

# Hoja de Ruta para Escalar la Implementación de Medidas de Eficiencia Energetica y Energías Renovables en Bogotá



**C40 CITIES  
FINANCE  
FACILITY**

# Contenido

<b>Lista de tablas .....</b>	<b>4</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>5</b>
<b>Lista de abreviaciones.....</b>	<b>6</b>
<b>Resumen ejecutivo.....</b>	<b>7</b>
<b>1. Objetivo de la Hoja de Ruta .....</b>	<b>10</b>
1.1 Objetivo de la Hoja de Ruta.....	10
<b>2. Contexto de la Hoja de Ruta .....</b>	<b>11</b>
2.1 Política Pública de Acción Climática Bogotá 2050.....	11
2.2 Información de base.....	11
2.3 Resultados de las auditorías energéticas en los 14 edificios del piloto.....	14
2.3.1 Usos significativos de la energía eléctrica y gas natural.....	14
2.3.2 Medidas de eficiencia energética identificadas .....	16
2.3.3 Energía solar fotovoltaica.....	17
2.3.4 Potencial de ahorro y reducción de emisión de GEI.....	17
<b>3. Beneficios potenciales e inversión requerida para la implementación de MEE y SFV en 103 edificios públicos .....</b>	<b>20</b>
3.1 Metodología para estimar los beneficios potenciales y la inversión requerida .....	20
<b>4. Clasificación de MEE aplicables a los diferentes tipos de edificios públicos .....</b>	<b>23</b>
4.1 Medidas A: Sin auditoría energética – inversión baja – vigencia corta – alta rentabilidad 1-3 años.....	23
4.1.1 Oficinas.....	23
4.1.2 Hospitales .....	24
4.1.3 Telecomunicaciones .....	24
4.1.4 Transporte .....	25
4.1.5 Otros (Jardín Botánico, bomberos, universidades, bibliotecas, Planetario, Cárcel Distrital, COA de la EAAB, Plaza de Mercado, Centros de Desarrollo Comunitario) .....	25
4.2 Medidas B: Requieren de auditoría WTA – inversión baja – vigencia mediana – rentabilidad de 1-2 años.....	25
4.2.1 Oficinas.....	26
4.2.2 Hospitales .....	27
4.2.3 Telecomunicaciones .....	28
4.2.4 Transporte .....	28
4.2.5 Otros (Jardín Botánico, bomberos, universidades, bibliotecas, Planetario, Cárcel Distrital, COA de la EAAB, Plaza de Mercado, Centros de Desarrollo Comunitario) .....	29
4.3 Medidas C: Requieren de auditoría IGA – inversión alta – vigencia mediana – rentabilidad más de 2 años.....	29
4.3.1 Oficinas.....	30
4.3.2 Hospitales .....	30
4.3.3 Telecomunicaciones .....	31
4.3.4 Otros (Jardín Botánico, bomberos, universidades, bibliotecas, Planetario, Cárcel Distrital, COA de la EAAB, Plaza de Mercado, Centros de Desarrollo Comunitario) .....	31

4.4	Hospitales – Gas natural.....	32
4.4.1	Medidas B: Requieren de auditoría WTA – inversión baja – vigencia mediana – rentabilidad menos de 2 años. 32	
4.4.2	Medidas C: Requieren de auditoría IGA – inversión alta – vigencia mediana – rentabilidad menos de 2 años. 32	
<b>5.</b>	<b>Propuesta de agrupación de MEE y SFV .....</b>	<b>34</b>
5.1.1	Propuesta 1: Por tipo de medida de eficiencia energética.....	34
5.1.2	Propuesta 2: Por clúster .....	35
5.1.3	Sistemas solares fotovoltaicos SFV.....	38
5.2	Establecimiento de prioridades y secuenciación .....	39
5.2.1	Criterios de priorización .....	39
5.3	Empresas de EE y SFV identificadas para la implementación de las medidas de EE y SFV .....	42
<b>6.</b>	<b>Modelos de financiamiento y estrategias de contratación .....</b>	<b>44</b>
6.1	Identificación de fuentes de financiamiento .....	44
6.1.1	Gastos de funcionamiento .....	44
6.1.2	Gastos de inversión .....	45
6.2	Agrupación de proyectos .....	47
6.3	Reinversión de los ahorros .....	47
6.4	Estrategias de contratación y financiación.....	48
6.4.1	Edificios con factibilidad .....	48
6.4.2	Edificios con prefactibilidad .....	48
6.4.3	Demás edificios de la línea de base.....	49
<b>7.</b>	<b>Propuesta institucional y de gobernanza .....</b>	<b>50</b>
7.1	Implementación y monitoreo para 2025 - 2026 .....	50
7.2	Estrategia para 2026 -2030: Ampliación a 89 edificios .....	51
<b>8.</b>	<b>Planificación detallada y cronograma .....</b>	<b>53</b>
8.1	Objetivos a Corto Plazo (2024 – 2025) .....	54
8.2	Objetivos a Mediano Plazo (2026 - 2030) .....	55
<b>9.</b>	<b>Monitoreo, reporte y verificación .....</b>	<b>57</b>
9.1	Definición de objetivos y metas energéticas y ambientales .....	58
9.2	Definición de indicadores de desempeño energético y ambiental .....	58
9.3	Funcionalidades recomendadas para la tecnología de MRV.....	60
9.3.1	Sistema de medición .....	60
9.3.2	Software de gestión energética.....	60
9.4	Reportes de avances y verificación de resultados.....	61
9.4.1	Reportes propuestos .....	61
9.4.2	Verificación y evaluación de resultados .....	63
<b>10.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>64</b>
10.1	Conclusiones.....	64
10.2	Recomendaciones .....	65

# Lista de tablas

Tabla 1. Categorización de edificios base .....	12
Tabla 2. Edificios alcance del proyecto.....	13
Tabla 3. Promedio consumo eléctrico mensual por tipo de uso final .....	15
Tabla 4. Promedio de consumo mensual de gas natural por tipo de uso final .....	15
Tabla 5. Medidas de eficiencia energética identificadas por cada tipo de edificio .....	16
Tabla 6. Resultados SFV para los 10 edificios evaluados .....	17
Tabla 7. Beneficios y CAPEX proyectado para la implementación de medidas de eficiencia energética en 103 edificios .....	20
Tabla 8. Beneficios y CAPEX proyectado para la implementación de soluciones de energía SFV en 60 edificios .....	21
Tabla 9. Medidas tipo A edificios de oficinas.....	23
Tabla 10. Medidas tipo A edificios de hospitales - Energía eléctrica .....	24
Tabla 11. Medidas tipo A edificios de telecomunicaciones.....	24
Tabla 12. Medidas tipo A edificios de transporte .....	25
Tabla 13. Medidas tipo B edificios de oficinas .....	27
Tabla 14. Medidas tipo B edificios de hospitales - Energía eléctrica .....	27
Tabla 15. Medidas tipo B edificios de telecomunicaciones .....	28
Tabla 16. Medidas tipo B edificios de transporte .....	28
Tabla 17. Medidas tipo B edificios "otros" .....	29
Tabla 18. Medidas tipo C edificios de oficinas .....	30
Tabla 19. Medidas tipo C edificios de hospitales - Energía eléctrica .....	30
Tabla 20. Medidas tipo C edificios de telecomunicaciones .....	31
Tabla 21. Medidas tipo B edificios de hospitales - gas natural .....	32
Tabla 22. Medidas tipo C edificios de hospitales - gas natural.....	33
Tabla 23. Agrupación medida control operacional en línea .....	34
Tabla 24. Agrupación medidas de iluminación .....	35
Tabla 25. Agrupación medida calderas .....	35
Tabla 26. Medidas de eficiencia energética edificios de oficinas .....	36
Tabla 27. Medidas de eficiencia energética edificios de hospitales - Energía eléctrica .....	36
Tabla 28. Medidas de eficiencia energética edificios de hospitales - Gas natural.....	37
Tabla 29. Medidas de eficiencia energética edificios de telecomunicaciones.....	37
Tabla 30. Medidas de eficiencia energética edificios de transporte .....	38
Tabla 31. Agrupación plantas SFV con prefactibilidad por clúster .....	38
Tabla 32. Agrupación plantas SFV sin prefactibilidad por clúster.....	39
Tabla 33. Proyectos de eficiencia energética con factibilidad - energía eléctrica .....	40
Tabla 34. Proyectos de eficiencia energética con factibilidad - gas natural.....	40
Tabla 35. Proyectos SFV con factibilidad .....	40
Tabla 36. Proyectos SFV con prefactibilidad.....	41
Tabla 37. Medidas de eficiencia energética con mejores potenciales de ahorro para auditoría IGA .....	41
Tabla 38. Empresas de EE y SFV identificadas para la implementación de las medidas de EE y SFV .....	42
Tabla 39. Modelos de contratos recomendados para los edificios con factibilidad .....	48
Tabla 40. Reportes propuestos para los edificios .....	61

# Lista de figuras

Figura 1. Resumen de Hoja de Ruta para la implementación de MEE y SFV en Bogotá .....	9
Figura 2. Mapa de ubicación de los edificios alcance del proyecto .....	14
Figura 3. Ahorros anuales estimados por eficiencia energética (EE) y energía solar fotovoltaica (SFV) .....	18
Figura 4. Potencial reducción anual de emisiones de GEI por eficiencia energética (EE) y energía solar fotovoltaica (SFV). En toneladas de CO <sub>2</sub> e .....	19
Figura 5. Emisiones de GEI actuales de los 103 edificios de base y potencial de reducción por EE y SFV. Valores en toneladas de CO <sub>2</sub> e por año.....	22
Figura 6. Posibles fuentes de financiación para proyectos de EE y SFV en entidades públicas .....	44
Figura 7. Planificación para la implementación de EE y SFV en todos los edificios de la línea de base .....	53
Figura 8. Sistema de MRV propuesto para la Ciudad .....	57

# Lista de abreviaciones

AFPEI:	Actividades de Fomento, Promoción, Estímulo o Incentivo
AGGE:	Autogenerador a Gran Escala
AGPE:	Autogenerador a Pequeña Escala
APP:	Asociación Público-Privada
AT:	Asistencia Técnica
CONFIS:	Consejo Superior de Política Fiscal
CONPES:	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CREG:	Comisión de Regulación de Energía y Gas
FENOGGE:	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía
FNCE:	Fuente No Convencional de Energía
FNCER:	Fuente No Convencional de Energía Renovable
GD:	Generación Distribuida
GEE:	Gestión Eficiente de la Energía
MINMINAS:	Ministerio de Minas y Energía
OR:	Operador de Red
PAI:	Plan de Acción Indicativo
PPP:	Planes, Programas y Proyectos
PROURE:	Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía
SDL:	Sistema de Distribución Local
UPME:	Unidad de Planeación Minero Energética
SECOP:	Sistema Electrónico de Contratación Pública
SMMLV:	Salario Mínimo Mensual Legal Vigente

# Resumen ejecutivo

La consultoría **Eficiencia Energética y Energía Solar Fotovoltaica en Edificios Públicos en Bogotá** está diseñada en apoyo a la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) en su misión de desarrollar sistemas de energía sostenible que comprendan soluciones de energía renovable (ER) y de eficiencia energética (EE) como parte de sus esfuerzos para mitigar los impactos del cambio climático en la Ciudad. Con base en el Plan de Acción Climática (PAC) de Bogotá, la penetración de las ER y la EE deben considerarse tanto en la gestión de la oferta, como de la demanda de energía para los sectores público, comercial, industrial y residencial, y de esta manera reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la Ciudad y fortalecer su resiliencia climática.

El objetivo general de la **Cooperación** es apoyar a la SDA en la preparación de proyectos financieramente listos para la implementación de medidas de eficiencia energética (MEE) y de energía solar fotovoltaica (SFV) en los edificios públicos seleccionados en Bogotá.

Con esta Hoja de Ruta se busca que Bogotá pueda:

- **Para 2024:**
  - Implementar los proyectos de EE y SFV priorizados que tienen factibilidad técnica, financiera y legal en los cuatro edificios seleccionados, bajo los modelos contractuales definidos, según las propuestas de esta Consultoría. El presupuesto requerido es de \$ 5.366 MCOP, más los impuestos aplicables.
- **Para 2025:**
  - Implementar el modelo de gobernanza seleccionado para los proyectos con factibilidad, según las propuestas de esta Consultoría.
  - Constituir un fondo especializado que reciba y administre recursos financieros para financiar la implementación inicial de las MEE y SFV. Este fondo gestionaría adicionalmente los ahorros logrados a través de dichas medidas, reinvirtiéndolos en nuevos proyectos similares, tanto en los edificios ya intervenidos como en otros edificios de la Ciudad, siguiendo un modelo similar al FONDIGER o utilizando este mismo fondo para tal fin.
  - Implementar las MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en los 10 edificios de la muestra inicial. Se estima que la implementación de estas MEE requeriría una inversión de aproximadamente \$ 600 MCOP más impuestos.
  - Implementar las MEE con los mayores potenciales de ahorro en los demás edificios de la muestra inicial, definiendo cuáles se llevarán a factibilidad a través de una auditoría IGA para licitar e implementar con recursos propios y cuáles se presentarán a posibles implementadores financiadores. Se estima que el presupuesto requerido para llevar a factibilidad las 3 mejores MEE en los 8 edificios restantes de la muestra inicial es de \$ 224 MCOP más impuestos.
  - Implementar SFV en siete edificios con prefactibilidad de la Consultoría. Definir cuáles se llevarán a factibilidad para licitar e implementar con recursos propios de las entidades y cuáles se presentarán a posibles implementadores financiadores con PPA. Llevar a factibilidad las plantas SFV de estos 7 edificios requeriría una inversión de \$ 122,4 MCOP más impuestos.
  - Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 11 hospitales, 37 edificios de oficinas, 4 edificios de telecomunicaciones, 13 edificios de transporte, 4 bibliotecas, 7 edificios de la Universidad Distrital, 9 edificios de bomberos, 4 Centros de Desarrollo Comunitario (CDC), el Planetario, en el Centro Operativo del Agua (COA), en la Cárcel Distrital y en la Plaza de Mercado La Concordia. Implementar estas MEE en estos edificios requeriría de una inversión aproximada de \$ 1.062 MCOP más impuestos.

- Realizar auditorías energéticas WTA en 11 hospitales, 37 edificios de oficinas, 4 edificios de telecomunicaciones, 13 edificios de transporte, 4 bibliotecas, 7 edificios de la Universidad Distrital, 9 edificios de bomberos, 4 Centros de Desarrollo Comunitario, el Planetario, en el Centro Operativo del Agua (COA), en la Cárcel Distrital y en la Plaza de Mercado La Concordia. Realizar estas auditorías energéticas WTA requeriría de una inversión de aproximadamente \$ 1.497 MCOP más impuestos.
- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 11 hospitales, 37 edificios de oficinas, 4 edificios de telecomunicaciones, 13 edificios de transporte, 4 bibliotecas, 7 edificios de la Universidad Distrital, 9 edificios de bomberos, 4 Centros de Desarrollo Comunitario, el Planetario, en el Centro Operativo del Agua (COA), en la Cárcel Distrital y en la Plaza de Mercado La Concordia. Esta actividad podría requerir de una inversión de aproximadamente \$ 1.628 MCOP más impuestos.
- **Para 2026:**
  - Implementar en control operacional en línea para la mejora del desempeño energético en 103 edificios de la línea de base. Se estima que la inversión requerida sería de \$ 2.305 MCOP más impuestos.
  - Implementar MEE priorizadas en 11 hospitales.
  - Implementar plantas SFV en 11 hospitales, según resultados del análisis de prefactibilidad.
  - Implementar MEE priorizadas en 7 edificios de la Universidad Distrital.
  - Implementar plantas SFV en 7 edificios de la Universidad Distrital, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- **Para 2027:**
  - Implementar MEE priorizadas en 37 edificios de oficinas.
  - Implementar plantas SFV en 37 edificios de oficinas, según resultados del análisis de prefactibilidad.
  - Implementar MEE priorizadas en 4 edificios de telecomunicaciones.
  - Implementar plantas SFV en 4 edificios de telecomunicaciones, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- **Para 2028:**
  - Implementar MEE priorizadas en 13 edificios de transporte.
  - Implementar plantas SFV en 13 edificios de transporte, según resultados del análisis de prefactibilidad.
  - Implementar MEE priorizadas en 4 edificios de bibliotecas.
  - Implementar plantas SFV en 4 edificios de bibliotecas, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- **Para 2029:**
  - Implementar MEE priorizadas en 4 Centros de Desarrollo Comunitario (CDC).
  - Implementar plantas SFV en 4 Centros de Desarrollo Comunitario (CDC), según resultados del análisis de prefactibilidad.
  - Implementar MEE priorizadas en el Planetario
  - Implementar plantas SFV en el Planetario, según resultados del análisis de prefactibilidad.
  - Implementar MEE priorizadas en la Cárcel Distrital.
  - Implementar plantas SFV en la Cárcel Distrital, según resultados del análisis de prefactibilidad.
  - Implementar MEE priorizadas en la Plaza de Mercado La Concordia.
  - Implementar plantas SFV en la Plaza de Mercado La Concordia, según resultados del análisis de prefactibilidad.
  - Implementar MEE priorizadas en el Centro Operativo del Agua (COA).
  - Implementar plantas SFV en el Centro Operativo del Agua (COA) , según resultados del análisis de prefactibilidad.



En la siguiente figura se puede apreciar gráficamente esta secuencia de acciones a lo largo de los años.



Figura 1. Resumen de Hoja de Ruta para la implementación de MEE y SFV en Bogotá

# 1. Objetivo de la Hoja de Ruta

## 1.1 Objetivo de la Hoja de Ruta

El objetivo de esta Hoja de Ruta es orientar la Ciudad de Bogotá en la planificación, implementación, operación y seguimiento de los proyectos de eficiencia energética y energía solar fotovoltaica en los edificios públicos de Bogotá. Esta Hoja de Ruta considera aspectos técnicos, financieros, legales, institucionales, ambientales y socioeconómicos a raíz de los resultados del apoyo de CFF en 2023 y 2024.

Esta Hoja de Ruta se alinea con la Política de Acción Climática 2023-2050 (PAC) de Bogotá, que busca que la ciudad enfrente la crisis climática y se consolide como una ciudad carbono-neutral y resiliente a los efectos del cambio climático.

Este documento pretende mostrar a la ciudad de Bogotá cómo puede implementar gradualmente los objetivos de política medioambiental del PAC para todos los edificios públicos. El plan que aquí se presenta analiza 103 edificios públicos de los que se dispone actualmente de datos significativos sobre el consumo de energía. Se supone que esta Hoja de Ruta esboza un primer comienzo ejemplar de cómo la ciudad de Bogotá puede convertir gradualmente los 1200 edificios públicos para que sean energéticamente eficientes y se abastezcan de energía solar.

## 2.Contexto de la Hoja de Ruta

### 2.1 Política Pública de Acción Climática Bogotá 2050

El objetivo general de la "Política Pública Acción Climática 2023-2050" es Impulsar a 2050 la carbono neutralidad, la resiliencia y la adaptación climática en Bogotá D.C. El documento fue publicado en septiembre 2023 en que se pone la meta de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bogotá D.C. para alcanzar la carbono neutralidad a 2050. Las siguientes son las metas escalonadas para lograr este objetivo.

- **2024:** emitir un máximo de 11.422.896 toneladas de CO<sub>2</sub>eq, lo que representa reducir 15% de las emisiones de GEI con respecto a lo proyectado en la línea base para 2024 (13.438.701 toneladas de CO<sub>2</sub>eq).
- **2030:** emitir un máximo de 7.723.943 toneladas de CO<sub>2</sub>eq, lo que representa reducir **50% de las emisiones** de GEI con respecto a lo proyectado en la línea base para 2030 (15.447.886 toneladas de CO<sub>2</sub>eq).
- **2050:** alcanzar la carbono neutralidad.

### 2.2 Información de base

La Ciudad a través de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) suministró la siguiente información de base para el desarrollo de esta Consultoría y para la estructuración de esta Hoja de Ruta:

- **Base de datos con información de 103 edificios:** edificios agrupados por clústeres según su función (educación, sector público, secretarías distritales, bibliotecas, alcaldías locales, Universidad Distrital, hospitales, bomberos y TransMilenio) y con datos sobre ahorros anuales estimados en dinero y en energía eléctrica (kWh), valor del kWh de energía eléctrica, inversión requerida (CAPEX) para eficiencia energética, PAYBACK en años, valor del consumo de energía eléctrica en pesos colombianos, entre otros.
- **Base de datos con información de 50 edificios:** datos sobre área disponible en la cubierta (m<sup>2</sup>), consumo promedio de energía eléctrica (kWh/año), generación anual estimada de energía eléctrica (kWh/año), CAPEX y si cuenta o no con reforzamiento estructural.
- **18 informes de auditorías energéticas previas:** información sobre las medidas de eficiencia energética identificadas en los edificios analizados en áreas como iluminación, buenas prácticas, sistema eléctrico, ofimática, energías renovables, calderas, sistemas de bombeo, generación de vapor, envoltorio del edificio, entre otros.

