sotano)                     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Instalación de medidores en los 14 puntos predefinidos dentro del edificio administrativo, distribuidos a razón de dos por piso, desde el primer hasta el séptimo piso. |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Instalación de los medidores en los 4 puntos predefinidos en el edificio de laboratorios, distribuidos en cada uno de los cuatro pisos del edificio.                    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Instalación de los medidores en los 4 puntos predefinidos en el edificio hemocentro, distribuidos en cada uno de los cuatro pisos del edificio.                         |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Instalación del medidor en el Totalizador Iluminación Edf. CRU  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Programación y desarrollo</b>  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Configuración del Sistema de Monitoreo y Desarrollo del Dashboard   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Acceso Remoto y Almacenamiento Seguro de Datos  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Identificación de Variables Significativas y Desarrollo del Árbol de Decisión   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Alertas y Notificaciones  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |
| Pruebas y Validación del Sistema  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |



## 5.8. Normas técnicas aplicables

### 5.8.1. NTC ISO 50001:2019, Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso

#### OBJETO

Establecer los requisitos y proporcionar una guía para la implementación, mantenimiento y mejora continua de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) destinado a permitir a una organización seguir una aproximación sistemática para alcanzar mejoras del desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso sostenible de la energía y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

La norma es aplicable a todo tipo y tamaño de organizaciones, independientemente de su ubicación geográfica, su cultura y su contexto social y económico. Está diseñada para ser integrada eficazmente en otras prácticas de gestión y sistemas existentes, como la norma ISO 9001 (Sistemas de Gestión de Calidad) e ISO 14001 (Sistemas de Gestión Ambiental), con el objetivo de lograr un enfoque holístico hacia la sostenibilidad y la gestión responsable de la energía.

### 5.8.2. ISO/TS 50008:2018, Gestión y ahorro de la energía. Gestión de datos de desempeño energético de edificios. Orientación para un enfoque sistémico de intercambio de datos

#### OBJETO

Este documento brinda pautas sobre cómo el equipo de gestión de la energía (EGEn) de una organización puede definir, solicitar y acceder periódicamente a los datos y la información necesarios para implementar un sistema de gestión de la energía (SGE) diseñado para mejorar continuamente el desempeño energético en los edificios.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

Es aplicable a datos proporcionados por procesos humanos o por automatización de edificios, control, tecnología de la información o incluso sistemas de contabilidad. Si el Equipo de Gestión de la Energía puede acceder al sistema de información del edificio (BIS), el BIS puede facilitar el suministro de datos e información. Esto podría incluir datos utilizados para determinar usos significativos de energía (USEn), logrando mejorar el desempeño energético (incluido el consumo de energía, el uso de energía y la eficiencia energética) hasta el uso de indicadores de desempeño energético (IDEn).

Este documento no se aplica a:

- Edificios residenciales o industriales;
- Edificios que contengan un proceso industrial cuando éste no pueda separarse de otros usos.

Sin embargo, muchos de los principios contenidos en este documento se pueden aplicar a estos u otros tipos de edificios.

NOTA: Los procesos industriales pueden incluir fabricación, embalaje, transporte, montaje, etc.

- No se aplica a los protocolos de comunicación de datos de automatización de edificios.
- No considera la selección de software, hardware y algoritmos de control de gestión energética para la gestión automática de edificios.

### 5.8.3. NTC-IEC 62052-31:2019: Equipo de medición de energía eléctrica (C.A). Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo. Requisitos y ensayos de seguridad de productos

#### OBJETO

La norma NTC-IEC 62052-31:2019 tiene como objetivo establecer requisitos de seguridad específicos para equipos de medición y control de energía eléctrica. Se enfoca en garantizar que estos equipos, diseñados para medir y controlar la energía eléctrica en redes de 50 Hz o 60 Hz con una tensión máxima de 600 V, cumplan con estándares de seguridad adecuados. La norma busca proporcionar directrices para la fabricación de estos equipos con el fin de asegurar su operación segura y eficiente.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

La norma se aplica a equipos de medición de energía eléctrica con las siguientes características:

- Equipos de fabricación reciente.
- Diseñados para medir y controlar energía eléctrica en redes de 50 Hz o 60 Hz.
- Con una tensión máxima de 600 V.
- Todos los elementos funcionales, incluyendo módulos adicionales, están encerrados en una caja individual o forman parte de esta.

