

PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR  
HOSPITALARIO DEL DISTRITO DE MEDELLÍN.

DIANA TATIANA MELO CRUZ  
DANIEL TORO ALZATE



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**PASCUAL BRAVO®**

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2025

PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR  
HOSPITALARIO DEL DISTRITO DE MEDELLÍN.

DIANA TATIANA MELO CRUZ  
DANIEL TORO ALZATE

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2025

Implementación de un plan de eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de  
Medellín

Diana Tatiana Melo Cruz  
Daniel Toro Álzate

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gestión de  
Proyectos

Dubal Papamija Muñoz  
Magíster en Gerencia de Proyectos.

Institución Universitaria Pascual Bravo  
Facultad de Producción y Diseño  
Especialización en Gestión de Proyectos  
Medellín  
2025

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

## Nota de Aceptación del Trabajo de Grado



<b>ACTA DE EVALUACIÓN FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código:
	Versión:
	Página: 1 de 1

**Nombre del trabajo de grado:**

Implementación de un plan de eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de Medellín

**Datos de los estudiantes:**

Nombres Y Apellidos	Cédula	Programa	Correo Institucional
Diana Tatiana Melo Cruz	1121951719	Especialización en Gestión de Proyectos	<a href="mailto:diana.melo719@pascualbravo.edu.co">diana.melo719@pascualbravo.edu.co</a>
Daniel Toro Alzate	1152192395	Especialización en Gestión de Proyectos	<a href="mailto:daniel.toro395@pascualbravo.edu.co">daniel.toro395@pascualbravo.edu.co</a>

**Modalidad a la que pertenece el Trabajo:**

Investigativa \_\_\_ Emprendimiento \_\_\_ Práctica \_\_\_ Formulación proyecto de inversión X

CONCEPTO EVALUACIÓN	SÍ	NO
Aprobado	X	
Aprobado con correcciones		
No aprobado		

**OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS DEL PROCESO:** El presente documento ha sido elaborado con calidad y rigor de un trabajo de grado, demostrando coherencia y exhaustividad, acorde con la naturaleza de un proyecto de inversión pública. Asimismo, su avance sigue las pautas trazadas por el Departamento Nacional de Planeación y la plataforma MGA Web, partiendo de los aprendizajes adquiridos en la Universidad.

**Fecha de entrega:** 04/05/2025

Firma: \_\_\_\_\_

**Nombre del Asesor:** Dubal Papamija Muñoz

**Fecha:** 13/11/2024

<b>Elaboró:</b> Jhobana Herrera Díaz	<b>Revisó:</b> Irma Lucía Franco	<b>Aprobó</b>
<b>Fecha:</b> 2020/11/26	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

### **Dedicatoria y Agradecimientos**

Este trabajo de grado está dedicada a nuestras familias, quienes han sido nuestro apoyo incondicional durante todo este proceso. a nuestros padres por su amor y educación que nos han guiado siempre por el camino del bien y nos han enseñado el valor de la fe, la paciencia y la perseverancia. gracias por estar siempre a nuestro lado, dándonos ánimo y fuerza en cada paso que damos. a nuestros hermanos, por su apoyo constante y por ser nuestra motivación, incluso cuando la distancia nos separa. sus palabras de aliento nos han impulsado a seguir adelante y luchar por nuestros sueños. por último, nos gustaría expresar nuestro profundo agradecimiento a todas las personas que han formado parte de este logro con su aporte, paciencia y comprensión. este trabajo de grado es el reflejo de un esfuerzo conjunto y del amor incondicional que siempre nos ha acompañado.