A partir de esta información, se pudo establecer la siguiente categorización de los 103 edificios por el tipo de uso identificado:

Tabla 1. Categorización de edificios base

Tipo de edificio	Cantidad	% del total	Consumo eléctrico anual estimado [kWh/año]	% del total	Consumo anual de gas natural estimado [kWh/año] <sup>1</sup>	Emisiones anuales de GEI estimadas [ton CO <sub>2</sub> e] <sup>1</sup>	% del total
Oficina	39	38%	22.083.513	32%		8.635	31%
Hospital	15	15%	13.307.597	19%	707.823	6.605	23%
Transporte	14	14%	6.106.283	9%		2.388	8%
Bomberos	9	9%	1.289.612	2%		504	2%
Otros	9	9%	4.505.858	7%		1.762	6%
Universidad	7	7%	4.339.404	6%		1.697	6%
Telecomunicaciones	6	6%	16.197.611	24%		6.333	22%
Biblioteca	4	4%	824.655	1%		322	1%
<b>Total</b>	<b>103</b>		<b>68.654.533</b>		<b>707.823</b>	<b>28.245</b>	

**Los edificios tipo Oficinas (32%), Telecomunicaciones (24%), Hospitales (19%) y Transporte (9%) consumen el 84% del consumo eléctrico anual total de los 103 edificios analizados.** Es decir, en estos 74 edificios se deberían enfocar las acciones para tener un mayor impacto en los costos por consumo eléctrico y reducción de emisiones. Además, en los Hospitales se consume gas natural para calentamiento de agua y cocción de alimentos. Se estima que el gas natural consumido en los Hospitales genera el 5% de todas las emisiones de los 103 edificios. Por lo tanto, los Hospitales tienen prioridad 1 para la implementación de medidas de EE.

Basándose en la información suministrada por la SDA y los análisis realizados con todos los interesados del proyecto, se definieron los edificios para desarrollar los estudios de eficiencia energética y energía solar fotovoltaica. Se priorizaron los 10 edificios con mayor consumo de energía y con más posibilidades de identificar medidas de eficiencia energética. Se procuró que cada edificio seleccionado representara al menos uno de los clústeres propuestos por la SDA. En el caso de SFV, se solicitó información adicional a los edificios para validar su factibilidad técnica de instalar un sistema solar fotovoltaico. Luego de este estudio preliminar, se escogieron 10 edificios. En total, se seleccionaron los siguientes 14 edificios.

<sup>1</sup> Factor de emisión de 0,391 ton CO<sub>2</sub>/MWh para primer periodo para proyectos diferentes a eólicos y solares. XM S.A. ESP. 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)

Tabla 2. Edificios alcance del proyecto

Componente	Clúster	Entidad	Edificio	No
EE y SFV	Secretarías Distritales	Secretaría Distrital de Salud	Secretaría Distrital de Salud	1
EE	Hospitales	Subred Integrada de Servicios de Salud Centro Oriente E.S.E.	Hospital Santa Clara	2
EE y SFV	Hospitales	Subred Integrada de Servicios de Salud Sur E.S.E.	Hospital Meissen	3
EE	Otros	Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá (ETB)	ETB Sede Centro	4
EE y SFV	Otros	Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá (ETB)	ETB Universidades	5
EE	Sector Público	Jardín Botánico de Bogotá	JBB Sede Central	6
EE y SFV	TransMilenio	TransMilenio	TransMicable Manitas	7
EE	Sector Público	EAAB	Central de la EAAB	8
EE y SFV	Hospitales	Subred Integrada de Servicios de Salud Norte E.S.E.	Hospital Simón Bolívar	9
EE y SFV	Hospitales	Subred Integrada de Servicios de Salud Sur Occidente E.S.E.	Hospital El Tintal	10
SFV	Universidad	Universidad Distrital	Sede Bosa Porvenir	11
SFV	Secretarías Distritales	Secretaría Distrital de Gobierno	Secretaría Distrital de Gobierno - Bicentenario	12
SFV	Biblioteca	Biblioteca El Tunal	Biblioteca El Tunal	13
SFV	Sector Público	EAAB	Centro Operativo del Agua (COA).	14

En la siguiente figura se puede observar la ubicación de los edificios en la Ciudad.

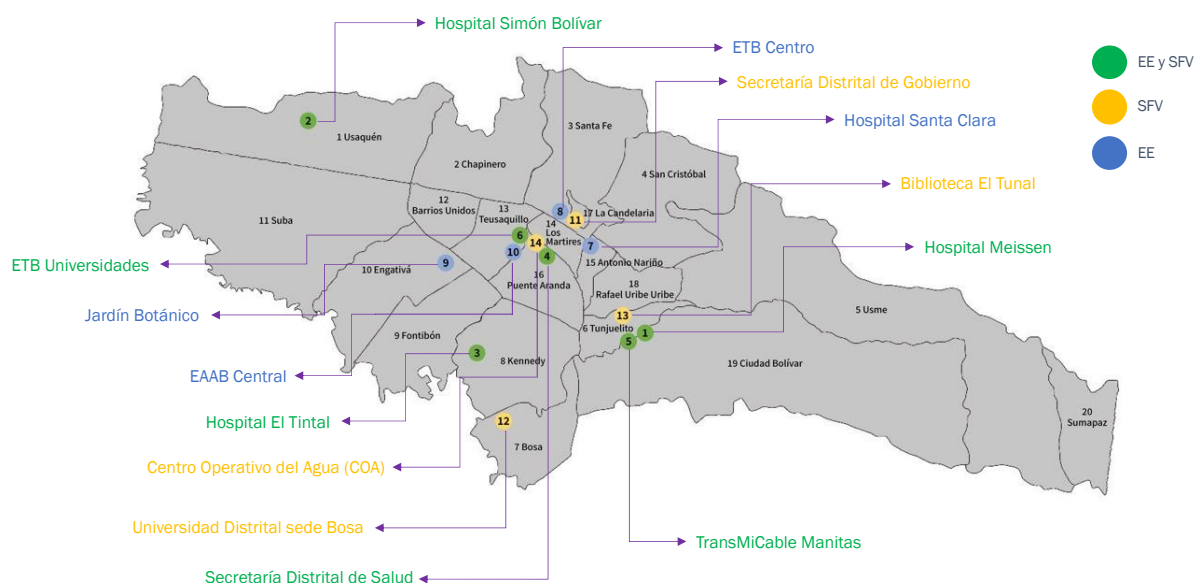


Figura 2. Mapa de ubicación de los edificios alcance del proyecto

Aunque la Ciudad cuenta con un mayor número de edificios públicos a nivel distrital, al momento de elaborar esta Hoja de Ruta solo se disponía de información detallada sobre los 103 edificios mencionados. Es crucial que la Ciudad amplíe esta base de datos para obtener una estimación más precisa del potencial real de reducción de gases de efecto invernadero en todos sus edificios públicos. Asimismo, una información más completa permitirá una mejor planificación de los recursos financieros necesarios para implementar las medidas necesarias de EE y SFV y alcanzar los objetivos de sostenibilidad propuestos en la Política Pública de Acción Climática.

## 2.3 Resultados de las auditorías energéticas en los 14 edificios del piloto

A partir de los resultados de las auditorías energéticas y los análisis de prefactibilidad técnica realizados en los 14 edificios seleccionados, se pudo establecer cómo se utiliza y consume la energía en los edificios evaluados. Asimismo, se identificaron medidas de eficiencia energética (MEE) y oportunidades de aprovechamiento de energía solar fotovoltaica (SFV). Estos resultados permitieron proyectar los beneficios financieros y ambientales potenciales en los demás edificios de la línea de base de la Ciudad, así como los recursos necesarios para implementar las medidas de eficiencia energética (MEE) y los proyectos de SFV identificados.

### 2.3.1 Usos significativos de la energía eléctrica y gas natural

Los usos significativos de energía (USE) son aquellos equipos, sistemas o procesos que ocasionan un consumo representativo de energía o que ofrecen un potencial considerable para la mejora del desempeño energético. La identificación de los USE se realiza mediante la aplicación de la Ley de Pareto para determinar el 20% de los equipos, sistemas o procesos en la edificación que consumen aproximadamente el 80% de los distintos tipos de energía utilizados en los procesos, o que concentren altas pérdidas de energía y altos costos de estas.

Estos son, por tanto, los usos finales de la energía en donde es recomendable identificar e implementar las medidas de eficiencia energética para lograr los mayores impactos en la optimización del consumo y del costo energético en los edificios.

## Energía eléctrica

El consumo promedio mensual de electricidad por tipo de uso final en los 10 edificios evaluados se presenta en la tabla siguiente. De acuerdo con los datos, **los equipos de telecomunicaciones de los edificios de ETB y el sistema motriz principal de TransMiCable Manitas (Otros), así como los sistemas de HVAC (climatización), de iluminación y de ofimática**, representan más del 80% del consumo eléctrico en los 10 edificios. Estos son, por lo tanto, los usos significativos de electricidad.

Tabla 3. Promedio consumo eléctrico mensual por tipo de uso final

Uso Significativo de la Energía (USE) eléctrica	Consumo eléctrico [KWh/mes]	% del consumo total
Otros (Equipos telecomunicaciones en ETB y sistema motriz principal en TransMiCable)	725.783	36,1%
HVAC (climatización y ventilación)	418.793	20,8%
Iluminación	259.824	12,9%
Ofimáticos	246.819	12,3%
Equipos para diagnóstico	159.269	7,9%
Ascensores	96.698	4,8%
Bombeo	46.861	2,3%
Refrigeración	28.971	1,4%
Electrodomésticos	17.308	0,9%
Aire comprimido	11.014	0,5%

## Gas natural

En lo que respecta al gas natural, se identificó que se usa principalmente en calderas, hornos y cocinas. Las calderas de los hospitales son los equipos que más consumen este energético, con cerca del 77% del total.

Tabla 4. Promedio de consumo mensual de gas natural por tipo de uso final

Edificio	Uso	Consumo m <sup>3</sup> /mes	% de consumo total
Hospital Santa Clara	Calderas 100 BHP y 60 BHP	6.509	23,4%
	Hornos	5.325	19,1%
Hospital Simón Bolívar	Calderas 200 BHP	7.592	27,3%
Hospital Meissen	Calderas 125 BHP	5.136	18,5%
Hospital El Tintal	Caldera 30 BHP	2.022	7,3%
EAAB – Centro Nariño	Estufas	746	2,7%
Secretaría Distrital de Salud (SDS)	Calderas	18	0,1%
	Cocina de cafetería	471	1,7%

## 2.3.2 Medidas de eficiencia energética identificadas

Las auditorías energéticas de recorrido (WTA) permitieron identificar las medidas de eficiencia energética que se podrían implementar para optimizar el consumo energético y reducir los costos actuales en los edificios evaluados. La siguiente tabla muestra las principales medidas de EE con el potencial de ahorro en costos energéticos por cada tipo de edificio.

Tabla 5. Medidas de eficiencia energética identificadas por cada tipo de edificio

#	Medidas	Oficinas	Hospitales	Telecomunicaciones	Transporte	Otros
1	Reducción de carga térmica	-	-	1,9%	-	-
2	Actualización tecnológica de luminarias	8,6%	1,9%	0,8%	-	-
3	Actualización tecnológica de ascensores	4,3%	2,3%	0,5%	-	-
4	Control de iluminación por sensor	0,5%	0,5%	0,2%	-	-
5	Control tecnológico de equipos ofimáticos	0,5%	0,1%	-	-	1,5%
6	Instalación de equipos para mejora de eficiencia del sistema	-	-	-	-	-
7	Gestión de operación y/o mantenimiento	0,9%	1,4%	1,1%	-	-
8	Actualización tecnológicas de equipos TELCO	-	-	9,7%	-	-
9	Control operacional del desempeño energético	3,0%	3,2%	3,0%	2,3%	3,0%
10	Sustitución tecnológica de calderas	-	14,1%	-	-	-
11	Independización de circuitos eléctricos de luminarias	0,3%	0,4%	-	0,2%	-
12	Actualización tecnológica de motores eléctricos	-	0,3%	-	4,6%	-
13	Implementación política cero papel en oficinas	-	-	-	-	0,3%
14	Actualización tecnológica de sistemas de bombeo	-	0,2%	-	-	7,7%
15	Actualización tecnológica de bombas de vacío	-	-	-	-	-
16	Cambio de equipo por obsolescencia	-	-	-	-	-
17	Actualización tecnológicas de equipos de refrigeración	0,2%	-	-	-	-
	<b>Totales</b>	<b>18%</b>	<b>24%</b>	<b>17%</b>	<b>7%</b>	<b>12%</b>

Como se puede ver en la tabla, en los edificios de oficinas, por ejemplo, la actualización tecnológica de las luminarias puede reducir el consumo de energía eléctrica en un 8,6%. Con la implementación de todas las demás medidas de eficiencia energética (MEE) identificadas, se podría ahorrar hasta un 18%.

En los hospitales, este potencial es del 24%, e incluye tanto la energía eléctrica como el gas natural. En estos edificios, la sustitución tecnológica de calderas es la MEE con mayor potencial, alcanzando el 14%.

Los edificios de telecomunicaciones tienen un potencial de ahorro energético del 17%, siendo la MEE de actualización tecnológica de equipos TELCO la que presenta el mayor potencial con un 9,7%.

Por su parte, en los edificios de transporte se identificó un potencial de ahorro del 7%. La MEE con mayor potencial en este caso corresponde a la actualización tecnológica de motores eléctricos, con un 4,7%.

Dentro de la categoría "Otros", solo se incluyó al Jardín Botánico, el cual tiene un potencial de ahorro eléctrico del 12%.



## 2.3.3 Energía solar fotovoltaica

En los 10 edificios evaluados a nivel pre-factibilidad se identificó un potencial solar fotovoltaico de **1.086 kWp** en un área disponible de 11.890 m<sup>2</sup>. Las plantas SFV de mayor tamaño serían las de la Estación Manitas de TransMiCable (157,4 kWp), el Hospital Meissen (152,2 kWp) y la Secretaría Distrital de Salud (149,6 kWp). Todas las plantas SFV se diseñaron para interconectarse a la red eléctrica y favorecer el autoconsumo energético, sin exportar ni vender excedentes de energía eléctrica al operador de red.

Tabla 6. Resultados SFV para los 10 edificios evaluados

Edificio	Potencia SFV [kWp]	Generación anual energía solar [kWh]	Costo consumo eléctrico anual [MCOP/año]	Potencial ahorro anual [MCOP/año]	Porcentaje de cobertura del consumo eléctrico
TransMiCable Manitas	157,4	246.600	\$ 1.206	\$ 115	13%
Hospital Meissen (con IGA)	152,2	222.700	\$ 1.202	\$ 87	12%
Secretaría Distrital de Salud (con IGA)	149,6	192.425	\$ 1.880	\$ 81	7%
Universidad Distrital (con IGA)	134,2	177.202	\$ 534	\$ 59	21%
Hospital Simón Bolívar	131,6	198.000	\$ 1.311	\$ 89	10%
Secretaría Distrital de Gobierno	114,8	165.600	\$ 1.094	\$ 79	10%
Hospital El Tintal	81,9	122.100	\$ 332	\$ 48	21%
ETB Universidades	68,4	93.380	\$ 3.300	\$ 41	2%
Centro Operativo del Agua	52,9	75.070	\$ 440	\$ 32	11%
Biblioteca El Tunal	42,6	67.500	\$ 146	\$ 31	31%
<b>Totales</b>	<b>1.086</b>	<b>1.560.577</b>	<b>\$ 11.445</b>	<b>\$ 661</b>	<b>14%</b>

Con este potencial de 1.086 MWp SFV, se podrían generar **1.561 MWh** de energía eléctrica durante el primer año de funcionamiento, lo que correspondería en promedio a cerca del **14%** de cobertura de la demanda actual de energía de estos 10 edificios. Para 3 edificios se desarrolló una auditoría de factibilidad (Investment Grade Audit IGA), resultando en una capacidad FV de 436 kWp.

## 2.3.4 Potencial de ahorro y reducción de emisión de GEI

### Potencial de ahorro en costos energéticos por eficiencia energética

En los 10 edificios evaluados, se identificó un potencial de ahorro anual en costos energéticos de **\$ 3.500 MCOP** por la implementación de todas las medidas de eficiencia energética identificadas, incluyendo las medidas excluyentes. La implementación de algunas de estas medidas hace que sea innecesario la implementación de otras medidas, por tanto, el potencial factible de reducción de costos sería de **\$ 2.724 MCOP** el primer año.

En promedio, con la implementación de las medidas de EE se podría ahorrar anualmente el **16%** de los costos energéticos estimados para 2024 de los 10 edificios evaluados.

### Potencial de ahorro en costos energéticos por energía solar fotovoltaica

Este potencial de ahorro se calculó a partir de la diferencia entre el costo del kWh sustituido de la red eléctrica y el costo del kWh generado por la planta solar fotovoltaica. Para determinar el valor final del kWh generado por la planta solar o Costo Nivelado de la Energía (LCOE, por sus siglas en inglés), se consideraron los costos de inversión, de operación y mantenimiento del proyecto a lo largo de 20 años (tiempo estimado de vida útil).

Al implementar las plantas SFV propuestas en los 10 edificios evaluados, se lograría un ahorro aproximado de **\$ 661 MCOP** el primer año de operación, lo que representa el **6%** del costo anual actual del consumo de energía eléctrica en estos edificios.

En la siguiente figura, se puede observar el potencial de ahorro en costos anuales por la implementación de ambas iniciativas.

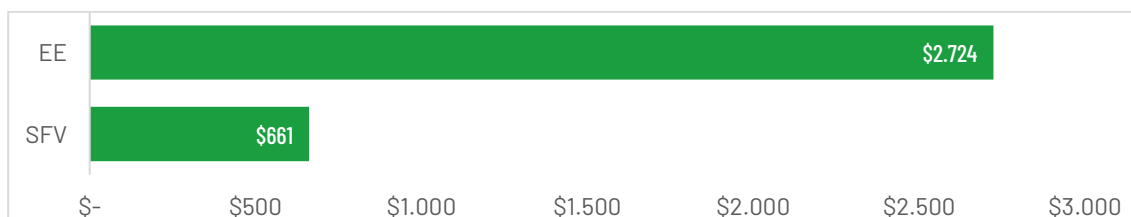


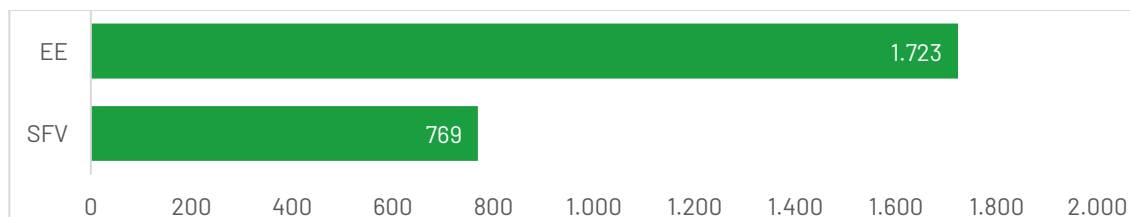
Figura 3. Ahorros anuales estimados por eficiencia energética (EE) y energía solar fotovoltaica (SFV)

## Potencial de reducción de emisiones de GEI por eficiencia energética

El potencial anual de reducción de emisiones de GEI se estimó en **1.723 ton de CO<sub>2</sub>e<sup>2</sup>** mediante la implementación de las medidas de eficiencia energética no excluyentes entre sí.

## Potencial de reducción de emisiones de GEI por energía solar fotovoltaica

Por la implementación de las 10 plantas solares propuestas se podrían dejar de emitir **769 ton de CO<sub>2</sub> e<sup>3</sup>** en el primer año de funcionamiento. En la siguiente figura, se puede observar el potencial de reducción de emisiones de GEI por la implementación de ambas iniciativas.



<sup>2</sup> Factor de emisión de 0,391 ton CO<sub>2</sub>/MWh para primer periodo para proyectos diferentes a eólicos y solares. XM S.A. ESP. 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)

<sup>3</sup> Factor de emisión de 0,493 ton CO<sub>2</sub>/MWh para todos los periodos de plantas eólicas y solares. XM S.A. ESP. 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)

*Figura 4. Potencial reducción anual de emisiones de GEI por eficiencia energética (EE) y energía solar fotovoltaica (SFV). En toneladas de CO<sub>2</sub>e*

# 3. Beneficios potenciales e inversión requerida para la implementación de MEE y SFV en 103 edificios públicos

## 3.1 Metodología para estimar los beneficios potenciales y la inversión requerida

Utilizando la información de base proporcionada por la SDA sobre 103 edificios públicos de Bogotá, así como los resultados de las auditorías energéticas realizadas en 10 edificios y las evaluaciones de prefactibilidad de energía solar fotovoltaica en otros 10 edificios, se estimaron los posibles beneficios en términos de reducción de costos energéticos y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como la inversión necesaria para implementar las medidas de eficiencia energética identificadas y las soluciones de energía fotovoltaica (SFV).

Para cada tipo de edificio, se estimaron los siguientes potenciales de ahorro energético (en hospitales incluye gas natural):

- Oficinas: 18%
- Hospital: 24%
- Transporte: 7%
- Telecomunicaciones: 17%
- Otros: 12%
- **Promedio: 13%**

Con estos porcentajes de ahorro, se proyectaron los siguientes valores de ahorro eléctrico y de gas natural en los 103 edificios (incluyendo los 10 edificios evaluados).

Tabla 7. Beneficios y CAPEX proyectado para la implementación de medidas de eficiencia energética en 103 edificios

Tipo de edificio	Cantidad	Consumo eléctrico anual estimado [kWh/año]	Potencial de ahorro eléctrico anual [kWh]	Potencial de ahorro gas natural anual [m³]	Potencial de ahorro anual TOTAL [COP]	CAPEX requerido [COP]	Potencial reducción emisiones GEI por año [ton CO <sub>2</sub> e]
Oficina	39	22.083.513	4.159.321	0	\$ 2.674.623.271	\$ 5.465.081.662	1.627
Hospital	15	13.307.597	1.645.193	234.129	\$ 1.734.956.242	\$ 4.278.459.980	1.107
Transporte	14	6.106.283	422.544	0	\$ 278.474.875	\$ 290.194.311	165
Bomberos	9	1.289.612	161.452	0	\$ 105.278.515	\$ 166.608.668	63
Otros	9	4.505.858	563.596	0	\$ 375.345.032	\$ 607.351.518	220
Universidad	7	4.339.404	543.269	0	\$ 354.250.741	\$ 560.620.031	212
Telecomunicaciones	6	16.197.611	2.732.018	0	\$ 1.793.530.020	\$ 4.980.233.167	1.068
Biblioteca	4	824.655	103.242	0	\$ 67.321.375	\$ 106.539.541	40
<b>Totales</b>	<b>103</b>	<b>68.654.533</b>	<b>10.330.634</b>	<b>234.129</b>	<b>\$ 7.383.780.070</b>	<b>\$ 16.455.088.878</b>	<b>4.503</b>

Según se puede apreciar en la tabla anterior, los ahorros anuales económicos se estiman en **\$ 7.384 MCOP**, con un CAPEX requerido de **\$ 16.455 MCOP**, lo que resulta en periodo simple de recuperación de la inversión (PSRI) de aproximadamente **2,2 años**.