La norma también se aplica a equipos de medición que contienen interruptores de alimentación y de control de carga, pero solo si su funcionamiento es electromecánico. Se extiende su aplicación a componentes y piezas de ensamble.

**Nota:** es importante tener en cuenta que la tensión mencionada en la norma se refiere a la tensión línea a neutro derivada de tensiones nominales.

### 5.8.4. NTC 5226:2022: Equipos de medición de energía eléctrica. Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo

#### OBJETO

La norma NTC 5226:2022 tiene como objetivo establecer requisitos específicos y ensayos asociados, con sus condiciones adecuadas, para los medidores de electricidad de corriente alterna (c.a.) y corriente continua (c.c.). Su propósito es detallar los requisitos funcionales, mecánicos, eléctricos y de marcado, así como definir los métodos y condiciones de ensayo. Además, la norma aborda la inmunidad a influencias externas, incluyendo entornos electromagnéticos y climáticos, para garantizar el rendimiento y la confiabilidad de los medidores.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma se aplica a los medidores de electricidad de corriente alterna (c.a.) y corriente continua (c.c.). En particular, cubre los siguientes aspectos:

- **Requisitos Funcionales:** Establece los criterios que deben cumplir los medidores en cuanto a su funcionamiento y desempeño.
- **Requisitos Mecánicos:** Define los estándares para la construcción física y la resistencia mecánica de los medidores.
- **Requisitos Eléctricos:** Especifica las características eléctricas que deben tener los medidores para garantizar su precisión y confiabilidad.
- **Requisitos de Marcado:** Detalla las indicaciones o marcas que deben estar presentes en los medidores.

- **Métodos y Condiciones de Ensayo:** Establece los procedimientos y condiciones bajo los cuales deben ser probados los medidores.
- Inmunidad a Influencias Externas:** Aborda la capacidad de los medidores para funcionar correctamente en entornos electromagnéticos y climáticos, asegurando su estabilidad frente a condiciones adversas.

La norma también proporciona notas que orientan a los usuarios hacia otras normas relevantes de la serie IEC 62052 (NTC correspondientes) o IEC 62059 para requisitos generales como seguridad y confiabilidad, así como hacia las normas de la serie IEC 62053 (NTC correspondientes) para requisitos específicos de exactitud y otros índices de clase. En resumen, la NTC 5226:2022 aborda los aspectos esenciales para asegurar la calidad y el rendimiento de los medidores de electricidad en diversos entornos y condiciones.

### 5.8.5. ISO 12655:2013, Energy performance of buildings –Presentation of measured energy use of buildings

**Eficiencia energética de los edificios. Presentación del uso energético medido de los edificios.**

#### **OBJETO**

Este documento establece una metodología coherente para presentar el uso de energía en los edificios, que se especifica claramente con el uso de energía, el límite correspondiente y los datos de energía (presentados con los vectores de energía original o energía equivalente).

#### **CAMPO DE APLICACIÓN:**

Esta Norma Internacional es aplicable a la presentación del uso de energía de edificios civiles para la recopilación de datos, medición, estadísticas, auditoría y análisis.

### 5.8.6. ISO 50007:2017, Energy services –Guidelines for the assessment and improvement of the energy service to users

**Servicios energéticos –Lineamientos para la evaluación y mejora del servicio energético a los usuarios.**

#### **OBJETO:**

Aborda los elementos relevantes del servicio energético proporcionado por los proveedores de energía a los usuarios. Considera que el servicio de energía incluye dos categorías amplias: a. Suministro / generación y distribución de energía; b. Asesoramiento y mejora de la eficiencia energética. Contiene: Definición de un lenguaje común a los diferentes actores; Definición de componentes clave y características del servicio energético a los usuarios, con respecto a sus necesidades y expectativas; Directrices para satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios; Criterios de evaluación del servicio energético a los usuarios; Introducción a los indicadores de desempeño; Ejemplos de indicadores de desempeño; mejora del rendimiento; Educación o formación para que los usuarios comprendan el servicio energético proporcionado por los proveedores de servicios energéticos.