## Resumen

Este trabajo tiene como objeto la implementación de un plan de eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de Medellín, con especial atención en el hospital san vicente fundación. apuntando a reducir el consumo energético y la dependencia de fuentes no renovables mediante la modernización tecnológica y la adopción de sistemas eficientes. la metodología empleada sigue la metodología general ajustada (MGA), permitiendo un análisis estructurado del problema, sus causas y soluciones viables. La investigación identifica que los hospitales presentan un alto consumo debido al uso de tecnologías obsoletas y sistemas ineficientes, lo que genera altos costos de operación y un importante impacto ambiental. Como solución se propone la implementación de una planta solar fotovoltaica, la optimización de los sistemas de iluminación y aire acondicionado, y la capacitación del personal del hospital en eficiencia energética. Los resultados proyectan una disminución del consumo eléctrico y una reducción de los costos de operación. Se concluye que estas estrategias no solo mejoran la sostenibilidad financiera y ambiental del hospital, sino que también contribuyen a las políticas públicas adoptadas en los planes de desarrollo nacional, departamental y municipal de eficiencia energética y desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** Eficiencia energética, energía fotovoltaica, red eléctrica, políticas públicas, plan de desarrollo, ODS, MGA, DNP.

### **Abstract**

This study aims to implement an energy efficiency plan in the hospital sector of the Medellín district, with a special focus on the San Vicente Fundación Hospital. It aims to reduce energy consumption and dependence on non-renewable sources through technological modernization and the adoption of efficient systems. The methodology used follows the Lean General Methodology (LGM), allowing for a structured analysis of the problem, its causes, and viable solutions. The research identifies that hospitals have high consumption due to the use of obsolete technologies and inefficient systems, which generates high operating costs and a significant environmental impact. The proposed solutions include the implementation of a photovoltaic solar plant, the optimization of lighting and air conditioning systems, and training of hospital staff in energy efficiency. The results project a decrease in electricity consumption and a reduction in operating costs. It is concluded that these strategies not only improve the hospital's financial and environmental sustainability but also contribute to the public policies adopted in the national, departmental, and municipal development plans for energy efficiency and sustainable development.

**Keywords:** Energy efficiency, photovoltaic energy, electrical grid, public policies, development plan, SDGs, MGA, DNP.

## Tabla de Contenido

1. Planteamiento del Problema .....	14
1.1 Descripción del problema.....	14
1.1.1 Identificación y descripción del problema .....	15
1.1.1.1 Problema central .....	17
1.1.1.2 Descripción de la situación existente con relación al problema.....	17
1.1.1.3 Magnitud actual del problema e indicadores de referencia (línea base).....	20
1.1.1.4 Causas directas e indirectas que generan el problema.....	21
1.1.1.5 Efectos directos e indirectos generados por el problema .....	21
1.1.1.6 Diagrama de árbol de problema.....	23
1.2. Justificación .....	24
1.2.1 Contribución a la política pública .....	25
1.2.1.1 Contribución al Plan Nacional de Desarrollo.....	26
1.2.1.2 Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial .....	26
1.2.1.3 Plan de Desarrollo Distrital o Municipal.....	27
1.2 Participantes.....	27

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

1.3.1 Identificación de los participantes .....	27
1.3.2 Análisis de los participantes.....	30
1.3.3 Población.....	31
1.3.3.1 Población afectada por el problema .....	31
1.3.3.2 Población objetivo de la intervención .....	31
1.3.3.3 Características demográficas de la población objetivo .....	32
1.3.    Objetivos.....	35
1.4.1 Objetivo general e indicadores de seguimiento .....	35
1.4.2 Objetivos específicos .....	36
1.5 Diagrama del árbol de objetivos (soluciones) .....	38
1.6. Alternativas de la solución .....	39
2.    Marco de Referencia .....	44
2.1 Marco contextual .....	44
2.2 Marco Legal.....	49
2.3 Antecedentes.....	51
2.4 Marco teórico.....	53
3. Preparación.....	55
3.1. Estudio de necesidades .....	55

PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN	10
3.2. Análisis técnico de la alternativa .....	59
3.3. Localización.....	61
3.3.1 Localización de la alternativa .....	62
3.3.2. Factores analizados .....	63
3.4. Cadena de valor .....	65
3.5. Análisis de riesgos .....	68
3.6. Ingresos y beneficios .....	71
4. Evaluación.....	75
4.1. Flujo económico .....	75
4.2. Indicadores de decisión (Evaluación económica) .....	77
5. Programación .....	80
5.1 Indicadores de producto.....	80
5.2 Indicadores de gestión .....	82
5.3. Fuentes de financiación .....	82
5.4. Matriz resumen del proyecto .....	84
7. Referencias .....	87