Por su parte, el potencial anual de reducción de emisiones de GEI se calcula en **4.503 tonCO<sub>2</sub>e**. Proyectado a 5 años, que es el periodo típico de evaluación de proyectos de eficiencia energética, ascendería a **22.517 tonCO<sub>2</sub>e**. Esta cifra representaría el **16%** de las emisiones actuales de los 103 edificios.

El potencial SFV en los 60 edificios con información disponible asciende a **7.996 kWp**. Con esta capacidad, sería posible generar cerca de **10.358 MWh** de energía eléctrica por año, lo que equivaldría aproximadamente al **15%** del consumo eléctrico actual de estos edificios. Para desarrollar este potencial, se estima que se requeriría una inversión cercana a **\$ 33.976 MCOP**, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Las emisiones que se evitarían por la implementación de este potencial SFV alcanzarían las **5.107 tonCO<sub>2</sub>e** durante el primer año de generación eléctrica. En un periodo de 20 años de operación, se estima que se dejarían de emitir aproximadamente **96.709 tonCO<sub>2</sub>e**. Este potencial supondría el **18%** de las emisiones de los 60 edificios de la línea de base actual.

Tabla 8. Beneficios y CAPEX proyectado para la implementación de soluciones de energía SFV en 60 edificios

Tipo de edificio	Cantidad	Potencia solar estimada [kWp]	Generación anual de energía eléctrica (Primer año) [kWh]	Consumo eléctrico anual estimado [kWh/año]	Porcentaje de cobertura del consumo eléctrico	CAPEX estimado [COP]	Emisiones de GEI evitadas en 20 años [ton CO <sub>2</sub> e]
Oficina	23	2.780	3.560.926	22.083.513	16%	\$ 11.385.611.622	33.228
Hospital	12	1.884	2.476.165	13.307.597	19%	\$ 7.979.936.796	23.145
Transporte	8	1.007	1.327.772	6.106.283	22%	\$ 4.743.018.751	12.393
Bomberos	1	761	969.133	1.289.612	75%	\$ 2.872.732.262	9.030
Otros	6	850	1.090.419	3.858.809	28%	\$ 3.553.917.978	10.163
Universidad	1	134	177.202	4.339.404	4%	\$ 502.540.080	1.682
Telecomunicaciones	5	320	413.390	16.197.611	3%	\$ 1.809.737.470	3.861
Biblioteca	4	259	343.395	824.655	42%	\$ 1.128.770.732	3.206
<b>Totales</b>	<b>60</b>	<b>7.996</b>	<b>10.358.401</b>	<b>68.007.484</b>	<b>26%</b>	<b>\$ 33.976.265.691</b>	<b>96.709</b>

En la siguiente figura se pueden apreciar las emisiones de GEI actuales de los 103 edificios de la línea de base y el potencial estimado de reducción mediante las medidas de eficiencia energética y energía solar fotovoltaica. Si se consideran ambas iniciativas, el potencial total de reducción es de 9.610 toneladas de CO<sub>2</sub>e por año, lo cual representa aproximadamente el **34% de las emisiones actuales**.

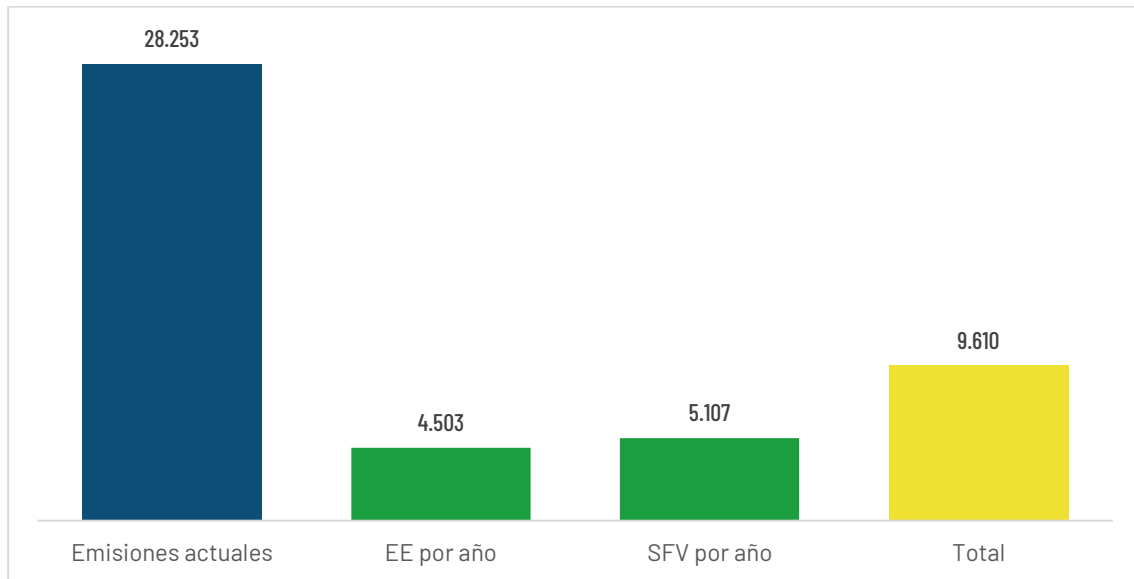


Figura 5. Emisiones de GEI actuales de los 103 edificios de base y potencial de reducción por EE y SFV. Valores en toneladas de CO<sub>2</sub>e por año

## 4. Clasificación de MEE aplicables a los diferentes tipos de edificios públicos

Las medidas de eficiencia energética (MEE) se pueden clasificar según varios criterios, incluyendo el nivel de complejidad técnica para su correcta identificación y estructuración en cada uno de los edificios de la Ciudad. Esto está asociado a la necesidad de realizar auditorías energéticas y el tipo de auditoría requerida, ya sea de recorrido (WTA) o de grado de inversión (IGA). Además, del grado de inversión requerido para su implementación y el periodo de recuperación de la inversión. En este sentido, se propone la siguiente clasificación:

- **Medidas tipo A.** Estas medidas son relativamente simples de identificar e implementar y no suelen requerir auditorías energéticas extensivas. La inversión para su implementación es baja y se recupera rápidamente.
- **Medidas tipo B.** Estas medidas se identifican y se estructuran por medio de una auditoría energética de recorrido (WTA). Estas medidas generalmente son de baja complejidad y rápida implementación.
- **Medidas tipo C.** Estas medidas requieren un mayor nivel de análisis y planificación técnica debido a su alta complejidad e inversiones significativas. Se identifican por medio de una auditoría energética de grado de inversión (IGA).

Esta clasificación facilita una adecuada priorización según el esfuerzo técnico y financiero requerido, logrando victorias tempranas que impulsen esta iniciativa de eficiencia energética y energía renovable en línea con el PAC de la Ciudad.

### 4.1 Medidas A: Sin auditoría energética – inversión baja – vigencia corta – alta rentabilidad 1-3 años

#### 4.1.1 Oficinas

Estas medidas de eficiencia energética se pueden implementar de **inmediato en los 39 edificios tipo oficinas**, lo que permitiría un ahorro energético estimado del orden del 0,6%, equivalente a 122.920 kWh y \$ 78,3 MCOP por año. Además, se dejarían de emitir 48 tonCO<sub>2</sub>e al año, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 9. Medidas tipo A edificios de oficinas

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Control tecnológico de equipos ofimáticos	0,5%	115.235	\$ 73.472.117	45	\$ 247.540.305	3,4
Implementación política cero papel en oficinas	0,03%	7.686	\$ 4.900.346	3	\$ 6.302.660	1,3
<b>Totales</b>	<b>0,6%</b>	<b>122.920</b>	<b>\$ 78.372.464</b>	<b>48</b>	<b>\$ 253.842.965</b>	<b>2,3</b>

La MEE "Control tecnológico de equipos ofimáticos" busca implementar regletas eléctricas en cada equipo (o grupo de equipos) para desenergizar los equipos de cómputo, como computadores portátiles, monitores de PC e impresoras, que quedan conectados durante los periodos de inactividad o fuera de la jornada laboral. Estos equipos siguen consumiendo energía mínima cuando están conectados a los interruptores, incluso si están apagados.

Con la Implementación de una política cero papel en las oficinas, se reduciría el uso de las impresoras y fotocopadoras, lo que resultaría en una disminución del consumo energético en aproximadamente un 0,03%, además de una reducción significativa del uso de papel, que podría llegar a ser del orden del 22%.

## 4.1.2 Hospitales

La implementación de estas medidas en los 15 hospitales de la línea de base podría generar un ahorro del 0,4% en el consumo de energía eléctrica, equivalente a 51.514 kWh y \$ 32 MCOP por año. Además, se dejarían de emitir 20 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. Se estima una inversión de \$ 78 MCOP para implementar esta medida, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10. Medidas tipo A edificios de hospitales - Energía eléctrica

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Implementación política cero papel en oficinas	0,2%	21.320	\$ 13.406.268	8	\$ 5.537.721	0,4
Control tecnológico de equipos ofimáticos	0,2%	30.193	\$ 18.985.743	12	\$ 72.352.600	3,8
<b>Totales</b>	<b>0,4%</b>	<b>51.514</b>	<b>\$ 32.392.012</b>	<b>20</b>	<b>\$ 77.890.320</b>	<b>2,1</b>

## 4.1.3 Telecomunicaciones

La aplicación de la medida de Control tecnológico de equipos ofimáticos en los 6 edificios de telecomunicaciones de la línea de base podría generar un ahorro del 0,1% en el consumo de energía eléctrica, lo que equivale a 14.023 kWh y \$ 9,7 millones de COP por año. Además, se evitaría la emisión de 5 toneladas de CO<sub>2</sub>e anualmente. Se estima que la inversión necesaria para implementar esta medida sería de \$ 23 millones de COP, según se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 11. Medidas tipo A edificios de telecomunicaciones

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Control tecnológico de equipos ofimáticos	0,1%	14.023	\$ 9.691.538	5	\$ 22.922.821	2,4
<b>Totales</b>	<b>0,1%</b>	<b>14.023</b>	<b>\$ 9.691.538</b>	<b>5</b>	<b>\$ 22.922.821</b>	<b>2,4</b>



## 4.1.4 Transporte

La implementación de la medida de Control tecnológico de equipos ofimáticos en los 16 edificios de transporte de la línea de base podría generar un ahorro de 2.581 kWh y \$ 1,8 MCOP por año. Asimismo, se evitaría la emisión de 1 tonelada de CO<sub>2</sub>e anualmente. Se estima que la inversión necesaria para implementar esta medida sería de \$ 6,5 MCOP, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. Medidas tipo A edificios de transporte

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Control tecnológico de equipos ofimáticos	0,04%	2.581	\$ 1.751.255	1	\$ 6.541.940	3,7
<b>Totales</b>	<b>0,04%</b>	<b>2.581</b>	<b>\$ 1.751.255</b>	<b>1</b>	<b>\$ 6.541.940</b>	<b>3,7</b>

## 4.1.5 Otros (Jardín Botánico, bomberos, universidades, bibliotecas, Planetario, Cárcel Distrital, COA de la EAAB, Plaza de Mercado, Centros de Desarrollo Comunitario)

Dentro de la categoría de "Otros edificios" se incluyen diversos tipos de instalaciones, como el Jardín Botánico, el Centro Operativo del Agua, centros de desarrollo comunitario (CDC), estaciones de bomberos, universidades y bibliotecas, entre otros. Debido a la heterogeneidad de estos edificios, es imposible definir medidas de eficiencia energética que sean aplicables de manera transversal a todos ellos. Por tanto, no se recomienda una agrupación en este caso.

## 4.2 Medidas B: Requieren de auditoría WTA – inversión baja – vigencia mediana – rentabilidad de 1-2 años

Esta clasificación de MEE requiere una auditoría energética de recorrido (WTA, por sus siglas en inglés) para su correcta definición.

El **Control operacional del desempeño energético** se basa en contar con la información del consumo de energía eléctrica (o de gas natural) en tiempo real y compararlo con el consumo esperado para poder corregir sobreconsumos y otros comportamientos fuera de control oportunamente. A mayor desagregación de los consumos de energía, a través de la submedición, mayor es la efectividad de esta medida. Sin embargo, el nivel de desagregación depende de cómo esté configurado el sistema eléctrico en el edificio.

Para implementar esta medida de manera efectiva, es fundamental identificar los puntos de instalación de los medidores requeridos, definir la arquitectura de medición, la topología del procesamiento de los datos y la configuración del software. Esta última actividad incluye la definición de las variables a gestionar según las

particularidades del edificio, los indicadores de desempeño energético, los niveles de acceso para los usuarios, las alertas y notificaciones, y la definición de los reportes automatizados.

Se estima que con la implementación de esta medida se pueden lograr ahorros energéticos de aproximadamente el 3%.

La **Gestión de operación y/o mantenimiento** abarca varios aspectos de los sistemas energéticos en los edificios tipo oficinas. Uno de los puntos clave es la correcta distribución de las cargas eléctricas en cada una de las fases de alimentación para garantizar una mejor calidad eléctrica, lo que se traduce en un mejor funcionamiento de los equipos electrónicos. Además, es importante operar los sistemas energéticos según las necesidades específicas, gestionando la operación en función de la demanda para evitar trabajar a cargas parciales o en vacío.

También es crucial mantener los equipos de uso final de la energía en óptimas condiciones de mantenimiento para que consuman solo la energía requerida para su funcionamiento. En los sistemas de iluminación, por ejemplo, se recomienda mantener limpias las luminarias y sus superficies de reflexión, sustituir inmediatamente los equipos averiados (lámparas fundidas, y balastos e interruptores), asegurar la correcta conexión eléctrica para evitar conexiones sueltas que generen puntos calientes, y aprovechar al máximo la luz natural para iluminar los espacios. Además, es importante apagar las luces cuando no se estén utilizando.

Para los equipos de cómputo, es clave mantenerlos libres de suciedad, especialmente en los componentes de ventilación, para evitar recalentamientos y, por tanto, un mayor consumo de energía con bajo rendimiento.

La implementación de este conjunto de medidas puede representar un ahorro energético del 1%.

La **instalación de sensores para controlar la iluminación** permite gestionar el encendido y apagado de las luces de forma automática según el uso requerido. Estos sensores utilizan diferentes tecnologías que garantizan un funcionamiento eficiente y adecuado a los niveles de iluminación necesarios en cada momento, teniendo en cuenta también la luz natural disponible que entra por ventanas o tragaluces. El uso adecuado de estos sensores puede traducirse en ahorros energéticos del orden del 0,5% del consumo total del edificio, dependiendo del tipo y la frecuencia de ocupación del espacio.

La **independización de circuitos eléctricos de luminarias** facilita el encendido y apagado adecuado de las lámparas por sectores del edificio, lo que evita activar la iluminación de un área más grande solo cuando se necesita utilizar un espacio más reducido. Esto es especialmente útil en las oficinas abiertas donde hay muchos puestos de trabajo. Esta independización también permite un control adecuado mediante sensores de presencia para el apagado automático de las luces. Además, contar con circuitos eléctricos independientes posibilita la medición del consumo eléctrico por sectores (submedición) para identificar oportunidades de mejora operativa y de mantenimiento más precisas. Con la implementación de esta medida se pueden lograr ahorros cercanos al 0,3% del consumo eléctrico del edificio.

## 4.2.1 Oficinas

Se estima que con la implementación de este grupo de medidas se puede lograr un ahorro energético cercano al 5% anual en el consumo de energía eléctrica de los 39 edificios catalogados como oficinas. Esto significaría un ahorro anual de \$ 699 MCOP y evitaría la emisión de 429 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

Tabla 13. Medidas tipo B edificios de oficinas

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Control operacional del desempeño energético	3,0%	655.383	\$ 417.863.784	256	\$ 776.467.749	1,9
Gestión de operación y/o mantenimiento	0,9%	196.785	\$ 125.467.892	77	\$ 78.023.943	0,6
Control de iluminación por sensor	0,5%	121.278	\$ 77.325.165	47	\$ 124.027.648	1,6
Independización de circuitos eléctricos de luminarias	0,3%	62.012	\$ 39.537.929	24	\$ 55.245.544	1,4
Actualización tecnológicas de equipos de refrigeración	0,2%	53.664	\$ 34.215.516	21	\$ 55.816.359	1,6
Cambio de equipo por obsolescencia	0,0%	7.453	\$ 4.752.155	3	\$ 12.276.788	2,6
<b>Totales</b>	<b>5,0%</b>	<b>1.096.576</b>	<b>\$ 699.162.441</b>	<b>429</b>	<b>\$ 1.101.858.031</b>	<b>1,6</b>

## 4.2.2 Hospitales

La implementación de estas medidas en los 15 hospitales podría generar un ahorro del 5,6% en el consumo de energía eléctrica, equivalente a 747.632 kWh y \$ 470 MCOP por año. Además, se dejarían de emitir 292 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. Se estima una inversión de \$ 1.184 MCOP para implementar esta medida, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14. Medidas tipo B edificios de hospitales - Energía eléctrica

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Control de iluminación por sensor	0,8%	102.127	\$ 64.218.237	40	\$ 102.637.528	1,6
Independización de circuitos eléctricos de luminarias	0,7%	91.790	\$ 57.717.744	36	\$ 26.720.740	0,5
Actualización tecnológica de motores eléctricos	0,6%	74.676	\$ 46.956.739	29	\$ 447.943.358	9,5
Gestión de operación y/o mantenimiento	0,2%	25.367	\$ 15.951.121	10	\$ 9.795.970	0,6
Control operacional del desempeño energético	3,3%	436.048	\$ 274.189.017	170	\$ 573.809.405	2,1
Actualización tecnológica de bombas de vacío	0,1%	17.624	\$ 11.081.855	7	\$ 22.611.316	2,0
<b>Totales</b>	<b>5,6%</b>	<b>747.632</b>	<b>\$ 470.114.713</b>	<b>292</b>	<b>\$ 1.183.518.317</b>	<b>2,7</b>

## 4.2.3 Telecomunicaciones

La aplicación de estas medidas en los 6 edificios de telecomunicaciones podría generar un ahorro del 6,3% en el consumo de energía eléctrica, lo que equivale a 1.013 MWh y \$ 700 MCOP por año. Además, se evitaría la emisión de 396 toneladas de CO<sub>2</sub>e anualmente. Se estima que la inversión necesaria para implementar esta medida sería de \$ 913 MCOP, según se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 15. Medidas tipo B edificios de telecomunicaciones

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Reducción de carga térmica	1,9%	315.057	\$ 217.744.022	123	\$ 245.945.033	1,1
Control de iluminación por sensor	0,2%	33.548	\$ 23.185.935	13	\$ 36.036.900	1,6
Instalación de equipos para mejora de eficiencia del sistema	0,1%	9.699	\$ 6.703.033	4	\$ 12.579.367	1,9
Gestión de operación y/o mantenimiento	1,1%	174.065	\$ 120.300.389	68	\$ 60.145.500	0,5
Control operacional del desempeño energético	3,0%	480.146	\$ 331.841.171	188	\$ 557.977.442	1,7
<b>Totales</b>	<b>6,3%</b>	<b>1.012.515</b>	<b>\$ 699.774.551</b>	<b>396</b>	<b>\$ 912.684.241</b>	<b>1,3</b>

## 4.2.4 Transporte

La implementación de estas medidas en los 16 edificios de transporte de la línea de base podría generar un ahorro del 7% en el consumo de energía eléctrica, equivalente a 435.543 kWh y \$ 296 MCOP por año. Asimismo, se evitaría la emisión de 170 toneladas de CO<sub>2</sub>e anualmente. Se estima que la inversión necesaria para implementar esta medida sería de \$ 197 MCOP, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16. Medidas tipo B edificios de transporte

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Independización de circuitos eléctricos de luminarias	0,2%	12.760	\$ 8.658.614	5	\$ 1.582.727	0,2
Actualización tecnológica de motores eléctricos	4,6%	282.168	\$ 191.473.320	110	\$ 111.312.700	0,6
Control operacional del desempeño energético	2,3%	140.615	\$ 95.418.598	55	\$ 84.423.726	0,9
<b>Totales</b>	<b>7,1%</b>	<b>435.543</b>	<b>\$ 295.550.532</b>	<b>170</b>	<b>\$ 197.319.153</b>	<b>0,5</b>

## 4.2.5 Otros (Jardín Botánico, bomberos, universidades, bibliotecas, Planetario, Cárcel Distrital, COA de la EAAB, Plaza de Mercado, Centros de Desarrollo Comunitario)

La implementación de esta medida de control operacional en los 29 edificios clasificados como “otros” podría generar un ahorro del 3% en el consumo de energía eléctrica, equivalente a 332.181 kWh y \$ 218 MCOP por año. Además, se dejarían de emitir 130 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. Se estima una inversión de \$ 302 MCOP para implementar esta medida, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Medidas tipo B edificios “otros”

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Control operacional del desempeño energético	3,0%	332.181	\$ 218.423.338	130	\$ 302.207.639	1,4
<b>Totales</b>	<b>3,0%</b>	<b>332.181</b>	<b>\$218.423.338</b>	<b>130</b>	<b>\$ 302.207.639</b>	<b>1,4</b>

## 4.3 Medidas C: Requieren de auditoría IGA – inversión alta – vigencia mediana – rentabilidad más de 2 años

Este conjunto de medidas requiere una Auditoría de Grado de Inversión (IGA) que detalle de manera precisa el alcance técnico y financiero de cada una de las soluciones.