#### **CAMPO DE APLICACIÓN**

El campo de aplicación de la norma incluye:

- Definición de un lenguaje común a los diferentes actores involucrados.
- Definición de componentes y características clave del servicio energético con respecto a las necesidades y expectativas de los usuarios.
- Directrices para satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios.
- Criterios de evaluación del servicio energético.

- Introducción a los indicadores de desempeño y ejemplos de los mismos.
- Mejora del rendimiento del servicio energético.
- Educación o capacitación para que los usuarios comprendan el servicio energético proporcionado.

El campo de aplicación excluye:

- Temas relacionados con el servicio energético individual, como la eficiencia energética proporcionada a usuarios individuales o servicios de empresas de servicios energéticos.
- Métodos de diseño y construcción de sistemas de producción, transmisión y distribución de energía.
- Estructura de gestión y metodología de operación y gestión de actividades relacionadas con servicios energéticos.
- Temas relacionados con servicios energéticos dentro de edificios.

## 5.9. Análisis de riesgos

Para la implementación de un sistema de control operacional en línea para la mejora del desempeño energético en la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, se identifican varios riesgos críticos que requieren una atención especial. Entre estos, destacan los relacionados con el montaje y construcción, como la suspensión del suministro de energía para labores de instalación, posibles daños a partes eléctricas del tablero, incompatibilidades con sistemas existentes y aumento de cargas eléctricas.

Para mitigar estos riesgos, es vital planificar las labores en horarios que no interrumpan la jornada laboral normal, contar con personal altamente calificado, evaluar las interfaces y protocolos de comunicación durante la fase de diseño, y realizar un estudio de cargas para validar la capacidad instalada. Además, se deben elaborar estudios de análisis de riesgos de seguridad digital y establecer medidas de protección contra ataques cibernéticos.

A nivel de gestión del proyecto, es esencial contar con un equipo definido y capacitar al personal para superar resistencias al cambio.

En cuanto a la ingeniería, se deben realizar validaciones periódicas sobre el funcionamiento de los equipos, garantizar la confiabilidad de estos y llevar a cabo un seguimiento riguroso de los parámetros de medida.

Por último, en el ámbito del abastecimiento, es fundamental realizar un seguimiento detallado de los tiempos de entrega de los equipos por parte de los proveedores y anticiparse a posibles demoras.

### 5.9.1. Descripción de la Matriz de Riesgos

**OBJETIVO:** Proporcionar una descripción de la matriz de riesgos propuesta en el presente documento.

**DESCRIPCIÓN:** La matriz de riesgos propuesta es una matriz de 6x5, el objetivo es clasificar cada evento como de impacto muy alto, alto, medio o insignificante. Esta calificación se otorga con base en dos parámetros: la severidad y la probabilidad de ocurrencia.

La codificación por colores representa el nivel combinado de probabilidad y severidad de los riesgos identificados. Los riesgos muy altos se representan en rojo, los altos en naranja, los medios en amarillo, los bajos en amarillo (ámbar) y los nulos en verde. A continuación, en la **Tabla 31** se describen las siglas propuestas en la matriz:

**Tabla 54. Colores y codificación de la matriz de riesgos.**

| Color | Codificación |
|-------|--------------|
|-------|--------------|

|                          |
|--------------------------|
| VH (Very High): muy alto |
| H (High): alto           |
| M (Medium): muy alto     |
| L (Low): bajo            |
| N (Null): nulo           |

En el parámetro de severidad (**eje y**), se evalúan 6 niveles:

7. Nulo (calificación 0)
8. Insignificante (calificación 1)
9. Bajo (calificación 2)
10. Medio (calificación 3)
11. Alto (calificación 4)
12. Muy alto (calificación 5).