### **Lista de Ilustraciones**

<b>Ilustración 1.</b> Árbol de problemas. ....	23
<b>Ilustración 2.</b> Árbol de objetivos. ....	38
<b>Ilustración 3.</b> Localización geográfica del hospital San Vicente Fundación. ....	62

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Presentación de la contribución al plan nacional de desarrollo. ....	26
<b>Tabla 2.</b> Presentación de la contribución al plan de desarrollo departamental. ....	26
<b>Tabla 3.</b> Presentación de la contribución al plan de desarrollo distrital. árbol de problemas. ....	27
<b>Tabla 4.</b> Identificación de los cooperantes y beneficiarios del proyecto. ....	28
<b>Tabla 5.</b> Población desagregada por sexo en el distrito. ....	32
<b>Tabla 6.</b> Población de origen étnico en resguardos indígenas y población vulnerable en el distrito de Medellín. ....	34
<b>Tabla 7.</b> Indicador para medir el objetivo general del proyecto. ....	36
<b>Tabla 8.</b> Medios y acciones para lograr el objetivo general del proyecto. ....	39
<b>Tabla 9.</b> Criterios de comparación para la selección de alternativas. ....	41
<b>Tabla 10.</b> Matriz para la selección de alternativas. ....	42
<b>Tabla 11.</b> Población hospital san vicente fundación Medellín. ....	44
<b>Tabla 12.</b> Estudio de necesidades, bien o servicio a satisfacer 1 ....	56
<b>Tabla 13.</b> Serie histórica con la cuantificación del “Déficit”. ....	57
<b>Tabla 14.</b> Estudio de necesidades, bien o servicio a satisfacer 2 ....	57
<b>Tabla 15.</b> Serie histórica con la cuantificación del “Déficit”. ....	58
<b>Tabla 16.</b> Estudio de necesidades, bien o servicio a satisfacer 3 ....	58
<b>Tabla 17.</b> Serie histórica con la cuantificación del “Déficit”. ....	59
<b>Tabla 18.</b> Lugar de ejecución del proyecto. ....	62

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

<b>Tabla 19.</b> Cadena de valor 1 del proyecto.....	65
<b>Tabla 20.</b> Cadena de valor 2 del proyecto.....	66
<b>Tabla 21.</b> Cadena de valor 3 del proyecto.....	67
<b>Tabla 22.</b> Valor total del proyecto.....	68
<b>Tabla 23.</b> Matriz de riesgo del proyecto.....	69
<b>Tabla 24.</b> Beneficios proyectados por concepto de planta de autogeneración fotovoltaica.....	71
<b>Tabla 25.</b> Beneficios proyectados por concepto de cambio de luminarias a tecnologías led.....	72
<b>Tabla 26.</b> Beneficios proyectados por concepto de automatización de sistema de climatización. .....	73
<b>Tabla 27.</b> Total, de ingresos y beneficios proyectados.....	74
<b>Tabla 28.</b> Flujo económico del proyecto.....	76
<b>Tabla 29.</b> Evaluación económica del proyecto.....	77
<b>Tabla 30.</b> Costo por capacidad del proyecto.....	78
<b>Tabla 31.</b> Indicador de producto del proyecto.....	81
<b>Tabla 32.</b> Indicador de gestión del proyecto.....	82
<b>Tabla 33.</b> Clasificación presupuestal del proyecto.....	83
<b>Tabla 34.</b> Fuentes de financiación del proyecto.....	83
<b>Tabla 35.</b> Matriz resumen del proyecto.....	85

## **1. Planteamiento del Problema**

En el capítulo 1 se presentará el problema central que motiva este trabajo de grado, la baja eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de Medellín, con especial atención al hospital san vicente fundación. Mediante una descripción detallada del contexto actual, se identifican las causas de este problema, así como sus múltiples efectos económicos, ambientales y sociales. Esto permitirá comprender la magnitud del desafío y la urgencia de implementar soluciones sostenibles en la infraestructura hospitalaria.