Para la **actualización tecnológica de luminarias**, se necesita evaluar el potencial de ahorro energético al cambiar las lámparas por unas más eficientes energéticamente, como las LED, a partir del inventario actual del edificio. Además, es necesario realizar un diseño de iluminación utilizando un software especializado para garantizar una adecuada distribución de luz en las áreas iluminadas, así como el cumplimiento del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) en lo relacionado con los niveles adecuados de iluminación según el uso de cada uno de los espacios. También se recomienda que esta actualización incluya la instalación de sensores y la independización de los circuitos eléctricos de alimentación de las luminarias para aumentar el potencial de ahorro energético posible y ampliar las capacidades de control operacional del edificio.

La **actualización tecnológica de ascensores** implica la sustitución por equipos modernos de alta eficiencia, capaces de reducir el consumo de energía entre un 30% y un 50% en comparación con los convencionales. Estos nuevos ascensores cuentan con motores más pequeños, sistemas de variación de velocidad y eliminan componentes pesados como poleas y sistemas de transmisión, utilizando cintas de acero reforzadas con poliuretano en lugar de cuerdas de acero. La elección de la mejor opción tecnológica dependerá de una evaluación detallada de la capacidad, tecnología y dimensiones de los cuartos de máquinas y los equipos existentes, teniendo en cuenta la oferta disponible en el mercado nacional.

Además, esta medida puede incluir la implementación de sistemas de frenos regenerativos, los cuales mejoran significativamente la eficiencia energética de los ascensores instalados. Esta tecnología permite aprovechar la energía generada durante el proceso de frenado, que normalmente se disiparía como calor para prevenir sobrevoltajes en el motor. Posteriormente, esta energía recuperada se utilizará en el propio funcionamiento de los ascensores. Para optimizar el rendimiento de esta tecnología, se deben instalar supercondensadores.

### 4.3.1 Oficinas

Por la actualización tecnológica de las luminarias, se estima que es posible lograr ahorros del 9%. En los 39 edificios tipo oficina identificados en la línea de base de la Ciudad, esto podría representar una reducción cercana a 2 GWh de energía eléctrica y 739 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. La inversión requerida para la actualización tecnológica sería de aproximadamente \$ 1.900 MCOP.

Tabla 18. Medidas tipo C edificios de oficinas

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Actualización tecnológica de luminarias	8,6%	1.889.427	\$ 1.204.674.325	739	\$ 1.891.025.164	1,6
Actualización tecnológica de ascensores	4,3%	939.754	\$ 599.175.191	367	\$ 2.420.595.246	4,0
<b>Totales</b>	<b>12,8%</b>	<b>2.829.181</b>	<b>\$ 1.803.849.516</b>	<b>1.106</b>	<b>\$ 4.311.620.410</b>	<b>2,8</b>

### 4.3.2 Hospitales

La implementación de estas medidas en los 15 hospitales podría generar un ahorro del 5% en el consumo de energía eléctrica, equivalente a 656.730 kWh y \$ 413 MCOP por año. Además, se dejarían de emitir 257 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. Se estima una inversión de \$ 1.967 MCOP para implementar estas medidas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 19. Medidas tipo C edificios de hospitales - Energía eléctrica

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Sustitución tecnológica de calderas	-2,2%	-294.675	-\$ 185.293.027	-115	\$ 335.939.952	-1,8
Actualización tecnológica de ascensores	3,8%	508.191	\$ 319.552.649	199	\$ 1.110.151.269	3,5
Actualización tecnológica de luminarias	3,1%	406.691	\$ 255.729.030	159	\$ 324.219.188	1,3
Actualización tecnológica de sistemas de bombeo	0,3%	36.524	\$ 22.966.572	14	\$ 196.848.472	8,6
<b>Totales</b>	<b>4,9%</b>	<b>656.730</b>	<b>\$ 412.955.224</b>	<b>257</b>	<b>\$ 1.967.158.880</b>	<b>3</b>

Como se observa en la tabla anterior, implementación de la medida de sustitución de calderas en los hospitales podría provocar un sobreconsumo de energía eléctrica. Esto se debe a que se cambiaría de energético, pasando de gas natural a electricidad por la instalación de calentadores eléctricos. Esta medida se identificó el Hospital

Santa Clara y podría ser el caso de otros hospitales que necesiten calentar agua para las duchas en las habitaciones. En términos energéticos totales, el impacto es positivo debido al aumento de la eficiencia energética al calentar el agua de esta manera, lo que conlleva también una reducción de emisiones de GEI.

### 4.3.3 Telecomunicaciones

La aplicación de estas medidas en los 6 edificios de telecomunicaciones podría generar un ahorro del 11% en el consumo de energía eléctrica, lo que equivale a 1.775 MWh y \$ 1.227 MCOP por año. Además, se evitaría la emisión de 694 toneladas de CO<sub>2</sub>e anualmente. Se estima que la inversión necesaria para implementar esta medida sería de \$ 4.853 MCOP, según se detalla en la siguiente tabla.

La **actualización tecnológica de equipos de telecomunicaciones** consiste en reemplazar la tecnología de cobre por fibra óptica. Este cambio no solo reduce el consumo de energía eléctrica aproximadamente a la mitad, sino que también disminuye el espacio necesario para los equipos y reduce la carga térmica del sistema de climatización (HVAC), lo que también contribuye a un menor consumo de energía eléctrica en general.

Tabla 20. Medidas tipo C edificios de telecomunicaciones

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro eléctrico del consumo anual	Potencial ahorro anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Actualización tecnológica de luminarias	0,8%	125.898	\$ 87.011.438	49	\$ 44.058.774	0,5
Actualización tecnológica de ascensores	0,5%	80.296	\$ 55.494.427	31	\$ 415.856.880	7,5
Actualización tecnológica de equipos TELCO	9,7%	1.568.941	\$ 1.084.334.604	613	\$ 4.392.641.207	4,1
<b>Totales</b>	<b>11,0%</b>	<b>1.775.135</b>	<b>\$ 1.226.840.470</b>	<b>694</b>	<b>\$ 4.852.556.862</b>	<b>4</b>

### 4.3.4 Otros (Jardín Botánico, bomberos, universidades, bibliotecas, Planetario, Cárcel Distrital, COA de la EAAB, Plaza de Mercado, Centros de Desarrollo Comunitario)

Dentro de la categoría de "Otros edificios" se incluyen diversos tipos de instalaciones, como el Jardín Botánico, el Centro Operativo del Agua, centros de desarrollo comunitario (CDC), estaciones de bomberos, universidades y bibliotecas, entre otros. Debido a la heterogeneidad de estos edificios, es imposible definir medidas de eficiencia energética que sean aplicables de manera transversal a todos ellos. Por tanto, no se recomienda una agrupación en este caso.

## 4.4 Hospitales – Gas natural

Para los hospitales que consumen tanto gas natural como energía eléctrica, se propone una agrupación adicional de medidas de eficiencia energética.

### 4.4.1 Medidas B: Requieren de auditoría WTA – inversión baja – vigencia mediana – rentabilidad menos de 2 años.

Esta clasificación de MEE requiere una auditoría energética de recorrido (WTA, por sus siglas en inglés) para su correcta definición.

La implementación de estas medidas en los 15 hospitales podría generar un ahorro del 6% en el consumo de gas natural, equivalente a 43.000 m<sup>3</sup> y cerca de \$ 108 MCOP por año. Además, se dejarían de emitir 86 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. Se estima una inversión de \$ 114 MCOP para implementar estas dos medidas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 21. Medidas tipo B edificios de hospitales – gas natural

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro gas natural del consumo anual	Potencial ahorro anual [m <sup>3</sup> ]	Potencial ahorro GN anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Gestión de operación y/o mantenimiento	3,2%	22.835	\$ 57.227.805	45	\$ 28.790.171	0,5
Control operacional del desempeño energético	2,8%	20.164	\$ 50.534.467	40	\$ 85.330.187	1,7
<b>Totales</b>	<b>6%</b>	<b>42.999</b>	<b>\$ 107.762.272</b>	<b>86</b>	<b>\$ 114.120.358</b>	<b>1,1</b>

Ambas medidas, tienen igualmente un impacto en la eficiencia energética del sistema eléctrico de los hospitales, como se expuso anteriormente.

### 4.4.2 Medidas C: Requieren de auditoría IGA – inversión alta – vigencia mediana – rentabilidad menos de 2 años.

La adecuada definición y estructuración técnica y financiera de la medida de **Sustitución tecnológica de calderas** en los hospitales requiere de una auditoría de grado inversión (IGA, por sus siglas en inglés).

La implementación de esta MEE en los 15 hospitales tiene el potencial de reducir aproximadamente el 38% del consumo de gas natural, lo que significaría un ahorro de 269.000 m<sup>3</sup> y 671 MCOP al año. Asimismo, se esperaría una disminución del 533 toneladas de CO<sub>2</sub>e en el mismo periodo. La inversión necesaria para implementar esta medida se estima en \$ 1.109 MCOP.



Tabla 22. Medidas tipo C edificios de hospitales – gas natural

Medida de eficiencia energética	Potencial ahorro gas natural del consumo anual	Potencial ahorro anual [m³]	Potencial ahorro GN anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e]	CAPEX estimado [COP]	PSRI [años]
Sustitución tecnológica de calderas	37,8%	269.238	\$ 671.043.464	533	\$ 1.108.905.049	1,7
<b>Totales</b>	<b>37,8%</b>	<b>269.238</b>	<b>\$ 671.043.464</b>	<b>533</b>	<b>\$1.108.905.049</b>	<b>1,7</b>

En resumen, la implementación de las medidas de eficiencia energética y de energía solar fotovoltaica en los 103 edificios resultaría en una reducción de **9.610** toneladas de CO<sub>2</sub>e durante el primer año de operación, lo que representaría dejar emitir el **34%** de las emisiones anuales actuales.

## 5. Propuesta de agrupación de MEE y SFV

### 5.1.1 Propuesta 1: Por tipo de medida de eficiencia energética

Para optimizar y facilitar la implementación de las MEE identificadas en los 103 edificios de la ciudad, se propone agruparlas por tipo de medida como primera alternativa. Este enfoque permitirá presentarlas a potenciales desarrolladores e inversionistas especializados en cada tipo de solución, quienes podrán ofrecer propuestas más competitivas y adaptadas a las necesidades específicas de la ciudad. Al especializarse en tipos específicos de medidas, los desarrolladores pueden aplicar su experiencia y conocimientos de manera más efectiva, incrementando las probabilidades de éxito y maximizando los beneficios tanto económicos como ambientales.

Además, al presentar un paquete consolidado de medidas agrupadas, la ciudad puede atraer un mayor interés de actores internacionales y fondos de inversión que buscan proyectos de mayor escala con impactos significativos.

#### Control operacional del desempeño energético

Esta medida es transversal a todos los edificios de la ciudad y puede ser la base fundamental para mejorar la gestión de la energía. Además, facilitaría el monitoreo, reporte y verificación del cumplimiento de las metas energéticas y ambientales definidas para cada edificio. Este seguimiento podría ser realizado de manera centralizada por una entidad del distrito, como la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), o una entidad nacional, como la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

El CAPEX requerido para la implementación de esta medida se estima en **\$ 2.305 MCOP**. Se asume que cada una de las entidades realice la inversión con recursos propios, lo cual incluiría la adquisición de la tecnología de medición eléctrica y la configuración de una herramienta informática para la gestión de los datos. En caso de no disponer de recursos, la implementación de esta medida puede llevarse a cabo mediante un modelo de negocio de Software como Servicio (SaaS, por sus siglas en inglés).

Tabla 23. Agrupación medida control operacional en línea

Potencial de ahorro	Cantidad de edificios	Potencial ahorro eléctrico anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e/año]	CAPEX [COP]	PSRI [años]
3,0%	103	2.032.853	\$ 1.332.225.589	795	\$ 2.305.348.506	1,7

#### Medidas de iluminación

La actualización tecnológica de las luminarias se puede combinar con la independización de los circuitos eléctricos y la implementación de sistemas de control por sensores. La aplicación conjunta de estas tres medidas conllevaría a una mayor reducción del consumo eléctrico y una mejor gestión operacional de los sistemas de iluminación.

De acuerdo con los resultados de las auditorías WTA, se asume que el 70% de los 103 edificios requieren la actualización tecnológica de su iluminación, por tanto, el CAPEX requerido para implementar estas medidas ascendería a **\$ 1.462 MCOP**.

Tabla 24. Agrupación medidas de iluminación

Medidas	Potencial de ahorro	Cantidad de edificios	Potencial ahorro eléctrico anual [kWh]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e/año]	CAPEX[COP]	PSRI [años]
Actualización tecnológica de luminarias	2,9%	72	1.370.831	\$ 898.371.050	536	\$ 1.226.821.162	1,4
Control de iluminación por sensor	0,4%	72	179.635	\$ 117.723.197	70	\$ 187.002.710	1,6
Independización de circuitos eléctricos de luminarias	0,2%	72	111.022	\$ 72.757.741	43	\$ 47.788.433	0,7
<b>Totales</b>	<b>3,5%</b>	<b>72</b>	<b>1.661.488</b>	<b>\$ 1.088.851.987</b>	<b>650</b>	<b>\$ 1.461.612.305</b>	<b>1,2</b>

### Sustitución tecnológica de calderas

Esta medida está orientada a ser aplicada en los 15 hospitales identificados en la línea de base, en los cuales se estima puede ser necesaria esta actualización. Para su implementación, se estima un requerimiento de aproximadamente **\$ 1.111 MCOP**.

Tabla 25. Agrupación medida calderas

Potencial de ahorro de gas natural	Cantidad de edificios	Potencial ahorro gas natural anual [m <sup>3</sup> ]	Potencial ahorro gas natural anual [COP]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e/año]	CAPEX[COP]	PSRI [años]
38%	15	269.701	\$ 672.196.256	531	\$ 1.110.810.047	1,6

## 5.1.2 Propuesta 2: Por clúster

Agrupar las medidas de eficiencia energética y las plantas solares fotovoltaicas (SFV) por clúster es una estrategia efectiva que puede facilitar su estructuración, implementación, monitoreo, reporte y verificación desde una entidad centralizada. Esta agrupación por clústeres ofrece varias ventajas significativas:

- La agrupación de edificios con características y necesidades similares permite una planificación más coherente y una gestión más eficiente de los recursos.
- Una entidad centralizada puede monitorear y verificar de manera más efectiva el rendimiento energético y la reducción de emisiones de GEI de los clústeres.
- La consolidación de proyectos similares en clústeres permite aprovechar economías de escala, reduciendo los costos de adquisición de equipos, materiales y servicios.

### Oficinas

Las siguientes medidas se consideran las más adecuadas para los edificios de oficinas, ya que ofrecen los mejores resultados energéticos, ambientales y financieros. Se asume que estas medidas son aplicables a los 39 edificios tipo oficina de la línea de base y tienen el potencial de reducir el consumo de energía eléctrica en un 16%, lo que representa un ahorro de aproximadamente \$ 2.338 MCOP al año. El CAPEX requerido para su implementación se estima en **\$ 5.267 MCOP**.

Es recomendable implementar las medidas de iluminación (Actualización tecnológica de luminarias, Control de iluminación por sensor e Independización de circuitos eléctricos de luminarias) de manera conjunta para obtener mejores resultados en la eficiencia energética y en el control operacional del edificio.

Tabla 26. Medidas de eficiencia energética edificios de oficinas

Medidas	Cantidad edificios	Potencial de ahorro	Potencial de ahorro anual [kWh/año]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> e/año]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	CAPEX [COP]	PSRI [años]
Actualización tecnológica de luminarias	39	8,6%	1.889.427	739	\$ 1.204.674.325	\$ 1.891.025.164	1,6
Control de iluminación por sensor		0,5%	121.278	47	\$ 77.325.165	\$ 124.027.648	1,6
Independización de circuitos eléctricos de luminarias		0,3%	62.012	24	\$ 39.537.929	\$ 55.245.544	1,4
Actualización tecnológica de ascensores		4,3%	939.754	367	\$ 599.175.191	\$ 2.420.595.246	4,0
Control operacional del desempeño energético		3,0%	655.383	256	\$ 417.863.784	\$ 776.467.749	1,9
<b>Totales</b>	<b>39</b>	<b>16,6%</b>	<b>3.667.854</b>	<b>1.434</b>	<b>\$ 2.338.576.394</b>	<b>\$ 5.267.361.351</b>	<b>2</b>

## Hospitales

Para los hospitales, las medidas recomendadas se dividen por tipo de energía: electricidad y gas natural. Para el caso de las medidas de energía eléctrica, este conjunto de medidas tiene el potencial de reducir el consumo en un 12%, lo que representa aproximadamente 1.545 MWh y una reducción de 604 toneladas de CO<sub>2</sub>e. El ahorro anual estimado es de \$ 971 MCOP, con un CAPEX total de **\$ 2.138 MCOP** y un periodo simple de recuperación de la inversión (PSRI) promedio de 2 años.

Tabla 27. Medidas de eficiencia energética edificios de hospitales - Energía eléctrica

Medidas	Cantidad edificios	Potencial de ahorro	Potencial de ahorro anual [kWh/año]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> ]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	CAPEX [COP]	PSRI [años]
Actualización tecnológica de ascensores	15	4%	508.191	199	\$ 319.552.649	\$ 1.110.151.269	3,5
Actualización tecnológica de luminarias	15	3%	406.691	159	\$ 255.729.030	\$ 324.219.188	1,3
Control de iluminación por sensor	15	0,8%	102.127	40	\$ 64.218.237	\$ 102.637.528	1,6
Independización de circuitos eléctricos de luminarias	15	0,7%	91.790	36	\$ 57.717.744	\$ 26.720.740	0,5
Control operacional del desempeño energético	15	3%	436.048	170	\$ 274.189.017	\$ 573.809.405	2,1
<b>Totales</b>		<b>12%</b>	<b>1.544.846</b>	<b>604</b>	<b>\$ 971.406.677</b>	<b>\$ 2.137.538.130</b>	<b>1,8</b>

Al igual como se indicó en las oficinas, es recomendable implementar las medidas de iluminación de manera conjunta.

Las medias de gas natural se detallan en la siguiente tabla. Implementar estas medidas puede lograr ahorros del 44% en el consumo de gas natural en los 15 hospitales identificados, lo que puede significar una reducción de 619 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. La inversión estimada para implementar estas MEE es de **\$ 1.223 MCOP**, con un periodo simple de recuperación de la inversión (PSRI) promedio de 1 año.

Tabla 28. Medidas de eficiencia energética edificios de hospitales – Gas natural

Medidas	Cantidad edificios	Potencial de ahorro	Potencial de ahorro anual [m <sup>3</sup> /año]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> ]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	CAPEX [COP]	PSRI [años]
Sustitución tecnológica de calderas	15	38%	269.238	533	\$ 671.043.464	\$ 1.108.905.049	1,7
Gestión de operación y/o mantenimiento	15	3%	22.961	45	\$ 57.227.805	\$ 28.790.171	0,5
Control operacional del desempeño energético	15	3%	20.276	40	\$ 50.534.467	\$ 85.330.187	1,7
<b>Totales</b>	<b>15</b>	<b>44%</b>	<b>312.475</b>	<b>619</b>	<b>\$ 778.805.736</b>	<b>\$ 1.223.025.407</b>	<b>1,3</b>

## Telecomunicaciones

Tres medidas de eficiencia energética aplican a los edificios de telecomunicaciones. La **actualización tecnológica de equipos de telecomunicaciones** tiene el mayor potencial de reducir el consumo de energía eléctrica. Este cambio puede reducir el consumo energético a la mitad, disminuir el espacio necesario para los equipos y reducir la carga térmica del sistema de climatización (HVAC), lo que también contribuye a un menor consumo de energía eléctrica en general, en comparación con la tecnología actual.

La implementación de estas MEE puede reducir el consumo de energía eléctrica en un 15%, lo que significaría una disminución de 2.364 MWh, equivalente a \$ 1.634 MCOP, y la reducción de 924 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año. La inversión necesaria se estima en **\$ 5.197 MCOP**.

Tabla 29. Medidas de eficiencia energética edificios de telecomunicaciones

Medidas	Cantidad edificios	Potencial de ahorro	Potencial de ahorro anual [kWh/año]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> ]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	CAPEX [COP]	PSRI [años]
Actualización tecnológica de equipos TELCO	6	10%	1.568.941	613	\$ 1.084.334.604	\$ 4.392.641.207	4,1
Control operacional del desempeño energético	6	3%	480.146	188	\$ 331.841.171	\$ 557.977.442	1,7
Reducción de carga térmica	6	2%	315.057	123	\$ 217.744.022	\$ 245.945.033	1,1
<b>Totales</b>	<b>6</b>	<b>15%</b>	<b>2.364.144</b>	<b>924</b>	<b>\$ 1.633.919.798</b>	<b>\$ 5.196.563.682</b>	<b>2,3</b>

## Transporte

En cuanto al Clúster Transporte, las medidas de **actualización tecnológica de motores eléctricos** y la **implementación del control operacional del desempeño energético** son las que podrían impactar positivamente la eficiencia energética. Su aplicación reduciría el consumo eléctrico en un 7%, lo que representaría consumir 422 MWh menos y dejar de

emitir 165 tonCO<sub>2</sub>e por año. Implementar estas dos medidas requeriría una inversión de aproximadamente **\$ 196 MCOP**.