Este parámetro se evalúa para las siguientes 6 categorías:

**Tabla 55. Categorías analizadas y evaluadas en la matriz de riesgo**

| Nivel de Impacto | Personas               | Daños a instalaciones | Ambiente                  | Inversión                       | Programación                    | Imagen y clientes     |
|------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Nulo             | Ningún daño            | Ningún accidente      | Ningún efecto             | 0% del CAPEX                    | 0% del tiempo                   | ningún impacto        |
| Insignificante   | Lesión leve            | Daño leve             | Efecto leve               | Entre el 0,5% y el 1% del CAPEX | Entre el 0% y el 1% del tiempo  | impacto interno       |
| Bajo             | Lesión temporal        | Daño menor            | Efecto menor              | Entre el 0,5% y el 1% del CAPEX | Entre el 1% y el 2% del tiempo  | impacto local         |
| Medio            | Incapacidad temporal   | Daño localizado       | Contaminación localizada  | Entre el 1% y 3% del CAPEX      | Entre el 2% y 6% del tiempo     | impacto regional      |
| Alto             | Incapacidad permanente | Daño mayor            | Contaminación mayor       | Entre el 3% y el 5% del CAPEX   | Entre el 6% y el 10% del tiempo | impacto nacional      |
| Muy Alto         | Una o más fatalidades  | Daño total            | Contaminación irreparable | Mayor al 5% del CAPEX           | Mayor al 10% del tiempo         | impacto internacional |

La calificación se otorga al combinar la probabilidad con la severidad asignada, por ejemplo: supongamos que vamos a evaluar un riesgo para la categoría de personas. A este riesgo asignamos una probabilidad media de ocurrencia y una severidad nivel 2 (bajo), la calificación será C2-L, lo cual quiere decir que el nivel de riesgo es bajo.

A continuación, se presenta la matriz de riesgos correspondiente a la presente medida.

Los riesgos iniciales de la implementación del control operacional propuesto se describen brevemente en la **Tabla 56**. Se consideran los riesgos técnicos de mayor impacto.

**Tabla 56. Riesgos técnicos de la medida de implementación del control operacional**

| R Id.      | Categoría del riesgo        | RIESGO  | CAUSA BÁSICA   | Personas | Instalaciones | Ambiente | Económico | Tiempo | Img. Cliente | Otra | Valoración | ACCIÓN DE TRATAMIENTO   |
|------------|-----------------------------|---|--|----------|---------------|----------|-----------|--------|--------------|------|------------|---|
| <b>R01</b> | Montaje y construcción      | Suspensión del suministro de energía para labores de instalación  | Desenergización de tablero eléctrico para instalación de medidores   |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Planificar las labores en un horario que no afecte la jornada laboral normal de la edificación.   |
| <b>R02</b> | Montaje y construcción      | Afectación a partes eléctricas del tablero  | Daño al tablero debido a error humano (mala conexión del técnico)  |          |               |          | C2-L      | C2-L   |              |      | L          | Contar con personal altamente calificado para la realización de las labores.  |
| <b>R03</b> | Montaje y construcción      | Incompatibilidad con sistemas existentes  | Incompatibilidad entre los nuevos equipos y sistemas con la instrumentación, cableado e infraestructura previamente instalada.         |          |               |          | B4-M      |        |              |      | M          | En la fase de diseño, evaluar las interfaces y/o protocolos de comunicaciones.  |
| <b>R04</b> | Montaje y construcción      | Incremento de cargas eléctricas   | Incremento de cargas eléctricas por instalación de nuevos dispositivos   |          |               |          | B4-M      |        |              |      | M          | Realizar un estudio de cargas para validar la capacidad instalada.  |
| <b>R05</b> | Montaje y construcción      | Exposición a ataques cibernéticos   | Exposición a ataques cibernéticos  |          |               |          | C4-M      |        |              |      | M          | Elaborar un estudio de análisis de riesgos de seguridad digital. Establecer firewalls y sistemas de protección en los sistemas de control.  |
| <b>R06</b> | Gerenciamiento del proyecto | (Si no se instala el control operacional) No realizar seguimiento al desempeño energético de los principales USE del edificio, para optimizar su consumo energético, mejorar la eficiencia y reducir costos operativos. | No se cuenta con una estructura de medición, almacenamiento, registro y visualización de parámetros eléctricos                         |          |               |          | C2-L      |        | D1-L         |      | L          | Cuantificar y socializar con las partes interesadas del proyecto, el potencial de ahorro por mejores prácticas operativas. Socializar los beneficios asociados a la implementación de un control operacional, por ejemplo, optimización de la operación y por ende de los costos energéticos, reducción de emisiones, beneficios tributarios. |
| <b>R07</b> | Gerenciamiento del proyecto | Suspensión del proyecto por no tener continuidad en su implementación   | No se cuenta con un equipo de gestión con roles y funciones definidas para asegurar la correcta implementación del control operacional |          |               |          | C3-M      |        |              |      | M          | Conformar un equipo de gestión de la energía, definir funciones y actividades necesarias para llevar a cabo el control operacional  |
| <b>R08</b> | Gerenciamiento del proyecto | Resistencia al cambio por la propuesta de incorporación de nueva herramienta digital  | Resistencia al cambio que genera el nuevo producto en el flujo de trabajo  |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Socializar el programa de eficiencia energética, comunicar metas y en especial lo referente al control operacional y la herramienta digital para el seguimiento con   |