Tabla 30. Medidas de eficiencia energética edificios de transporte

Medidas	Cantidad edificios	Potencial de ahorro	Potencial de ahorro anual [kWh/año]	Potencial reducción emisiones GEI [tonCO <sub>2</sub> ]	Potencial ahorro eléctrico anual [COP]	CAPEX [COP]	PSRI [años]
Actualización tecnológica de motores eléctricos	14	5%	282.168	110	\$ 191.473.320	\$ 111.312.700	0,6
Control operacional del desempeño energético	14	2%	140.615	55	\$ 95.418.598	\$ 84.423.726	0,9
		<b>7%</b>	<b>422.783</b>	<b>165</b>	<b>\$ 286.891.917</b>	<b>\$ 195.736.425</b>	<b>0,7</b>

## Otros edificios

Dentro de la categoría de "Otros edificios" se incluyen diversos tipos de instalaciones, como el Jardín Botánico, el Centro Operativo del Agua, centros de desarrollo comunitario (CDC), estaciones de bomberos, universidades y bibliotecas, entre otros. Debido a la heterogeneidad de estos edificios, es imposible definir medidas de eficiencia energética que sean aplicables de manera transversal a todos ellos. Por tanto, no se recomienda una agrupación en este caso.

## 5.1.3 Sistemas solares fotovoltaicos SFV

Las plantas solares fotovoltaicas identificadas en los 60 edificios de la línea de base pueden agruparse para su implementación conjunta, lo que favorecería la inversión requerida gracias a una mayor economía de escala. La capacidad instalada total estimada para estas plantas SFV es de **7.996 kWp**, con una inversión requerida de **\$ 33.976 MCOP**.

### Por clúster

En la siguiente tabla, los edificios con prefactibilidad se agrupan por clúster. La capacidad instalada para los 3 hospitales de la muestra es de 365,7 kWp, con una inversión estimada de **\$ 1.609 MCOP**. Para las 2 secretarías, la capacidad solar es de 264,5 kWp y una inversión de **\$ 937 MCOP**. Para los demás edificios de la muestra, esta capacidad asciende a 455,4 kWp, con una inversión de **\$ 2.160 MCOP**.

Tabla 31. Agrupación plantas SFV con prefactibilidad por clúster

Clúster	Edificio	Potencia solar [kWp]	Costo de Inversión [MCOP]	Ahorro anual [COP]	PSRI [años]	Emisiones evitadas por año [tonCO <sub>2</sub> ]
Hospital	Hospital Meissen	152,2	\$ 655	\$ 87	7,5	110
	Hospital Simón Bolívar	131,6	\$ 633	\$ 89	7,1	98
	Hospital El Tintal	81,9	\$ 316	\$ 48	6,6	60
	<b>Total hospitales</b>	<b>365,7</b>	<b>\$ 1.604</b>	<b>\$ 224</b>	<b>7,1</b>	<b>268</b>
Oficina/secretarías	Secretaría Distrital de Salud	149,6	\$ 522	\$ 81	6,5	95

	Secretaría Distrital de Gobierno	114,8	\$ 415	\$ 79	5,3	82
	<b>Total oficinas/secretarías</b>	<b>264,5</b>	<b>\$ 937</b>	<b>\$ 159</b>	<b>5,9</b>	<b>177</b>
Transporte	TransMiCable Manitas	157,4	\$ 726	\$ 115	6,3	122
Universidades	Universidad Distrital	134,2	\$ 503	\$ 59	8,5	87
Telecomunicaciones	ETB Universidades	68,4	\$ 375	\$ 41	9,2	46
Biblioteca	Biblioteca El Tunal	42,6	\$ 245	\$ 31	7,8	33
Otro	Centro Operativo del Agua	52,9	\$ 311	\$ 32	9,7	37
	<b>Total otros edificios</b>	<b>455,4</b>	<b>\$ 2.160</b>	<b>\$ 278</b>	<b>8,3</b>	<b>325</b>

Se estima que las plantas solares de los 50 edificios restantes de la línea base tienen una potencial total de 6.912 kWp. El suministro e instalación de estas plantas requeriría una inversión de **\$ 29.275 MCOP**.

Tabla 32. Agrupación plantas SFV sin prefactibilidad por clúster

Tipo de edificio	Cantidad	Consumo energético anual [kWh]	Potencia solar estimada [kWp]	CAPEX estimado [MCOP]	Emisiones de GEI evitadas (Primer año) [ton CO <sub>2</sub> e]
Oficina	21	9.118.361	2.517	\$ 10.448	1.579
Hospital	9	8.822.394	1.518	\$ 6.376	953
Transporte	7	1.951.185	850	\$ 4.017	533
Bomberos	1	503.755	761	\$ 2.873	478
Otros	5	2.882.208	797	\$ 3.243	501
Telecomunicaciones	4	5.461.355	251	\$ 1.435	158
Biblioteca	3	608.655	217	\$ 883.771	136
<b>Totales</b>	<b>50</b>	<b>29.347.913</b>	<b>6.912</b>	<b>\$ 29.275</b>	<b>4.337</b>

## 5.2 Establecimiento de prioridades y secuenciación

### 5.2.1 Criterios de priorización

#### Prioridad 1: Proyectos con factibilidad técnica, financiera y legal

Es recomendable iniciar con la implementación de los proyectos de eficiencia energética y energía solar fotovoltaica que ya cuentan con factibilidad técnica, financiera y legal, según los resultados de esta consultoría. Estos proyectos están listos para su puesta en marcha por cada uno de los edificios seleccionados. Solo restaría que cada entidad defina el modelo contractual y el mecanismo más apropiado para su financiamiento, de acuerdo con las propuestas presentadas en el capítulo 6.

La implementación de estos proyectos establecerá un precedente y un modelo replicable para las futuras iniciativas, facilitando el desarrollo de proyectos similares en otros edificios de la Ciudad. La inversión requerida para implementar todos estos proyectos asciende a **\$ 5.367 MCOP**, lo que podría traducirse en un ahorro de \$ 824 MCOP y una reducción de 676 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año.

A continuación, se presentan los proyectos de eficiencia energética con factibilidad.

Tabla 33. Proyectos de eficiencia energética con factibilidad – energía eléctrica

Edificio	Proyecto	Ahorro energético anual [kWh/año]	CAPEX [COP]	Ahorro anual [COP]	Reducción GEI [ton CO <sub>2</sub> eq]
Secretaría Distrital de Salud	Reemplazo de lámparas de sodio y fluorescentes por tecnología LED	219.421	\$ 124.794.610	\$ 137.868.330	86
	Cambio tecnológico de ascensores actuales por equipos de mayor eficiencia energética	236.287	\$ 2.547.081.874	\$ 163.778.416	92
	Implementación del control operacional en línea para la mejora del desempeño energético	98.168	\$ 91.488.665	\$ 61.681.567	38
Hospital Simón Bolívar	Implementación del control operacional en línea para la mejora del desempeño energético	61.884	\$ 50.207.872	\$ 38.943.601	24
<b>Totales</b>		<b>615.760</b>	<b>\$ 2.813.573.021</b>	<b>\$ 402.271.914</b>	<b>241</b>

Por su parte, en la siguiente tabla se detallan la inversión requerida y los beneficios financieros por implementar el proyecto de sustitución tecnológica de la caldera en el Hospital Simón Bolívar.

Tabla 34. Proyectos de eficiencia energética con factibilidad – gas natural

Edificio	Proyecto	Ahorro energético anual [m³/año]	CAPEX [COP]	Ahorro anual [COP]	Reducción GEI [ton CO <sub>2</sub> e]
Hospital Simón Bolívar	Sustitución tecnológica de la caldera	72.032	\$ 872.751.180	\$ 194.546.834	143

Los siguientes son los proyectos de energía solar fotovoltaica que también cuentan con factibilidad técnica, financiera y legal.

Tabla 35. Proyectos SFV con factibilidad

Edificio	Potencia solar [kWp]	CAPEX [COP]	Reducción GEI [ton CO <sub>2</sub> eq]
Hospital Meissen	152,2	\$ 655.200.738	110
Universidad Distrital – Bosa Porvenir	134,2	\$ 502.540.080	87
Secretaría Distrital de Salud	149,6	\$ 522.432.650	95
<b>Totales</b>	<b>436</b>	<b>\$ 1.680.173.468</b>	<b>292</b>

## Prioridad 2: Medidas de eficiencia energética que no requieren auditoría energética (Tipo A) y plantas solares con prefactibilidad técnica (7 edificios)

A partir de buenas prácticas de operación y mantenimiento, se pueden lograr ahorros energéticos significativos que requieren poca o ninguna inversión. Implementando estas medidas, es posible obtener ahorros del 1% en el consumo de energía. Estas medidas son:



- Control tecnológico de equipos ofimáticos.
- Implementación política cero papel en oficinas.

Se estima que la implementación de estas MEE en los 10 edificios de la muestra inicial requeriría una inversión de aproximadamente **\$ 600 MCOP**.

Los plantas solares FV propuestas a nivel de prefactibilidad quedan listas para presentarse a posibles inversionistas para su implementación. La inversión estimada para la puesta en marcha de estas plantas se estima en **\$ 3.021 MCOP**.

Tabla 36. Proyectos SFV con prefactibilidad

Edificio	Potencia solar [kWp]	CAPEX [MCOP]	Ahorro anual [COP]	Reducción GEI [ton CO <sub>2</sub> e]
TransMiCable Manitas	157,4	\$ 726	\$ 115	122
Hospital Simón Bolívar	131,6	\$ 633	\$ 89	98
Secretaría Distrital de Gobierno	114,8	\$ 415	\$ 79	82
Hospital El Tintal	81,9	\$ 316	\$ 48	60
ETB Universidades	68,4	\$ 375	\$ 41	46
Centro Operativo del Agua	52,9	\$ 311	\$ 32	37
Biblioteca El Tunal	42,6	\$ 245	\$ 31	33
<b>Totales</b>	<b>649,5</b>	<b>\$ 3.021</b>	<b>\$ 435</b>	<b>477</b>

**Prioridad 3: Medidas de eficiencia energética con auditoría energética de recorrido (WTA) con los mejores potenciales de ahorro en los edificios de la muestra inicial. Realizar análisis de prefactibilidad técnica SFV en los 50 edificios restantes**

En los demás edificios de la muestra inicial, se identificaron otras medidas de eficiencia energética (Tipo B) con un buen potencial de ahorro energético y que valdría la pena realizarles una auditoría energética de grado de inversión (IGA) para su completa estructuración técnica y financiera. A continuación, se presenta una tabla con estas medidas y su respectivo potencial de ahorro energético por tipo de edificio.

Las medidas de iluminación, que se pueden implementar de manera conjunta, se destacan en color **morado**.

Tabla 37. Medidas de eficiencia energética con mejores potenciales de ahorro para auditoría IGA

Medidas	Oficinas	Hospitales	Telecomunicaciones	Transporte	Otros
Actualización tecnológica de luminarias	8,6%	1,9%	0,8%	-	-
Actualización tecnológica de ascensores	4,3%	2,3%	0,5%	-	-
Control de iluminación por sensor	0,5%	0,5%	0,2%	-	-
Actualización tecnológica de equipos TELCO	-	-	9,7%	-	-
Control operacional del desempeño energético	3,0%	3,2%	3,0%	2,3%	3,0%
Sustitución tecnológica de calderas	-	14,1%	-	-	-
Independización de circuitos eléctricos de luminarias	0,3%	0,4%	-	0,2%	-

La inversión estimada para realizar las auditorías energéticas en los 8 edificios restantes de la muestra es de aproximadamente **\$ 157 MCOP**.

Para SFV, es recomendable realizar los análisis de prefactibilidad en los 50 edificios restantes identificados en la línea de base, como se muestra en la **Tabla 32. Agrupación plantas SFV sin prefactibilidad por clúster**.

### 5.3 Empresas de EE y SFV identificadas para la implementación de las medidas de EE y SFV

En el estudio de mercado realizado como parte de esta consultoría, se identificó una oferta de 76 empresas que ofrecen proyectos de energía solar fotovoltaica, soluciones de eficiencia energética y diferentes tecnologías y/o servicios para el uso eficiente de la energía en iluminación, climatización, calderas, sistemas de bombeo, aire comprimido, ascensores y equipos de ofimática.

De las empresas identificadas, se destacaron 19 (ver siguiente tabla) que, además de tener la experiencia y capacidad técnica para el desarrollo de proyectos de eficiencia energética y energía solar fotovoltaica en los sistemas energéticos y potenciales solares identificados en los edificios públicos de la ciudad de Bogotá, tienen la capacidad financiera y el interés para ofertar a través de modelos de negocio en los que no se requiere una gran inversión inicial por parte de la entidad. En estos modelos, un externo se encarga de la implementación, operación, mantenimiento y/o ahorros energéticos, y además amortiza su propia inversión mediante un acuerdo de servicio o contrato.

Estos modelos de negocio incluyen:

- Contratos de compra de energía para proyectos SFV bajo el modelo PPA (*Power Purchase Agreement*).
- Venta de energía como servicio (EaaS, *Energy As A Service*), aplicable a energéticos como vapor, frío, aire comprimido, agua caliente, agua fría, entre otros.
- Software como servicio (SaaS, *Software As A Service*) para empresas que ofrecen soluciones digitales que optimizan la eficiencia energética en procesos y edificaciones.
- Contratos por desempeño energético (EPC, *Energy Performance Contract*), donde la empresa proveedora de servicios energéticos asume el riesgo de implementar una medida de eficiencia energética y los ahorros logrados se comparten entre el proveedor y el cliente.

Tabla 38. Empresas de EE y SFV identificadas para la implementación de las medidas de EE y SFV

Empresa	Modelo de negocio
Celsia	PPA (Power Purchase Agreement)/ EPC (Energy Performance Contract)
GreenYellow	PPA (Power Purchase Agreement)/ EPC (Energy Performance Contract)
Enel Colombia	PPA (Power Purchase Agreement)/ EPC (Energy Performance Contract)
EPM	PPA (Power Purchase Agreement)/ EaaS (Energy as a Service)
Vanti	EaaS (Energy as a Service)
Promigas	PPA (Power Purchase Agreement)/ EaaS (Energy as a Service)

Empresa	Modelo de negocio
Veolia	EaaS (Energy as a Service)/ EPC (Energy Performance Contract)
CAEM	Suministro de servicios y/o productos/ SaaS (Software as a Service)
Azimut Energía	PPA (Power Purchase Agreement)/ EPC (Energy Performance Contract)
MGM Innova Group	PPA (Power Purchase Agreement)/ EPC (Energy Performance Contract)
e2 Energía Eficiente	PPA (Power Purchase Agreement)/ EaaS (Energy as a Service)/ SaaS (Software as a Service)/ EPC (Energy Performance Contract)
Imocom	EaaS (Energy as a Service)
Kaeser	EaaS (Energy as a Service)
Atlas Copco	EPC (Engineering, Procurement and Construction)/ EaaS (Energy as a Service)
Metron	SaaS Software as a Service
Uptime Analytics	SaaS Software as a service
Siemens Energy	PPA (Power Purchase Agreement)/ EaaS (Energy as a Service)/ SaaS (Software as a Service)
Johnson Controls	EPC (Energy Performance Contract) SaaS (Software As A Service)
Engie Colombia	PPA (Power Purchase Agreement)/ EaaS (Energy as a Service)

En el estudio de mercado se anexó una matriz en Excel con toda la información relacionada con estas empresas y los datos de contacto.

## 6. Modelos de financiamiento y estrategias de contratación

### 6.1 Identificación de fuentes de financiamiento

Como se puede apreciar en la siguiente figura, existen diferentes mecanismos para financiar la implementación de las iniciativas de eficiencia energética y energía solar fotovoltaica en entidades públicas, cada uno con sus propios retos y beneficios.

Gastos de funcionamiento	Gastos de inversión		
Auditorías energéticas WTA e IGA	Banco de proyectos priorizados resultantes de las auditorías energéticas e iniciativas de aprovechamiento de FNCER		
Compra de bienes adquiridos de manera ordinaria considerando criterios de compras públicas sostenibles y de eficiencia energética	Con recursos públicos		Con financiamiento
Arrendamiento de bienes inmuebles con criterios de eficiencia energética	Presupuesto de la entidad	Presupuesto de la nación	CRÉDITO PÚBLICO Leasing financiero o infraestructura
Contratos por servicios (renting o arrendamiento)			CRÉDITO PÚBLICO Crédito con proveedor
Contratos por desempeño energético y PPA			Líneas especiales Findeter, Bancoldex, FENOG

Figura 6. Posibles fuentes de financiación para proyectos de EE y SFV en entidades públicas

#### 6.1.1 Gastos de funcionamiento

La ejecución de las auditorías energéticas, ya sean WTA o IGA, se puede financiar con los gastos de funcionamiento de cada una de las entidades. Estos gastos también pueden cubrir la adquisición de bienes comprados de manera ordinaria por cada entidad. De este modo, se puede aprovechar la oportunidad para definir e implementar criterios de compras públicas sostenibles y de eficiencia energética. Así, se pueden adquirir equipos de uso final de la energía como lámparas LED, sistemas de climatización eficientes y motores eléctricos de alta eficiencia, entre otros, asegurando que tengan un mejor desempeño energético durante su vida útil planificada y, por tanto, contribuyan a que el edificio consuma menos energía.

En el arrendamiento de bienes inmuebles también es posible definir criterios energéticamente eficientes para priorizar la contratación de este servicio en aquellos edificios que consideren aspectos de eficiencia energética en su diseño y construcción, a través del uso de mejores materiales en la envolvente para reducir el consumo energético. Además, que beneficien la aplicación de medidas pasivas como la iluminación y ventilación natural, o que cuenten con alguna certificación de construcción sostenible como LEED, EDGE o CASA COLOMBIA.

**Contratos por servicios. Renting o arrendamiento.** Este tipo de contratos, de naturaleza civil, consisten en el arrendamiento de bienes muebles donde el arrendador no es el fabricante. Su finalidad es financiar un bien para su uso permanente sin buscar la propiedad, y puede incluir servicios adicionales como operación, mantenimiento y seguros. Estos contratos no afectan el marco fiscal de mediano plazo ni la capacidad de endeudamiento de la entidad, salvo en caso de utilizar vigencias futuras y pagar con el flujo de caja generado por los bienes arrendados. [Basado en: *Guía de Planes de Gestión Eficiente de la Energía para Entidades Públicas*. UPME. 2020]. El renting, a diferencia del leasing, puede incluir servicios complementarios y se ha utilizado recientemente en el ámbito público para activos relacionados con energías renovables, como flotas de vehículos eléctricos.

**Contratos por desempeño energético o PPA.** En los contratos por desempeño energético o EPC (Energy Performance Contract), una empresa proveedora de servicios energéticos (ESCO, *Energy Service Company*) asume el compromiso de implementar con sus propios recursos (o con financiación de un tercero) soluciones de eficiencia energética, reducir el consumo de energía y garantizar estos resultados a lo largo del tiempo. Durante un período acordado, los ahorros resultantes se comparten entre la entidad y la ESCO para la recuperación de la inversión.

En un contrato de suministro de energía eléctrica basado en energía solar fotovoltaica o PPA (Power Purchase Agreement), el proveedor asegura toda la cadena de valor desde el diseño, la financiación y la construcción hasta la operación, el mantenimiento y la venta de energía en un contrato a largo plazo. De esta forma, la empresa proveedora asume los riesgos relacionados y se compromete con su desempeño financiero, disponibilidad y calidad durante el tiempo del contrato.

Los contratos de renting, por desempeño energético y PPA deben materializarse mediante procesos de selección competitiva. Además, debido a su naturaleza a largo plazo, es necesario constituir vigencias futuras ordinarias o extraordinarias.

## 6.1.2 Gastos de inversión

Las mejores medidas de eficiencia energética con factibilidad técnica pueden estructurarse como proyectos de inversión con un orden determinado de prioridad. Esta priorización puede considerar diferentes criterios como el nivel de ahorro energético esperado, el resultado de los indicadores financieros de TIR y VPN, el periodo de retorno de la inversión, el potencial de reducción de emisiones de GEI y el costo de ciclo de vida, entre otros que defina cada entidad.

Con los proyectos de inversión de eficiencia energética y SFV estructurados se pueden financiar de dos maneras principales:

- **Con recursos públicos:**
  - Contra el presupuesto de la entidad: Este mecanismo se aplica cuando la entidad cuenta con los recursos dentro de su presupuesto para implementar el proyecto.
  - Contra el presupuesto general de la nación: Cuando se solicitan recursos a la nación para implementar estos proyectos.
- **Con financiamiento:**
  - En este caso, la entidad no cuenta con los recursos financieros y acude a otros mecanismos financieros para implementar los proyectos y obtener los beneficios energéticos, financieros y ambientales.

### Con financiamiento

**Operaciones de crédito público.** Son actos o contratos cuyo objetivo es dotar a las entidades públicas los recursos, bienes o servicios para satisfacer la demanda de equipos o para modernizar su infraestructura.

- **Leasing financiero o infraestructura.** Este mecanismo permite adquirir equipos de inmediato sin generar inventario, ya que permanecen bajo la propiedad de la entidad financiera. La administración pública actúa como arrendataria, pagando un canon periódico. Existen dos tipos de contrato leasing: el operativo, que incluye servicios y puede ser revocado por el arrendatario en cualquier momento, y el financiero, que solo incluye el uso del bien y no permite rescisión unilateral.

El leasing, aunque tradicionalmente usado para adquirir activos tecnológicos y automóviles, también se aplica al sector energético, como sucedió en la modernización del alumbrado público con tecnología LED en municipios como Caldas, Antioquia y Florencia, Caquetá. Este instrumento financiero puede ser financiado por bancos comerciales y de desarrollo nacional, ofreciendo plazos amplios de hasta 10 años.

El contrato de leasing se ajusta al período de amortización del bien y al finalizar, el arrendatario puede renovar el contrato, devolver el bien o adquirirlo por un valor residual. El Decreto 895 de 2022 reglamenta los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014, permitiendo la deducción de renta si la inversión se efectúa por medio de leasing financiero con opción irrevocable de compra al final del contrato.

- **Crédito con proveedor.** En este mecanismo, la operación de crédito público se realiza directamente con el proveedor del bien o mediante un tercero que genera el modelo financiero. No hay desembolso de recursos, sino que se entrega un bien que se financia en el tiempo por su propio proveedor. Esto se aplica principalmente a la adquisición de bienes muebles, pero también puede financiar servicios. Desde el punto de vista tributario, se aplican los impuestos correspondientes a las operaciones de crédito público, con la ventaja de que los equipos son propiedad de la administración pública desde el inicio. [Basado en: *Guía de Planes de Gestión Eficiente de la Energía para Entidades Públicas. UPME. 2020*]
- **Líneas de crédito especiales de Findeter, Bancoldex y FENOGÉ.**
  - **Findeter:** De acuerdo con el Decreto 1638 de 2023, Findeter puede otorgar crédito directo a departamentos, municipios y distritos para financiar proyectos de inversión en sectores como el energético y medioambiental. Esta operación no requiere intermediarios financieros y la viabilidad de los proyectos es evaluada por el Ministerio de Minas y Energía y entidades adscritas como la UPME. Destaca la línea de crédito mixta "Compromiso, Eficiencia Energética y Conectividad Virtual" por \$600.000 MCOP, diseñada para financiar proyectos de eficiencia energética y generación, comercialización, distribución, transmisión y almacenamiento de energía a partir de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) que generen mitigación de GEI, disponible hasta agotar recursos.
  - **Bancoldex:** Este banco de segundo piso ha desarrollado líneas de crédito para proyectos de eficiencia energética destinadas a entidades públicas. Sin embargo, actualmente no cuenta con ninguna línea específica disponible para este propósito.
  - **Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGÉ).** A través del Fondo se pueden financiar inversiones en eficiencia energética y en el aprovechamiento de FNCER. Los recursos pueden ser reembolsables o no, total o parcialmente. Cuando la inversión del proyecto puede ser repagada con los beneficios cuantificables del Plan, Programa o Proyecto y están dentro del control del beneficiario del proyecto, los recursos deben ser reembolsados total o parcialmente al FENOGÉ. Las entidades territoriales a las que se le implementen las soluciones deben cumplir con los requisitos necesarios según la naturaleza de cada solución para garantizar su correcta administración, operación, mantenimiento, seguimiento y medición de resultados. Los recursos de financiación del FENOGÉ en la presente administración están enfocados en proyectos destinados a la población vulnerable, especialmente en comunidades energéticas.

## 6.2 Agrupación de proyectos

Para mejorar las oportunidades de negociación, es recomendable considerar las propuestas de agrupación por tipo de medida de eficiencia energética (EE) y de energía solar fotovoltaica (SFV), o por clúster de edificios presentadas en la sección anterior. Agrupar proyectos puede atraer a proveedores y financiadores con mayor capacidad y experiencia, mejorando así la calidad y sostenibilidad de los proyectos. Además, la agrupación puede generar economías de escala y reducir costos administrativos y operativos.

## 6.3 Reinversión de los ahorros

Según el artículo 30 de la Ley 1715 de 2014, modificado por el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023, es responsabilidad de cada entidad destinar los recursos necesarios para implementar las medidas de eficiencia energética y los proyectos de autogeneración con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER). Además, se establece que las entidades podrán utilizar los ahorros generados por dichos proyectos para pagar las inversiones realizadas y financiar nuevas inversiones.

Según este artículo de la Ley 1715 de 2014, las entidades pueden constituir fondos revolventes para que, a medida que los recursos se utilicen y generen nuevos ahorros, estos ingresos o ahorros regresen al fondo. Esto permite financiar nuevos proyectos de eficiencia energética (EE) y energía solar fotovoltaica (SFV) sin recurrir a fuentes externas adicionales de financiamiento. Un fondo con estas características puede sostenerse a largo plazo sin necesidad de inyecciones constantes de capital adicional, siempre que los proyectos financiados generen los retornos esperados. Esto maximiza el uso de los recursos disponibles, ya que el mismo dinero puede financiar múltiples proyectos a lo largo del tiempo.

Es recomendable que la Ciudad defina un marco normativo para que las entidades distritales puedan constituir fondos de este tipo, con incluso una inyección inicial de recursos del Distrito para impulsar la implementación de estos proyectos.

Otra alternativa en esta misma línea es utilizar algunos de los fondos actualmente funcionales en la Ciudad, como el Fondo Distrital para la Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá D.C. (FONDIGER), administrado por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER). Asimismo, las entidades que forman parte del Sistema Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (SDGR-CC) pueden solicitar la asignación de recursos de FONDIGER para la financiación o cofinanciación de proyectos de conformidad con el Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y del Cambio Climático (PDGR-CC) y los lineamientos distritales para la adaptación al cambio climático. Sin embargo, la prioridad en la asignación de recursos es para la atención de emergencias.

## 6.4 Estrategias de contratación y financiación

### 6.4.1 Edificios con factibilidad

En la siguiente tabla se resumen, por entidad, los proyectos con factibilidad, las posibles opciones de contratación, si se requiere inversión y vigencias futuras, y la modalidad de contrato recomendada. Esta recomendación está basada en la revisión de los manuales de contratación de cada entidad, su regulación aplicable y la oferta de modelos de contratos para la implementación de proyectos de EE y SFV para entidades públicas, ya sea con recursos propios o con financiamiento.

Tabla 39. Modelos de contratos recomendados para los edificios con factibilidad

Entidad	Proyecto	Tipo de contrato	Inversión	Vigencias futuras	Proceso de contratación	Recomendación
Secretaría Distrital de Salud	Control operacional en línea	Software as a Service	No	No – contratos anuales	Competitivo – Ley 80	Contrato Software as a Service con duración anual. Proceso competitivo
	SFV	Suministro, Instalación y Montaje	Si	No	Competitivo – Ley 80	PPA con Empresas Públicas de Medellín (EPM), contrato interadministrativo, contratación directa y con renovaciones anuales.
		PPA	No	Si	Competitivo – Ley 80	
Hospital Simón Bolívar	Sustitución tecnológica de la caldera	Suministro, Instalación y Montaje	Si	No	Competitivo – Régimen especial (privado) de Empresa Social del Estado	Contrato servicios energéticos. Proceso competitivo inicial. "renovaciones" anuales hasta cumplir plazo para amortizar la inversión. Si no hubiere proponentes, contratación directa VANTI.
		Servicios Energéticos: suministro de energía térmica	No	Si	Competitivo – Régimen especial (privado) de Empresa Social del Estado. Puede considerarse "servicio público" y sería posible contratación directa.	
Hospital Meissen	SFV	Suministro, Instalación y Montaje	Si	No	Competitivo – Régimen especial (privado) de Empresa Social del Estado	PPA. Proceso competitivo inicial. "Renovaciones" anuales hasta cumplir plazo para amortizar la inversión. Si no hubiere proponentes, contratación directa EPM.
		PPA	No	Si	Competitivo – Régimen especial (privado) de Empresa Social del Estado. Puede considerarse "servicio público" y sería posible contratación directa.	
Universidad Distrital	SFV	Suministro, Instalación y Montaje	Si	No	Competitivo – Régimen especial (privado) por autonomía e independencia universitaria.	PPA. Proceso competitivo, contrato a largo plazo con vigencias futuras.
		PPA	No	SI (Aprobación a nivel de Junta Directiva de la Universidad)	Competitivo – Régimen especial (privado) por autonomía e independencia universitaria.	

### 6.4.2 Edificios con prefactibilidad

#### Eficiencia energética

En los ocho edificios con prefactibilidad técnica, se recomienda seleccionar las medidas con los mayores potenciales de ahorro energético y reducción de emisiones de GEI para llevarlas a la fase de factibilidad. Las



entidades pueden utilizar recursos de funcionamiento para realizar estos análisis de factibilidad técnica, financiera y legal, y luego definir el modelo de contratación más adecuado según la disponibilidad de recursos financieros de la entidad.

En el caso de no contar con recursos, estas medidas pueden presentarse a las empresas de servicios energéticos (ESCO) que se identificaron en el estudio de mercado para que las estructuren técnica y financieramente como proyectos de mejora del desempeño energético. Estas ESCO pueden financiar su implementación y amortizar la inversión con los ahorros obtenidos. Además, es recomendable considerar las agrupaciones propuestas por tipo de medida y por clúster de edificios para aprovechar economías de escala y lograr ofertas más competitivas.

### **Energía solar fotovoltaica**

Los resultados de los análisis de prefactibilidad de energía solar fotovoltaica (SFV) para los ocho edificios de la muestra inicial constituyen un valioso insumo para iniciar un proceso competitivo de contratación para el suministro, instalación y montaje, siempre que la entidad disponga de los recursos necesarios. Los proveedores interesados podrían realizar validaciones adicionales para verificar aspectos relacionados con la cubierta, obstáculos y sombras, la instalación eléctrica del edificio y posibles restricciones para la conexión a la red.

Además, estos proyectos pueden presentarse a posibles proveedores que ofrecen modelos de contratos de compra de energía (PPA), permitiendo que la entidad acceda a energía más económica y limpia a largo plazo, sin necesidad de utilizar sus propios recursos. Esto requiere la gestión y aprobación previa de vigencias futuras.

Para estos proyectos, también es recomendable aplicar la estrategia de agrupación propuesta, con el fin de obtener ofertas más competitivas.

## **6.4.3 Demás edificios de la línea de base**

El primer paso en los demás edificios de la línea de base es realizar auditorías energéticas para identificar las medidas de eficiencia energética más adecuadas. En cuanto a la energía solar fotovoltaica (SFV), es necesario realizar inspecciones de la cubierta para determinar el área disponible y su capacidad para soportar el peso de la planta SFV, así como verificar el cumplimiento normativo de la instalación eléctrica de cada edificio. De esta manera, se podrá estimar con precisión el potencial energético y solar factible en estos edificios y establecer los recursos necesarios para su desarrollo.

Tanto las auditorías energéticas como los análisis de factibilidad SFV pueden financiarse con recursos de funcionamiento de cada entidad. Una vez realizados estos análisis, se deben constituir bancos de proyectos de EE y SFV para luego definir si se utilizarán recursos públicos o si se accederá a mecanismos de financiamiento disponibles para su implementación, según las recomendaciones de este documento y las particularidades contractuales de cada entidad.

Para lograr los mayores impactos en el menor tiempo posible en términos de ahorros energéticos y reducción de GEI, es recomendable priorizar estas acciones en hospitales, oficinas, edificios de telecomunicaciones y edificios de la Universidad Distrital.

Para alcanzar este objetivo, es clave el liderazgo de la Secretaría Distrital de Ambiente, que debería articular de manera armonizada estas actividades en cada una de las entidades encargadas de estos edificios.

## 7. Propuesta institucional y de gobernanza

La implementación de proyectos de Eficiencia Energética (EE) y Energía Solar Fotovoltaica (SFV) en edificaciones públicas de Bogotá requiere un marco institucional y de gobernanza sólido. La Comisión Intersectorial de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (CIGRCC) puede proporcionar una plataforma para la colaboración intersectorial a través de la Mesa de Trabajo para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, donde se podrían incluir además actores del sector privado y representantes de la sociedad civil como organizaciones civiles, grupos comunitarios y organizaciones no gubernamentales (ONG).

Como alternativa, se sugiere incorporar los proyectos de EE y SFV (y otros de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable - FNCER) en el Plan de Acción Climática de la Política Pública de Acción Climática de Bogotá DC. Este plan incluye acciones de promoción de FNCER y eficiencia energética en edificaciones públicas, bajo el liderazgo de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). La SDA podría mantener este liderazgo en la implementación de estos nuevos proyectos a través de la estructura y modelo de operación del Project Implementation Unit (PIU) constituido para este Proyecto de Cooperación, asegurando una implementación cohesiva y coordinada de los proyectos.

Para cualquiera de las alternativas, se sugieren acciones de capacitación y asistencia técnica, además de adoptar la Guía de Seguimiento y Evaluación de Políticas del Distrito para monitorear los proyectos.

A continuación, se detallan las acciones necesarias para asegurar la gobernanza efectiva de estos proyectos, comenzando con la implementación en 14 edificios y ampliando el alcance a 89 y luego a 1.200 edificaciones para 2040 - 2050.

### 7.1 Implementación y monitoreo para 2025 - 2026

**La Comisión Intersectorial de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (CIGRCC) como plataforma de gobernanza:**

- **La Comisión como plataforma de gobernanza:** La CIGRCC, encargada de coordinar la implementación, seguimiento y evaluación de los planes, programas y estrategias de gestión de riesgos y cambio climático en el Distrito Capital, se propone como la plataforma de gobernanza para supervisar los proyectos de EE y SFV en los edificios públicos de Bogotá, comenzando con los 14 edificios con proyectos con pre-factibilidad y factibilidad.
- **Ampliación de la Comisión:** Aunque la CIGRCC incluye a las principales entidades gubernamentales responsables de la mitigación del cambio climático, la gestión de riesgos y la sostenibilidad ambiental, como la SDA, el IDIGER, la Secretaría Distrital de Hábitat y la Empresa de Energía de Bogotá, entre otras, es necesario ampliarla para incluir representantes del sector privado y de la sociedad civil. Esto garantizará una toma de decisiones más inclusiva, la integración de prácticas innovadoras y el fomento de asociaciones público-privadas.
- **Mesa de Trabajo:** Utilizar la Mesa de Trabajo para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático como el organismo técnico encargado de la coordinación, seguimiento y evaluación de los proyectos de EE y SFV en los 14 edificios previstos para el periodo 2024-2026.

### **Elaboración del Plan de Implementación:**

- **Coordinación del Plan:** La Mesa de Trabajo coordinará, bajo el liderazgo de la SDA, la elaboración de un plan detallado para la implementación de las acciones de EE y SFV en los 14 edificios públicos identificados para este periodo. Este plan incluirá metas específicas, cronogramas y recursos necesarios para asegurar la ejecución efectiva. Este Plan de Implementación comprenderá, en primer lugar, la realización, por parte de las entidades ejecutoras, de los Planes de Gestión Eficiente de la Energía (PGEE), así como la designación de su Gestor Energético, de acuerdo con las guías establecidas por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y según lo especificado por la Ley 1715 de 2014 y la Ley 2294 de 2023. La implementación de los PGEE implicará la realización de las auditorías energéticas, la priorización de proyectos y la realización de las auditorías grado de inversión (IGA) para poder llevarlos a cabo. La Mesa de Trabajo organizará reuniones necesarias con los representantes de las Entidades Ejecutoras para la elaboración de este Plan de Implementación y para obtener su compromiso con su ejecución.

### **Capacitación y Asistencia Técnica:**

- **Capacitación Continua:** Proporcionar capacitación continua a las entidades involucradas en la realización de auditorías energéticas y en la implementación de medidas de eficiencia energética (EE) y autogeneración solar fotovoltaica (SFV) en los 14 edificios. La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) coordinará estas actividades con el apoyo técnico especializado de consultores externos o de alguna de las entidades que forman parte de la Mesa de Trabajo, como la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) o la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

### **Gestión de Recursos y Financiamiento:**

- **Gestión de Recursos:** Cada una de las entidades relacionadas con los 14 edificios priorizados gestionará, con apoyo de la SDA, los recursos necesarios para llevar a cabo los análisis de factibilidad técnica, financiera y legal, así como para la posterior ejecución de los proyectos con mejor potencial. Si no se cuentan con recursos públicos, la SDA apoyará la gestión de financiamiento a través de los mecanismos identificados en esta Consultoría.
- **Contratación Conjunta:** Identificar potenciales ahorros y beneficios y coordinar procesos de contratación conjunta a través de entidades como la Entidad de Gestión Administrativa y Técnica (EGAT). Además, considerar las propuestas de agrupación de proyectos para optimizar los recursos y maximizar los resultados.

### **Establecimiento de un Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV):**

- **Sistema de MRV:** Se recomienda adoptar el Sistema de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas Distritales (SSEPP) para monitorear, reportar y evaluar los resultados de las actividades asociadas con los proyectos de EE y SFV en los 14 edificios. Este sistema implica definir resultados, productos, metas, indicadores y proceso de reporte periódico para seguimiento y evaluación.

## **7.2 Estrategia para 2026 -2030: Ampliación a 89 edificios**

Continuando con los mecanismos ya establecidos para los 14 edificios sobre los cuales se hicieron IGA o WTA, los siguientes pasos serán necesarios para ampliar a los 89 edificios restantes de la línea de base:

### Realización de Auditorías Energéticas:

- **Coordinación y Liderazgo:** A través de la CIGRCC y bajo el liderazgo de la SDA, apoyar a las entidades en la realización de auditorías energéticas en cada uno de los edificios a su cargo, según el plan propuesto en el siguiente capítulo.
- **Alineación Normativa:** Alinear estas auditorías con lo dispuesto por la Ley 1715 de 2014, la Ley 2294 de 2023 y la Resolución UPME 016 de 2024.
- **Uso de Resultados:** Los resultados de estas auditorías deben servir como insumo para la estructuración de los Programas de Gestión de Eficiencia Energética (PGEE).
- **Financiamiento:** Asegurar que cada entidad garantice los recursos necesarios para la ejecución de estas auditorías.

### Identificación de Proyectos Prioritarios:

- **Mesa de Trabajo:** La Mesa de Trabajo priorizará y estructurará los proyectos de EE y SFV para los 89 edificios, basándose en los resultados de las auditorías energéticas. Se elaborarán estudios de viabilidad técnica y financiera, identificando oportunidades específicas en cada edificio y evaluando su potencial para la implementación de medidas de EE y SFV.

### Gestión de Datos Energéticos, Financieros y Ambientales

- **Mecanismos Centralizados:** Se deberán establecer mecanismos para la gestión centralizada de datos de demanda y costos de energía, lo que facilitará el seguimiento del impacto de los proyectos y la toma de decisiones informadas.
- **Plataforma de Gestión de Datos:** Crear o contratar una plataforma de datos centralizada para la monitorización continua y detallada del consumo energético y la eficiencia de las medidas implementadas, así como de los resultados de la reducción de emisiones de GEI. Esta Plataforma será parte del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación propuesto en esta Consultoría y propone que sea administrada por la SDA.

### Priorización y Estructuración de Proyectos:

- **Identificación de Proyectos Prioritarios:** La Mesa de Trabajo priorizará y estructurará los proyectos de EE y SFV para los 89 edificios, de acuerdo con los resultados de las auditorías energéticas, elaborando estudios de viabilidad técnica y financiera. Esto incluirá la identificación de oportunidades específicas en cada edificio y la evaluación de su potencial para la implementación de medidas de EE y SFV.
- **Gestión de Datos:** Establecer mecanismos para la gestión centralizada de datos de demanda y costos de energía, facilitando el seguimiento del impacto de los proyectos y la toma de decisiones informadas. La creación de una base de datos centralizada permitirá una monitorización continua y detallada del consumo energético y la eficiencia de las medidas implementadas. Este mecanismo haría parte del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación que se propone en esta Consultoría.

### Desarrollo de Capacidades y Recursos:

- **Capacitación Adicional:** Extender las actividades de capacitación y asistencia técnica a un mayor número de entidades ejecutoras, asegurando que estén bien preparadas para la implementación efectiva de los proyectos de EE y SFV.
- **Financiamiento Sostenible:** Desarrollar esquemas de financiamiento sostenibles que incluyan la reinversión de ahorros generados por la eficiencia energética en nuevos proyectos (implementar fondos revolventes o utilizar el FONDIGER para la gestión de estos recursos), así como la búsqueda activa de fondos adicionales, asociaciones con entidades nacionales e internacionales, o de posibles inversionistas con modelos ESCO o PPA.

## 8. Planificación detallada y cronograma

En este capítulo se presenta el plan detallado para implementar medidas de eficiencia energética (EE) y energía solar fotovoltaica (SFV) en los edificios públicos de la línea de base durante los próximos años. Se desglosan los objetivos a corto plazo (2024-2025) y a medio plazo (2026-2030), incluyendo los edificios específicos en los que se realizarán estas implementaciones y las etapas correspondientes para asegurar financiamiento, contratación y ejecución de los proyectos. En la siguiente figura se muestra la planificación propuesta para todos los edificios de la línea de base.

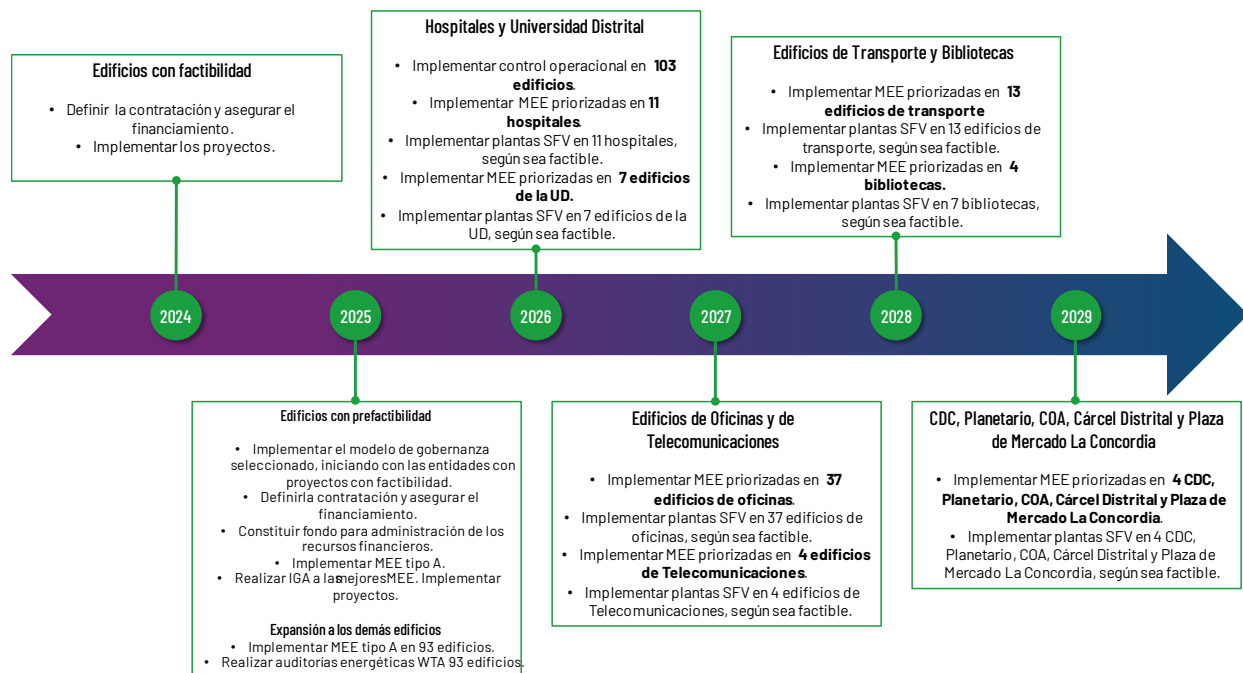


Figura 7. Planificación para la implementación de EE y SFV en todos los edificios de la línea de base

La auditoría energética WTA que se realice en los demás edificios deberá determinar las medidas de eficiencia energética con los mayores potenciales de ahorro energético y de mayor impacto en la reducción de emisiones de GEI, así como los recursos financieros requeridos para su implementación y los beneficios por su puesta en marcha. Además, estas auditorías deberán alinearse con lo especificado por la Ley 1715 de 2014, el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023, la Resolución UPME 016 de 2024 y demás normatividad legal aplicable a los edificios públicos en relación con la gestión eficiente de la energía (GEE) y el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCR).