| R Id.      | Categoría del riesgo | RIESGO   | CAUSA BÁSICA   | Personas | Instalaciones | Ambiente | Económico | Tiempo | Img. Cliente | Otra | Valoración | ACCIÓN DE TRATAMIENTO  |
|------------|----------------------|--|--|----------|---------------|----------|-----------|--------|--------------|------|------------|--|
|            |                      |  |  |          |               |          |           |        |              |      |            | todo el personal de la organización. Realizar capacitaciones en gestión de la energía al personal con el fin de que conozcan los términos y los indicadores manejados en el tablero.                           |
| <b>R09</b> | Ingeniería           | Falla de comunicación y/o fallas en el seguimiento y monitoreo de las variables energéticas. | Fallas en la comunicación de los equipos                           |          |               |          | B3-L      |        |              |      | L          | Realizar validaciones periódicas sobre el correcto funcionamiento de los equipos y en la estructura de comunicación y visualización.<br>Instalar equipos de respaldo energético en los equipos de transmisión. |
| <b>R10</b> | Ingeniería           | Confiabilidad en los equipos de medición   | Lo equipos seleccionados no cumplan con la confiabilidad requerida |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | En el desarrollo de la ingeniería básica - detallada los equipos seleccionados deben cumplir con todos los requisitos técnicos específicos de la instalación.  |
| <b>R11</b> | Ingeniería           | Desviaciones en los parámetros de medida   | Calibración de equipos   |          |               |          | C2-L      |        |              |      | L          | Mantenimientos programados.  |
| <b>R12</b> | Abastecimiento       | Retrasos en la adquisición de equipos  | Retraso durante el proceso de compra                               |          |               |          | C2-L      | B2-N   |              |      | L          | Considerar en el cronograma los posibles retrasos y realizar seguimiento semanal al proceso de abastecimiento.   |
| <b>R13</b> | Abastecimiento       | Demoras en los tiempos de entrega de los equipos por parte del proveedor                     | Selección de proveedores y equipos de importación                  |          |               |          | C2-L      | B2-N   |              |      | L          | Seguimiento a los procesos de importación de equipos.  |

**Tabla 57. Posibles consecuencias inherentes a los riesgos identificados para la implementación del control operacional**