El análisis de prefactibilidad SFV, por su parte, deberá establecer si el edificio tiene un área adecuada para instalar los paneles solares fotovoltaicos y los demás componentes de la planta SFV, si la cubierta tiene la capacidad de soportar el peso de la planta SFV y si la instalación eléctrica cumple con RETIE.

## 8.1 Objetivos a Corto Plazo (2024 – 2025)

- **2024: Comienzo de la implementación en los primeros 4 edificios con factibilidad**
  - Definir los procesos de contratación y asegurar el financiamiento para los 4 edificios con factibilidad (Secretaría Distrital de Salud, Hospital Simón Bolívar, Hospital Meissen y Universidad Distrital).
  - Implementar proyectos EE y SFV con factibilidad en 4 edificios. El presupuesto estimado para implementar estos proyectos es de **\$ 5.366 MCOP** más impuestos.
- **2025: Expansión a todos los edificios con WTA**
  - Implementar el modelo de gobernanza institucional seleccionado, ya sea el fortalecimiento y ampliación de la Comisión Intersectorial de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (CIGRCC) o el Fortalecimiento del liderazgo de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) a través de la Política Pública de Acción Climática, para asegurar la implementación armonizada de los proyectos de EE y SFV propuestos.
  - Planificar y asegurar el financiamiento y la contratación para la implementación de medidas de EE y SFV en edificios con prefactibilidad de la muestra inicial. Se estima que el presupuesto requerido para llevar a factibilidad las 3 mejores MEE en los 8 edificios restantes es de **\$ 224 MCOP** más impuestos. Llevar a factibilidad las plantas SFV en los 7 edificios restantes requeriría una inversión de **\$ 122,4 MCOP** más impuestos.
  - Constituir un fondo especializado que reciba y administre recursos financieros para financiar la implementación inicial de las MEE y SFV. Este fondo gestionaría adicionalmente los ahorros logrados a través de dichas medidas, reinvirtiéndolos en nuevos proyectos similares, tanto en los edificios ya intervenidos como en otros edificios de la Ciudad, siguiendo un modelo similar al FONDIGER o utilizando este mismo fondo para tal fin.
  - Implementar las MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en los 10 edificios de la muestra inicial.
  - Implementar las MEE con los mayores potenciales de ahorro en los demás edificios de la muestra inicial, definiendo cuáles se llevarán a factibilidad a través de una auditoría IGA para licitar e implementar con recursos propios y cuáles se presentarán a posibles implementadores financiadores.
  - Implementar SFV en 8 edificios con prefactibilidad de la Consultoría. Definir cuáles se llevarán a factibilidad para licitar e implementar con recursos propios de las entidades y cuáles se presentarán a posibles implementadores financiadores con PPA.
- **2025: Expansión a los demás edificios de la línea de base**
  - Hospitales**
    - Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 11 hospitales.
    - Realizar auditorías energéticas WTA en 11 hospitales.
    - Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 11 hospitales.
  - Edificios de Oficinas**
    - Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 37 edificios de oficinas.
    - Realizar auditorías energéticas WTA en 37 edificios de oficinas.

- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 37 edificios de oficinas.

#### **Edificios de Telecomunicaciones**

- Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 4 edificios de telecomunicaciones.
- Realizar auditorías energéticas WTA en 4 edificios de telecomunicaciones.
- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 4 edificios de telecomunicaciones.

#### **Edificios de Transporte**

- Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 13 edificios de transporte.
- Realizar auditorías energéticas WTA en 13 edificios de transporte.
- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 13 edificios de transporte.

#### **Bibliotecas**

- Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 4 bibliotecas.
- Realizar auditorías energéticas WTA en 4 bibliotecas.
- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 4 bibliotecas.

#### **Universidad Distrital**

- Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 7 edificios de la Universidad Distrital.
- Realizar auditorías energéticas WTA en 7 edificios de la Universidad Distrital.
- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 7 edificios de la Universidad Distrital.

#### **Bomberos**

- Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 9 edificios de bomberos.
- Realizar auditorías energéticas WTA en 9 edificios de bomberos.
- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 9 edificios de bomberos.

#### **Centros de Desarrollo Comunitario**

- Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en 4 Centros de Desarrollo Comunitario.
- Realizar auditorías energéticas WTA en 4 Centros de Desarrollo Comunitario.
- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en 4 Centros de Desarrollo Comunitario.

#### **Planetario, Centro Operativo del Agua, Cárcel Distrital y Plaza de Mercado La Concordia**

- Implementar MEE que no requieren auditoría energética (Tipo A) en el Planetario, en el Centro Operativo del Agua (COA), en la Cárcel Distrital y en la Plaza de Mercado La Concordia.
- Realizar auditoría energética WTA en el Planetario, en el Centro Operativo del Agua (COA), en la Cárcel Distrital y en la Plaza de Mercado La Concordia.
- Realizar análisis de prefactibilidad SFV en el Planetario, en el Centro Operativo del Agua (COA), en la Cárcel Distrital y en la Plaza de Mercado La Concordia.

## **8.2 Objetivos a Mediano Plazo (2026 - 2030)**

- **2026**

- Implementar el control operacional en línea para la mejora del desempeño energético en 103 edificios de la línea de base.

**Hospitales y Universidad Distrital**

- Implementar MEE priorizadas en 11 hospitales.
- Implementar plantas SFV en 11 hospitales, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- Implementar MEE priorizadas en 7 edificios de la Universidad Distrital.
- Implementar plantas SFV en 7 edificios de la Universidad Distrital, según resultados del análisis de prefactibilidad.

- **2027**

**Edificios de Oficinas y de Telecomunicaciones**

- Implementar MEE priorizadas en 37 edificios de oficinas.
- Implementar plantas SFV en 37 edificios de oficinas, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- Implementar MEE priorizadas en 4 edificios de telecomunicaciones.
- Implementar plantas SFV en 4 edificios de telecomunicaciones, según resultados del análisis de prefactibilidad.

- **2028**

**Edificios de Transporte y Bibliotecas**

- Implementar MEE priorizadas en 13 edificios de transporte.
- Implementar plantas SFV en 13 edificios de transporte, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- Implementar MEE priorizadas en 4 edificios de bibliotecas.
- Implementar plantas SFV en 4 edificios de bibliotecas, según resultados del análisis de prefactibilidad.

- **2029**

**Centros de Desarrollo Comunitario, Planetario, Centro Operativo del Agua, Cárcel Distrital y Plaza de Mercado La Concordia**

- Implementar MEE priorizadas en 4 Centros de Desarrollo Comunitario (CDC).
- Implementar plantas SFV en 4 Centros de Desarrollo Comunitario (CDC) , según resultados del análisis de prefactibilidad.
- Implementar MEE priorizadas en el Planetario
- Implementar plantas SFV en el Planetario, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- Implementar MEE priorizadas en la Cárcel Distrital.
- Implementar plantas SFV en la Cárcel Distrital, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- Implementar MEE priorizadas en la Plaza de Mercado La Concordia.
- Implementar plantas SFV en la Plaza de Mercado La Concordia, según resultados del análisis de prefactibilidad.
- Implementar MEE priorizadas en el Centro Operativo del Agua (COA).
- Implementar plantas SFV en el Centro Operativo del Agua (COA), según resultados del análisis de prefactibilidad.



## 9. Monitoreo, reporte y verificación

Es fundamental realizar un seguimiento y evaluación tanto del avance como de los resultados e impactos logrados con la implementación de medidas de eficiencia energética (MEE) y de energía solar fotovoltaica (SFV) en los edificios públicos de Bogotá. Esto garantizará el progreso hacia los objetivos y metas propuestas, permitiendo tomar acciones oportunas en caso de desviaciones para reorientar acciones y recursos.

Es recomendable que este seguimiento se realice mediante la recolección y análisis de información obtenida a través de indicadores que deben ser medidos y verificados de forma objetiva. Este Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) se debe estructurar en línea con los reportes solicitados por la UPME a las entidades públicas y según lo especificado en la Guía de Planes de Gestión Eficiente de la Energía para Entidades Públicas.

Cada edificio debe contar con un sistema de medición y procesamiento de datos de consumo de energía (eléctrica y/o gas natural) y de las variables relevantes identificadas, así como de otros aspectos clave para la medición, seguimiento, reporte y verificación del desempeño energético. Dicho sistema debe incluir medidores con capacidad para medir, registrar y transmitir los datos a un concentrador de datos, el cual los envía a una base de datos en la nube. Esta base de datos debe ser accesible por un software o plataforma de gestión energética que permita visualizar, analizar y elaborar los reportes necesarios. Además, esta herramienta debe permitir la centralización de todos estos datos en la Secretaría Distrital de Ambiente o en la Comisión Intersectorial de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (CIGRCC), como se muestra en la siguiente imagen.

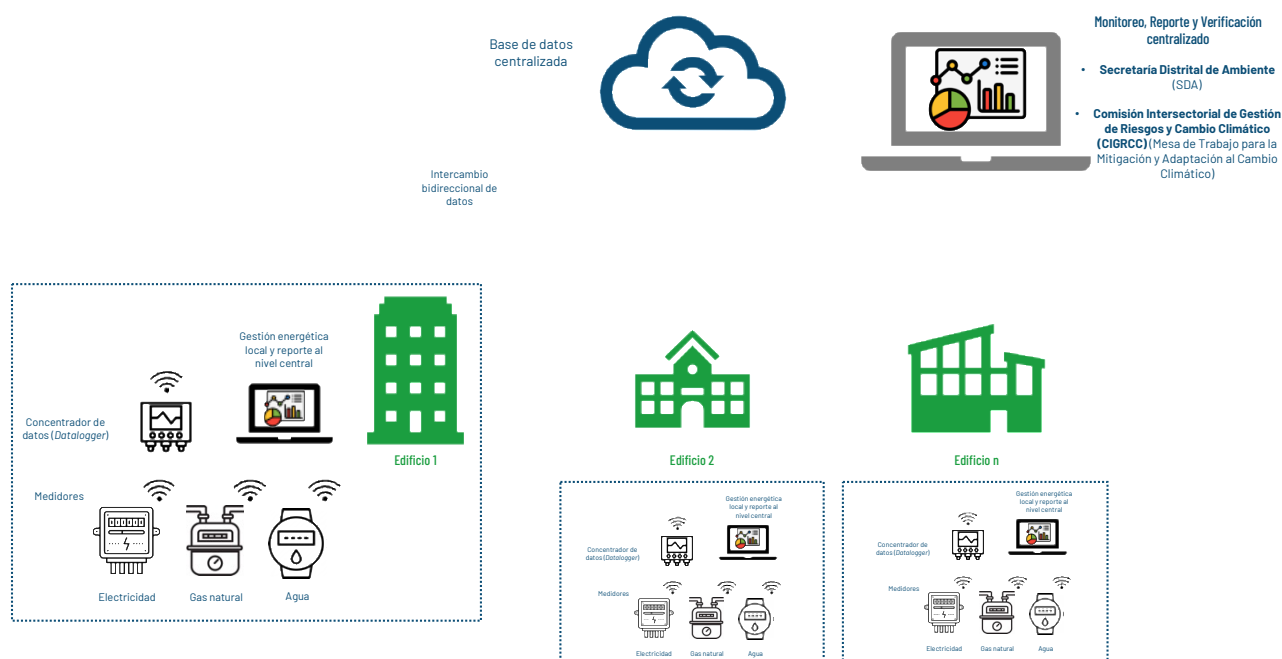


Figura 8. Sistema de MRV propuesto para la Ciudad

La Ciudad puede apoyarse en Ágata para el diseño de la arquitectura necesaria para la captura, procesamiento y análisis de los datos recopilados en cada uno de los edificios. Ágata, una empresa líder en soluciones tecnológicas

para la gestión de datos, ofrece una plataforma robusta y flexible que facilita la integración de diversas fuentes de datos y su procesamiento en tiempo real.

En el estudio de mercado realizado por esta Consultoría, también se identificaron otras empresas que pueden apoyar en el desarrollo de esta solución de MRV para la Ciudad.

La solución tecnológica que se seleccione por la Ciudad deberá permitir hacer seguimiento, verificación y reporte de cumplimiento de las metas energéticas y ambientales y de los indicadores de desempeño energético a partir de una línea de base energética, tanto a nivel de los edificios como a nivel de la Ciudad.

A nivel de los edificios, es fundamental designar a un gestor energético con la competencia necesaria para realizar el monitoreo, reporte y verificación de manera continua, y para que sirva como punto focal como el responsable de la gestión energética a nivel de la ciudad.

## 9.1 Definición de objetivos y metas energéticas y ambientales

Cada entidad definirá sus objetivos y sus metas energéticas y ambientales para periodos anuales, de acuerdo con la Política Pública Acción Climática 2023-2050, los resultados de las auditorías energéticas WTA, los requisitos legales y las necesidades y expectativas de las partes interesadas. La Secretaría Distrital de Ambiente o la Comisión Intersectorial de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (CIGRCC) apoyarán a cada una de las entidades en la definición de sus objetivos y metas energéticas.

Estos objetivos y metas energéticas también serán insumo para definir la línea de base energética y los indicadores de desempeño energético.

## 9.2 Definición de indicadores de desempeño energético y ambiental

Un indicador de desempeño energético (IDEn) es un valor cuantitativo o una medida del desempeño energético, que permite monitorear, verificar y controlar el uso y consumo de la energía, así como la eficiencia energética del edificio, un área, proceso o uso final de la energía. Además, alerta sobre desviaciones, cambios o eventos inesperados que incrementen o disminuyan el desempeño energético en las áreas o procesos donde se mide.

El indicador de desempeño debe reflejar los cambios en el desempeño energético en relación con la línea de base energética definida. Cada entidad deberá definir su línea de base energética a partir de los resultados de la auditoría energética WTA y siguiendo la metodología propuesta por la Resolución UPME 016 de 2024.

A continuación, se proponen los siguientes indicadores de desempeño energético. Cada entidad deberá definir, en línea con las directrices de la SDA o la CIGRCC, los indicadores que sean apropiados según sus necesidades de gestión energética y sus capacidades de medición o acceso a los datos de energía y de las variables relevantes:

- **Consumo de energía eléctrica por área [kWh/m<sup>2</sup>/mes].** Este indicador permite medir el consumo de energía eléctrica por mes o por día y por área de la edificación. Se puede definir para todo el edificio o para áreas específicas, según se desee. Para su cálculo, es necesario conocer el área total construida del edificio y de cada una de las áreas que se desee evaluar, así como el consumo general de electricidad del edificio y de cada área. Para conocer el consumo eléctrico por área, es necesario realizar una submedición. Es recomendable que esta submedición se realice en las áreas que más consumen energía eléctrica o que tengan mayor potencial de mejora. Los resultados de las auditorías energéticas WTA son fundamentales para definir dónde es necesario medir para definir, calcular y hacer seguimiento de los IDEn.

- **Desempeño de energía eléctrica [kWh/mes] o de gas natural [m³/mes].** A través de este indicador, es posible medir el consumo de energía eléctrica o de gas natural por mes y determinar si se está consumiendo más o menos energía en comparación con el periodo de base. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$DE = \text{Consumo de energía mes actual} - \text{Consumo de energía mes de base} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right] \text{ o } [m^3/\text{mes}]$$

- **Indicador de Desempeño Base 100 de energía eléctrica o de gas natural.** Este indicador calcula el desempeño energético como una razón entre el consumo de energía de la línea de base y el consumo medido en el mes actual, expresado en términos de porcentaje. Cuando este indicador toma valores por debajo del 100%, indica que en el periodo evaluado se fue menos eficiente energéticamente con respecto al consumo esperado en la línea de base. Por el contrario, cuando toma valores por encima del 100%, indica que en el periodo evaluado se fue más eficiente energéticamente con respecto al consumo esperado en la línea de base. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$IB100 = \frac{\text{Consumo de energía mes base}}{\text{Consumo de energía mes actual}} \times 100$$

- **Consumo de energía eléctrica (o de gas natural) per cápita [kWh/mes/persona].** Este indicador permite estimar el consumo de energía eléctrica o gas natural por cada persona que ocupa el edificio en un periodo determinado de tiempo. Es especialmente útil en los edificios con actividad administrativa y donde es posible medir el nivel de ocupación por día y por mes. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo energía per cápita} = \frac{\text{Consumo de energía mes actual}}{\text{Cantidad de personas al mes}} \left[ \frac{\text{kWh/mes}}{\text{persona}} \right]$$

- **Consumo de energía eléctrica (o de gas natural) por área [kWh/mes/m²].** Con este indicador se calcula el consumo de energía (eléctrica o de gas natural) por área construida del edificio. Este indicador es útil para comparar el consumo energético entre varios edificios con la misma actividad e identificar claramente los potenciales que puede existir respecto al edificio que consume menos energía por área. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo de energía por área} = \frac{\text{Consumo de energía mes actual}}{\text{Área construida del edificio}} \left[ \frac{\text{kWh/mes}}{m^2} \right]$$

- **Emisiones de GEI [TonCO<sub>2</sub>-eq/mes].** A partir del consumo de energía eléctrica o de gas natural y el factor de emisión vigente para cada energético, se calculan las emisiones de GEI en un periodo determinado. Este indicador permite conocer el impacto que tiene el consumo energético en la generación de emisiones de GEI. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Consumo de energía (eléctrica o gas natural)} \times \text{Factor de emisión} \left[ \frac{\text{TonCO}_2}{\text{mes}} \right]$$

Si la Ciudad y cada una de las entidades lo consideran apropiado, se pueden definir indicadores de desempeño para el uso y consumo del agua, los cuales pueden medirse y hacerles seguimiento usando la misma infraestructura tecnológica y de gestión que se implemente para la energía.

La Ciudad y los edificios también pueden definir indicadores de gestión relacionados con la efectividad y la eficiencia en los ahorros energético o en los costos logrados en comparación con los estimados iniciales. Estos indicadores se calculan a partir de las siguientes ecuaciones [Basado en: *Guía de Planes de Gestión Eficiente de la Energía para Entidades Públicas*. UPME. 2020]:

- $\text{Efectividad} = \frac{\text{Ahorro energético (o en costos) logrado}}{\text{Resultado estimado}} \times 100\%$
- $\text{Eficiencia} = \left( \frac{\frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{costo real}} \times \text{tiempo invertido}}{\frac{\text{Resultado estimado}}{\text{costo estimado}} \times \text{tiempo estimado}} \right) \times 100\%$

## 9.3 Funcionalidades recomendadas para la tecnología de MRV

### 9.3.1 Sistema de medición

Es necesario que cada entidad cuente con un sistema de medición de energía eléctrica (y de gas natural, según aplique) y de las variables relevantes para obtener los datos necesarios para una adecuada gestión energética, así como para la medición y seguimiento del desempeño energético a partir de los indicadores sugeridos.

Las entidades también puede contratar el servicio de monitoreo energético con un proveedor calificado, quien también les podría ofrecer el servicio incluyendo los medidores requeridos. Este es un modelo de contrato que se denomina “Software como Servicio”, y fue uno de los modelos propuestos por esta Consultoría.

Es recomendable que el sistema de medición implementado mida y registre al menos las siguientes variables físicas:

- Para energía eléctrica:
  - Energía eléctrica activa en kWh por unidad de tiempo.
  - Energía reactiva en kVARh por unidad de tiempo.
  - Potencia eléctrica activa en kW.
  - Potencia eléctrica reactiva en VAR.
  - Otras variables eléctricas según necesidad y disponibilidad del sistema de medición, como: frecuencia, intensidad de corriente eléctrica, factor de potencia, tensiones eléctricas y/o armónicos.
- Para gas natural (según aplique): Volumen consumido de gas natural en metros cúbicos por unidad de tiempo.
- Para agua (según aplique): Volumen consumido de agua en metros cúbicos por unidad de tiempo.

### 9.3.2 Software de gestión energética

En el mercado local se pueden encontrar diversas opciones para una herramienta informática destinada al procesamiento y análisis de datos, tanto a nivel de los edificios como de manera centralizada por la entidad que asuma esta responsabilidad en la Ciudad.

Es fundamental que esta plataforma o software cuente con una interfaz intuitiva y personalizable, que permita la visualización y análisis en tiempo real de los datos recopilados. Asimismo, se recomienda que incluya herramientas de análisis avanzadas para identificar patrones, tendencias y posibles áreas de mejora a partir de los datos disponibles.

El software debería permitir el ingreso manual de datos de constantes, como el precio del kWh de electricidad, el metro cúbico de agua o gas natural, el área del edificio, el número de ocupantes, el factor de emisión para energía eléctrica o gas natural, entre otros. Estas constantes podrían utilizarse junto con las variables medidas para calcular otras variables e indicadores de desempeño energético. Esta funcionalidad también debería permitir el cálculo y seguimiento de indicadores de desempeño energético en diferentes periodos de tiempo (día, semana, mes y año), como consumo por área del edificio ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ,  $\text{m}^3$  de agua o gas natural/ $\text{m}^2$ ) o consumo per cápita ( $\text{kWh}/\text{persona}$ ,  $\text{m}^3$  de agua o gas natural/persona), entre otros que requiera el Cliente y estén disponibles.