| Inversión     |                | 91.697.341                               |                       | PROGRAMA DE EJECUCIÓN:    |                                       | 750 |  |       |                       | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA   |                             |                              |                            |                              |
|---------------|----------------|--|-----------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----|--|-------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|               |                |  |                       |                           |                                       |     |  |       |                       | A                            | B                           | C                            | D                          | E                            |
| CONSECUENCIAS |                |  |                       |                           |                                       |     |  |       |                       | OTRA                         |                             |                              |                            |                              |
|               |                |  |                       |                           |                                       |     |  |       |                       | <1%                          | 1%-5%                       | 5%-25%                       | 25%-50%                    | >50%                         |
| SEVERIDAD     |                | HSE y SEG. FÍSICA                        |                       |                           | ALCANCE                               |     |  |       | IMAGEN Y CLIENTES     | Insignificante               | Bajo                        | Medio                        | Alto                       | Muy Alto                     |
|               |                | Personas                                 | Daños a instalaciones | Ambiente                  | Inversión                             |     | Programación                           |       |                       | Ocurre en 1 de 100 proyectos | Ocurre en 1 de 20 proyectos | Ocurre en 1 cada 4 proyectos | Ocurre en 1 de 3 proyectos | Ocurre en 1 cada 2 proyectos |
|               |                |  |                       |                           |                                       |     | Desde                                  | Hasta |                       |                              |                             |                              |                            |                              |
| 5             | Muy Alto       | Una o mas fatalidades                    | Daño Total            | Contaminación Irreparable | > 5,00% CAPEX<br>4.584.867 91.697.341 |     | >10% Programa Ejecución<br>75,0 750,0  |       | Impacto Internacional | M                            | M                           | H                            | H                          | VH                           |
| 4             | Alto           | Incapacidad permanente (parcial o total) | Daño Mayor            | Contaminación Mayor       | > 3,00% CAPEX<br>2.750.920 4.584.867  |     | 6->10% Programa Ejecución<br>45,0 74,0 |       | Impacto Nacional      | L                            | M                           | M                            | H                          | H                            |
| 3             | Medio          | Incapacidad temporal(>1 día)             | Daño Localizado       | Contaminación Localizada  | > 1,00% CAPEX<br>916.973 2.750.920    |     | 2->6% Programa Ejecución<br>15,0 44,0  |       | Impacto Regional      | N                            | L                           | M                            | M                          | H                            |
| 2             | Bajo           | Lesión menor (sin incapacidad)           | Daño Menor            | Efecto Menor              | > 0,50% CAPEX<br>458.487 916.973      |     | 1->2% Programa Ejecución<br>7,5 14,0   |       | Impacto Local         | N                            | N                           | L                            | M                          | M                            |
| 1             | Insignificante | Lesión leve (primeros auxilios)          | Daño leve             | Efecto Leve               | > 0,50% CAPEX<br>458.487 458.487      |     | <1% Programa Ejecución<br>0,0 6,5      |       | Impacto Interno       | N                            | N                           | N                            | L                          | M                            |
| 0             | Nulo           | Ningún Incidente                         | Ningún Daño           | Ningún Efecto             | = 0,00% CAPEX<br>0 0                  |     | 0% Programa Ejecución<br>0,0 0,0       |       | Ningún Impacto        | N                            | N                           | N                            | N                          | N                            |



## 6. Conclusiones

Este informe presenta los resultados de la Auditoría Energética de Grado de Inversión (IGA) realizada para tres medidas de eficiencia energética seleccionadas en la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, basadas en los hallazgos de la Auditoría Energética de Recorrido (WTA) llevada a cabo en agosto de 2023. La primera medida consiste en la sustitución tecnológica de las luminarias actuales de sodio y fluorescentes por tecnología LED. La segunda medida implica la modernización de los nueve ascensores de la edificación, incorporando mejoras tecnológicas que promuevan un mejor desempeño energético. Finalmente, la tercera medida contempla implementar un sistema de control operacional en línea para mejorar el desempeño energético general de la edificación.

La implementación de estas tres medidas significaría un ahorro energético anual de **553.876 kWh**, lo que representa el **17%** del consumo eléctrico del edificio. Los beneficios financieros serían aproximadamente **\$ 363 MCOP** y se dejarían de emitir cerca de **216 tonCO<sub>2</sub>e por año**.

### Reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED

- La actualización de luminarias a tecnología LED en la Secretaría Distrital de Salud representa una medida crucial para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de carbono. Aun considerando solo el 50% del potencial identificado inicialmente, los beneficios económicos anuales se estiman en **\$ 137.868.330 COP**. Con una inversión inicial de **\$ 124.794.610 COP**, esta se amortizaría en tan solo un año. Además, se dejarían de emitir a **85,8 tonCO<sub>2</sub>e por año**.
- La inspección realizada durante el desarrollo de esta IGA reveló importantes oportunidades de mejora en la sustitución de luminarias llevada a cabo por la Entidad. En el 70% de los espacio evaluados, debido a la instalación de un número insuficiente de luminarias, se observaron niveles de iluminación deficientes, lo que constituye un incumplimiento de las normativas establecidas por RETILAP, las cuales especifican los niveles adecuados de iluminación para entornos de oficina.
- En este informe IGA se propone una distribución de luminarias LED que permite no solo alcanzar los niveles adecuados de iluminación, sino también generar ahorros significativos de energía.

### Cambio tecnológico de ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética

- La modernización de los ascensores constituye igualmente una oportunidad significativa para optimizar el consumo de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la SDS. La obsolescencia tecnológica de los ascensores actuales ha provocado un incremento en los gastos de mantenimiento y una frecuencia elevada de fallos, subrayando así la imperiosa necesidad de llevar a cabo una modernización integral.
- La modernización propuesta, que incluye la implementación de motores síncronos de imanes permanentes, sistemas de frenado regenerativo y bandas planas de acero recubiertas de poliuretano, ofrece un potencial de ahorro energético significativo. Se estima que esta medida podría generar un ahorro anual de **236.287 kWh** y una reducción de **92,4 toneladas de CO<sub>2</sub>e/año**. Además, se proyecta un ahorro económico anual de **\$ 146.658.615 COP**.
- Se recomienda dirigir la modernización de los ascensores hacia equipos y sistemas de alto rendimiento energético, centrados en la eficiencia energética. Esto va más allá de simplemente cambiar los sistemas

actuales por equipos más nuevos, pero con un rendimiento similar en términos de energía. Por lo tanto, es crucial que las especificaciones de la licitación detallen el tipo de motores necesarios, priorizando los motores de imanes permanentes, los cuales consumen un 25% menos de energía que los motores convencionales. Además, es fundamental solicitar sistemas de frenado regenerativo y sistemas de control inteligente para optimizar las operaciones. La inclusión de características adicionales, como bandas de acero recubiertas de poliuretano, puede aumentar aún más el potencial de ahorro global y contribuir a la recuperación de la inversión.

- La implementación de posibles mejoras estéticas en las cabinas y la actualización de los sistemas de control sin la inclusión de sistemas de frenado regenerativo, aunque podrían influir en la eficiencia y el consumo, resultaría en un impacto significativamente inferior al obtenido con las tecnologías especializadas propuestas. Esto podría disminuir los ahorros, limitar las mejoras en el impacto ambiental e incluso poner en riesgo la viabilidad de la medida, incluso proyectada a lo largo de los 25 años de vida útil de los equipos.

#### **Implementación del control operacional en línea para mejorar el desempeño energético**

- La implementación del control operacional en línea para mejorar el desempeño energético representa un paso significativo hacia la optimización de la gestión energética en los edificios administrativos, como el de la Secretaría Distrital de Ambiente. Al recopilar datos en tiempo real sobre el consumo eléctrico, especialmente en iluminación y ascensores, esta medida proporciona una visión detallada y precisa de los patrones de consumo, permitiendo una respuesta proactiva ante posibles sobreconsumos o desviaciones. Con esta medida se podría lograr un ahorro anual de **98.168 kWh** de energía eléctrica que representan unos \$ 61.681.567 COP y una reducción en emisiones de **38,4 tonCO<sub>2</sub>e/año**.
- La evaluación financiera de la inversión estimada en **\$ 91.488.665 COP** arrojó unos indicadores financieros favorables, con un periodo de recuperación proyectado de **2,5 años**.
- Se sugiere la implementación de esta medida en conjunto con las demás medidas propuestas para garantizar una mejora continua del desempeño energético del edificio y asegurar una operación adecuada y controlada de los equipos eficientes que se pongan en marcha.

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](mailto:contact@c40cff.org)  
[c40cff.org](http://c40cff.org)**



**C40 CITIES  
FINANCE  
FACILITY**

**Implementing agencies**



**Funding partners**



**UK Government**



Federal Ministry  
for Economic Cooperation  
and Development



**AFD**  
AGENCE FRANÇAISE  
DE DÉVELOPPEMENT