El registro de las variables debería realizarse al menos cada 15 minutos, y el software debería ser capaz de mostrar dichas variables en diferentes rangos de tiempo, como horas, días, semanas, meses y años. Además, debería permitir la carga de datos históricos de variables físicas medidas por otros medios utilizados por los edificios o de las constantes definidas, facilitando así la realización de análisis y la generación de reportes con dichos datos.

Por otro lado, esta herramienta informática debería tener la capacidad de generar alertas configurables según diferentes criterios establecidos por las necesidades de los edificios y de la Ciudad. Esto incluye, al menos, alertas por consumos fuera del promedio en horarios determinados (valores máximos o mínimos), consumos acumulados fuera del promedio o superiores a un valor definido, fallas en la medición o pérdida de datos, entre otros. Estas alertas deberían enviarse por diferentes medios, como correo electrónico o mensajes de texto, para una oportuna gestión por parte de los responsables en los edificios.

El software también debería permitir al usuario la extracción de datos históricos de las variables medidas en formato Excel o CSV.

Finalmente, el software debería tener la capacidad de generar líneas de base energética a partir de las variables medidas o datos históricos cargados por los usuarios. Estas líneas de base deberían permitir medir la mejora del desempeño energético y estimar el potencial de ahorro energético a partir de los datos históricos.

## 9.4 Reportes de avances y verificación de resultados

### 9.4.1 Reportes propuestos

Cada entidad debería realizar un reporte mensual sobre los resultados de la operación y mantenimiento de los proyectos implementados, así como de los resultados de los indicadores de desempeño energético definidos. Asimismo, es recomendable elaborar un reporte anual durante el mes de enero, que incluya los resultados obtenidos en el periodo vencido. Este reporte anual también debería ser enviado a la UPME, según lo que esta entidad especifique al respecto.

La herramienta informática seleccionada o diseñada debería facilitar, en la mayor medida posible, la generación de dichos reportes, preferiblemente de manera automática, según sea posible, y de forma semanal, mensual, anual o a demanda, según las fechas definidas por los usuarios. Estos reportes deberían ser fácilmente configurables por cada usuario, presentando la información requerida según sus necesidades, las de la Ciudad, y las de las entidades de orden nacional, como la UPME. Los reportes pueden incluir aspectos como el consumo de energía eléctrica o de gas natural (y los resultados de otras variables medidas) durante un periodo específico, los costos por consumo de servicios públicos medidos, la emisión de gases de efecto invernadero, el ahorro energético calculado entre diferentes periodos y los resultados de los indicadores de desempeño energético definidos.

En la siguiente tabla se proponen los reportes que deberían generarse.

*Tabla 40. Reportes propuestos para los edificios*

Aspecto a reportar	Descripción	Observaciones sobre el resultado del aspecto reportado	Acciones para asegurar el resultado deseado el próximo periodo de evaluación
Consumo energético (electricidad o gas natural) de base	Consumo de energía (electricidad o gas natural) del periodo de base. Este el valor que se usa para medir la mejora en el desempeño energético. Este valor se debe actualizar anualmente o cuando se hayan presentado cambios en el edificio que efecten el consumo de energía.		
Consumo de energía (eléctrica o gas natural)	Consumo de energía eléctrica o de gas natural en el mes evaluado. Este	Cada edificio deberá informar	Cada edificio deberá identificar

del mes (kWh/mes o m <sup>3</sup> /mes)	consumo debería ser el medido por la tecnología de medición instalada. Si no se cuenta con tecnología instalada, se debería reportar el valor indicado por el comercializador de energía.	sobre lo ocurrido durante el periodo evaluado que provocó el resultado obtenido.	oportunidades de mejora o de aseguramiento para mejorar o mantener el resultado obtenido en el periodo evaluado.
Seguimiento del cumplimiento de la meta de ahorro energético	Las metas de ahorro energético se definen por año y, a su vez, pueden dividirse por mes, lo que facilita determinar el nivel de cumplimiento de manera continua y permite anticipar oportunamente oportunidades de mejora para asegurar su cumplimiento al final del año.		
Ahorro energético acumulado	Este valor permite calcular el ahorro logrado hasta el mes evaluado y estimar de manera anticipada si se alcanzará el ahorro planificado para todo el año, identificando oportunamente oportunidades de mejora.		
Efectividad en el ahorro logrado respecto al planeado	Este indicador permite calcular el porcentaje de ahorro logrado respecto al ahorro estimado en el edificio.		
Eficiencia del resultado logrado respecto al planeado	A través de este indicador se puede calcular el porcentaje del costo financiero y el tiempo invertido para la implementación de los proyectos respecto a lo planificado.		
Indicador de desempeño de energía eléctrica [kWh/mes] o de gas natural [m <sup>3</sup> /mes]	Con este indicador se mide el consumo de energía eléctrica o de gas natural por mes y determinar si se está consumiendo más o menos energía en comparación con el periodo de base.		
Indicador de Desempeño Base 100 de energía eléctrica o de gas natural.	Este indicador calcula el desempeño energético como una razón entre el consumo de energía de la línea de base y el consumo medido en el mes actual, expresado en términos de porcentaje.		
Indicador de Consumo de energía eléctrica (o de gas natural) per cápita [kWh/mes/persona]	Este indicador permite estimar el consumo de energía eléctrica o gas natural por cada persona que ocupa el edificio en un periodo determinado de tiempo.		
Indicador de Consumo de energía eléctrica (o de gas natural) por área [kWh/mes/m <sup>2</sup> ]	Este indicador permite calcular el consumo de energía (eléctrica o de gas natural) por área construida del edificio.		

Emisiones de GEI [TonCO <sub>2</sub> -eq/mes]	Emisiones de GEI asociadas al consumo de energía eléctrica de la red o de gas natural.		
--	--	--	--

## 9.4.2 Verificación y evaluación de resultados

El gestor energético de cada edificio deberá realizar el monitoreo, reporte y verificación (MRV) mensualmente, elaborando los reportes definidos y documentando las observaciones pertinentes. Asimismo, deberá definir e implementar, junto con los demás colaboradores del edificio, las acciones necesarias para asegurar la mejora continua del desempeño energético del edificio. Se recomienda realizar reuniones internas al menos una vez al mes, en las que se documenten los aspectos revisados y las decisiones tomadas respecto a la gestión energética.

El gestor energético de cada edificio será responsable de enviar los reportes requeridos a la SDA o a la CIGRCC.

A nivel directivo o estratégico de cada entidad, se recomienda realizar una reunión semestral o anual para revisar, junto con el gestor energético, los resultados logrados en relación con la mejora del desempeño energético del edificio y la eficacia de las acciones implementadas durante el periodo evaluado. Como resultado de esta verificación anual, la dirección de la entidad debería tomar decisiones para asegurar el mejoramiento continuo del desempeño energético. Esto incluye identificar oportunidades de mejora, realizar cambios en la estructura del PGEE, asignar más recursos, definir necesidades de financiamiento para la implementación de los proyectos de EE y SFV, modificar los indicadores de desempeño energético para una mejor medición, encontrar oportunidades para mejorar la competencia del gestor energético o de las personas relacionadas con la operación y mantenimiento de los usos finales de la energía, así como reforzar la toma de conciencia y la comunicación de todas las personas que usan el edificio. Se recomienda documentar los aspectos revisados y las decisiones tomadas por la dirección del edificio.

# 10. Conclusiones y recomendaciones

## 10.1 Conclusiones

- Las auditorías energéticas de recorrido (WTA, por sus siglas en inglés), las auditorías energéticas de grado de inversión (IGA, por sus siglas en inglés), y los análisis de prefactibilidad y factibilidad para el aprovechamiento de energía solar fotovoltaica en 14 edificios de la Ciudad permitieron establecer los potenciales de ahorro energético, reducción de costos, disminución de emisiones de GEI, así como el presupuesto requerido para implementar proyectos de eficiencia energética y energía solar fotovoltaica en los 103 edificios de la línea de base.
- Los edificios tipo Oficinas (32%), Telecomunicaciones (24%), Hospitales (19%) y Transporte (9%) consumen el 84% del consumo eléctrico anual total de los 103 edificios de la línea de base. Es decir, en estos 74 edificios se deberían enfocar las acciones para tener un mayor impacto en los costos por consumo eléctrico y reducción de emisiones. Además, en los Hospitales se consume gas natural para calentamiento de agua y cocción de alimentos. Se estima que el gas natural consumido en los Hospitales genera el 5% de todas las emisiones de los 103 edificios.
- A través de una extrapolación de datos, se estimó que en los 103 edificios de la línea de base es posible ahorrar cerca de \$7.384 millones de COP (MCOP) anuales en energía eléctrica y gas natural mediante la implementación de proyectos de eficiencia energética, lo que representa el 16% de los costos actuales de energía. Además, se dejarían de emitir cerca de 4.503 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por año, lo que implica una reducción del 16% en emisiones. Implementar estos proyectos requeriría una inversión aproximada de \$16,455 millones de COP.
- El potencial SFV en los 60 edificios con información disponible asciende a 7.996 kWp. Con esta capacidad, sería posible generar cerca de 10.358 MWh de energía eléctrica por año, lo que equivaldría aproximadamente al 15% del consumo eléctrico actual de estos edificios. Las emisiones que se evitarían por la implementación de este potencial SFV alcanzarían las 5.107 tonCO<sub>2</sub>e durante el primer año de generación eléctrica. En un periodo de 20 años de operación, se estima que se dejarían de emitir aproximadamente 96.709 tonCO<sub>2</sub>e. Este potencial supondría el 18% de las emisiones de los 60 edificios de la línea de base actual. Para desarrollar este potencial, se estima que se requeriría una inversión cercana a \$33.976 MCOP.
- Se propusieron varias alternativas para agrupar las medidas de eficiencia energética y SFV para hacerlas más atractivas a potenciales desarrolladores o inversionistas, así como para facilitar su estructuración, implementación, monitoreo, reporte y verificación desde una entidad centralizada por cada tipo de Clúster. Además, se establecieron criterios de priorización según el estado de madurez de los proyectos y los potenciales de ahorro energético y de reducción de emisiones de GEI.
- Los proyectos de EE y de SFV pueden implementarse mediante recursos públicos, ya sea como gastos de funcionamiento o de inversión. En el caso de los gastos de funcionamiento, es posible establecer contratos por desempeño energético, adquirir energía solar fotovoltaica mediante un contrato de adquisición de energía (PPA), o adoptar modelos de Software como Servicio (SaaS), donde se paga una tarifa mensual o anual por el servicio durante la vigencia del contrato, permitiendo así al inversionista recuperar la inversión. Sin embargo, debido a que son contratos a largo plazo, se necesitan vigencias futuras, lo que puede dificultar la implementación de proyectos con estos métodos. Por otro lado, con gastos de inversión, se pueden destinar recursos públicos del presupuesto de la entidad o del gobierno nacional, o buscar financiamiento a través de Findeter, el FENOGÉ o Bancoldex.



- La implementación exitosa de proyectos de EE y SFV en edificaciones públicas de Bogotá requiere un marco institucional y de gobernanza sólido que involucre a múltiples actores del sector público, privado y de la sociedad civil. La Comisión Intersectorial de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (CIGRCC), a través de la Mesa de Trabajo para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, se presenta como una plataforma clave para la supervisión y coordinación de estos proyectos, proporcionando un espacio de colaboración intersectorial. Por otro lado, la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) podría asumir el liderazgo en la implementación de los proyectos a través de la estructura y modelo de operación de la Unidad de Implementación de Proyectos (Project Implementation Unit, PIU) constituida para este proyecto de cooperación, asegurando una implementación cohesiva y coordinada de los proyectos.
- Para asegurar el éxito sostenido de los proyectos de EE y SFV en los edificios públicos de Bogotá, es fundamental establecer un sistema sólido de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV). La implementación de medidores y software de gestión energética permitirá un seguimiento detallado y continuo del consumo energético y las emisiones de GEI, lo que facilitará la toma de decisiones basadas en datos. Al centralizar la información en una plataforma como estas, se mejora la capacidad de análisis y se garantiza que las entidades responsables puedan ajustar estrategias en tiempo real para alcanzar las metas energéticas y ambientales definidas. A nivel de los edificios, el gestor energético desempeña un papel crucial en el monitoreo y la mejora continua del desempeño energético. Este rol requiere competencias específicas para llevar a cabo la verificación y el reporte de los indicadores de desempeño energético, así como de la mejora del desempeño energético y la reducción de las emisiones de GEI.

## 10.2 Recomendaciones

- Asegurar un presupuesto de \$5.366 MCOP, más impuestos, para implementar los proyectos de eficiencia energética (EE) y sistemas solares fotovoltaicos (SFV) priorizados que cuentan con factibilidad técnica, financiera y legal en los cuatro edificios seleccionados. La implementación debe realizarse bajo los modelos contractuales sugeridos y el modelo de gobernanza seleccionado, de acuerdo con las propuestas de esta consultoría.
- Realizar auditorías energéticas de grado de inversión (IGA, por sus siglas en inglés) a las MEE con los mayores potenciales de ahorro energético y reducción de gases de efecto invernadero en los 8 edificios restantes de la muestra inicial. Asignar el presupuesto estimado de \$224 MCOP, más impuestos, para este fin. Con base en los resultados de estas auditorías, se deben definir los proyectos que se licitarán e implementarán con recursos propios y a aquellos que se presentarán a potenciales financiadores e inversionistas.
- Realizar un análisis de factibilidad para los sistemas fotovoltaicos (SFV) en los 7 edificios restantes de la muestra inicial. Posteriormente, definir cuáles proyectos de SFV se implementarán con recursos propios, cuáles con financiamiento y cuáles mediante acuerdos de compra de energía (PPA). Asegurar que el presupuesto de \$122,4 MCOP, más impuestos, esté disponible para llevar a cabo estas evaluaciones de factibilidad.
- Crear un fondo especializado para financiar proyectos de EE y SFV. Este fondo debe ser transparente y estar sujeto a auditorías regulares para asegurar la correcta gestión de los recursos. Los ahorros generados por las implementaciones deben reinvertirse en nuevos proyectos, fomentando así la sostenibilidad financiera a largo plazo. Además, se debe evaluar la posibilidad de utilizar el FONDIGER como modelo o colaborador en la gestión del fondo.
- Implementar las medidas de eficiencia energética (MEE) tipo A en los edificios de la línea de base de la ciudad, comenzando con los edificios de la muestra inicial y luego extendiéndose a los demás. Considerar la propuesta de agrupación por clúster para facilitar la implementación de estas MEE, o según se defina

cuando se establezca el modelo de gobernanza en la ciudad para la gestión eficiente de la energía en los edificios públicos. El presupuesto estimado es de \$1.662 MCOP para los 103 edificios.

- Realizar auditorías energéticas de recorrido (WTA, por sus siglas en inglés) en los 93 edificios restantes de la línea de base. Identificar las mejores medidas de eficiencia energética (MEE) para llevarlas a factibilidad mediante una auditoría de grado de inversión (IGA) y definir las estrategias más adecuadas para su implementación, operación y mantenimiento, de acuerdo con las recomendaciones de esta consultoría. Simultáneamente, realizar los análisis de prefactibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos (SFV) en estos edificios para identificar cuáles son factibles de implementar y, posteriormente, definir el modelo de contratación más adecuado para cada edificio.
- Implementar una solución tecnológica de Monitoreo, Reporte y Verificación (o control operacional en línea), comenzando con los edificios de la muestra inicial y luego en los 93 edificios restantes de la línea de base. Esto se puede realizar a través de un modelo de contrato de Software como Servicio (SaaS) o mediante la inversión en el sistema de medición y software de gestión energética con recursos propios o con financiamiento, de acuerdo con la propuesta realizada por esta Consultoría. El modelo de SaaS ofrece flexibilidad y escalabilidad, permitiendo a la Ciudad acceder a tecnología avanzada sin una inversión inicial significativa. Alternativamente, la inversión directa en sistemas de medición y software de gestión energética puede ser más adecuada si se prefiere tener un control total sobre la infraestructura tecnológica. Ambas opciones deben considerar la seguridad de los datos, la facilidad de uso y la integración con sistemas existentes para maximizar la eficiencia operativa y la reducción de costos a largo plazo. La inversión directa por la Ciudad tiene el reto adicional de requerir capacitar al personal encargado y a los usuarios finales de la tecnología para su correcta implementación y buen uso, de acuerdo con las necesidades de la Ciudad. La decisión final dependerá de factores como el presupuesto, la estrategia a largo plazo y los recursos disponibles.
- Asegurar los recursos públicos necesarios o definir las alternativas de financiamiento y posibles inversores a través de contratos por desempeño energético, acuerdos de compra de energía solar fotovoltaica (PPA) o modelos de Software como Servicio (SaaS) para implementar los proyectos de EE y SFV con factibilidad en los 93 edificios restantes de la línea de base de la Ciudad. Estas alternativas no solo proporcionan los medios para iniciar los proyectos, sino que también atraen a inversores interesados en la sostenibilidad y el rendimiento a largo plazo. Siguiendo la priorización recomendada por la Consultoría, se pueden identificar y ejecutar primero aquellos proyectos con mayor potencial de impacto en la reducción de costos y emisiones de GEI, logrando así victorias tempranas que pueden servir para impulsar el programa y demostrar su viabilidad y beneficios tangibles para la Ciudad.
- Definir las competencias necesarias para el personal encargado de implementar y hacer seguimiento de los proyectos de EE y sistemas fotovoltaicos SFV en los edificios de la ciudad. Esto incluye habilidades en sistemas de gestión de la energía según la norma NTC-ISO 50001, auditorías energéticas, sistemas eléctricos, iluminación, climatización y refrigeración, tecnologías de MRV, normatividad legal aplicable a la energía, así como en energía solar fotovoltaica, entre otros. Considerar estas necesidades de formación, capacitación y experiencia al contratar nuevo personal. Asimismo, implementar las capacitaciones necesarias para cerrar las brechas identificadas en el personal actual. Esto asegurará el logro de los objetivos y metas energéticas y contribuirá a la mejora continua del desempeño energético y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los edificios.
- Analizar factores como el impacto en el empleo, las comunidades locales, la distribución de ingresos y la equidad social durante la estructuración, implementación y operación de los proyectos de eficiencia energética (EE) y sistemas fotovoltaicos (SFV) seleccionados. Asimismo, considerar cómo fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico para abrir nuevas posibilidades de negocio y aumentar la competitividad de las empresas de la ciudad relacionadas con estos temas. Identificar y vincular, en la medida de lo posible, a grupos vulnerables y diferenciados presentes en la ciudad, como mujeres cabeza de hogar, personas con discapacidad, población afrodescendiente, indígenas, jóvenes, entre otros.

- Revisar todas las actividades relacionadas con la implementación, operación y seguimiento de los proyectos de eficiencia energética (EE) y sistemas fotovoltaicos (SFV) desde una perspectiva de equidad de género. Esto implica realizar un análisis de género para identificar brechas y desigualdades, considerando cómo las diferencias de género afectan el acceso a los beneficios, la participación en las decisiones y los impactos de las acciones. Es recomendable implementar programas de capacitación y empoderamiento para mujeres en temas de energía, promover la contratación equitativa y el liderazgo femenino, e integrar criterios de género en todas las etapas del proyecto. La contratación de personal debe incluir la equidad de género en todas las fases de los proyectos, asegurando igualdad en roles y niveles dentro del proyecto y garantizando la equidad en la remuneración salarial.
- Gestionar adecuadamente los residuos electrónicos generados como resultado del cambio tecnológico en los proyectos de EE y SFV, los cuales pueden considerarse peligrosos o especiales y requieren, por tanto, una gestión especializada para evitar impactos negativos en el medio ambiente y posibles sanciones legales. Para abordar este riesgo, se recomienda la elaboración de un plan de gestión de residuos previo a la instalación de los proyectos, que contemple la recolección, el tratamiento y la disposición final de manera responsable y en cumplimiento con las regulaciones ambientales vigentes. De esta manera, se puede prevenir la problemática asociada a la incorrecta disposición de residuos y garantizar un enfoque ambientalmente responsable en todas las etapas del proyecto.
- Considerar los resultados de las auditorías energéticas y los potenciales de generación de energía solar fotovoltaica en las futuras actualizaciones de la Política de Acción Climática (PAC) de Bogotá para alinear las metas de reducción de emisiones de GEI con los potenciales de ahorro de energía eléctrica y de gas natural identificados, así como con las capacidades reales de autogeneración de SFV en los edificios públicos de la Ciudad. Además, integrar la estructura de gobernanza definida, con roles, responsabilidades y autoridades claramente establecidos en la estructuración, implementación y seguimiento de los resultados, así como en la gestión de los recursos para la financiación de los proyectos y reinversión de los ahorros logrados.
- Recopilar, depurar y centralizar la información de los edificios públicos de la ciudad en una base de datos centralizada para establecer la cantidad real de edificios, las entidades a cargo, los usos actuales, los tipos de energía utilizados, los consumos, las áreas disponibles en cubiertas, los comercializadores de energía, entre otros aspectos relevantes. Esta base de datos debe ser de fácil acceso y actualización por parte de las entidades responsables, lo que garantizará una estimación precisa de los potenciales de ahorro energético, reducción de costos y emisiones de GEI a nivel de la Ciudad, permitiendo una gestión eficaz y una toma de decisiones informada sobre eficiencia energética y aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía renovable.

## Published by

### **C40 Cities Finance Facility**

Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

## Registered offices

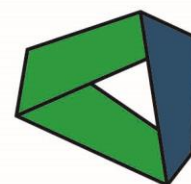
### **Bonn and Eschborn,**

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