### **1.1 Descripción del problema**

En el contexto actual del sector de salud en Medellín, uno de los principales desafíos que enfrentan las instituciones hospitalarias es la baja eficiencia energética. Este problema es especialmente evidente en hospitales como el san vicente fundación, donde el consumo energético ha aumentado considerablemente debido al uso de tecnologías obsoletas, sistemas de climatización ineficientes y una dependencia significativa de fuentes de energía no renovables. Esto representa un problema multidimensional el cual afecta la fortaleza financiera de estas instituciones, ejerce presión sobre la red eléctrica y contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, afectando la sostenibilidad ambiental de la ciudad. (Fundación San Vicente, 2023)

Los hospitales requieren de un fluido ininterrumpido y confiable de energía eléctrica por la precisión y criticidad que emplean sus equipos médicos esenciales. si no se toman acciones de

mejora, la situación podría agravarse en los próximos años, generando un aumento en la brecha de sostenibilidad entre los hospitales, comprometiendo la calidad y continuidad en la prestación de los servicios de salud.

### **1.1.1 Identificación y descripción del problema**

El sector hospitalario es fundamental para la prestación de servicios de salud a una amplia población de la región. sin embargo, muchos hospitales en Antioquia y el país enfrentan graves desafíos relacionados con la eficiencia energética debido al uso de tecnologías obsoletas, sistemas de climatización ineficientes y procesos operativos que demandan un alto consumo energético. Este elevado consumo no solo genera costos operativos significativos, también ejerce presión sobre la red eléctrica local y contribuye al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la región.

La energía eléctrica es la fuente más importante dentro del sector hospitalario, la mayor parte de los equipos médicos, técnicos y todos los sistemas de iluminación necesitan electricidad, así como los equipos de computación, las instalaciones de ventilación y aire acondicionado, las bombas para las calefacciones, máquinas de frío, los compresores de aire comprimido, ascensores. Por esta razón se debe asegurar un suministro de electricidad estable y sin interrupciones, el suministro debe estar garantizado incluso en caso de un apagón o de fluctuaciones en el voltaje.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

El alto consumo de energía en estos hospitales impacta directamente en su sostenibilidad financiera y en la calidad de los servicios que pueden ofrecer. Los gastos elevados en energía pueden desviar fondos cruciales que podrían destinarse a mejoras en infraestructura y servicios médicos. La falta de eficiencia energética también afecta la capacidad de los hospitales para cumplir con las normativas ambientales y los compromisos de sostenibilidad, como los objetivos de desarrollo sostenible y el acuerdo de París (Objetivos de desarrollo sostenible, 2015). Esta situación limita la capacidad de los hospitales para mejorar sus prácticas tecnológicas haciendo que el país sea menos competitivo en el ámbito internacional.

La ineficiencia en hospitales también repercute en la salud pública y el bienestar de las comunidades circundantes. El uso ineficiente de la energía contribuye al deterioro de la calidad del aire, aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero y exacerbando los problemas ambientales locales. Esta contaminación del aire puede tener efectos negativos en la salud de la población, incrementando la incidencia de enfermedades respiratorias y afectando la calidad de vida en las áreas cercanas a los hospitales.

La brecha entre grandes y pequeñas instituciones en términos de acceso a tecnologías limpias y prácticas sostenibles agrava aún más la desigualdad en el sector hospitalario. Mientras que los grandes hospitales pueden permitirse invertir en soluciones de eficiencia energética, los hospitales más pequeños enfrentan mayores dificultades para acceder a tecnologías y prácticas que podrían mejorar su eficiencia y sostenibilidad. Esta desigualdad limita las oportunidades de crecimiento y desarrollo equitativo en la región.

### **1.1.1.1 Problema central**

Baja eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de Medellín, la ineficiencia energética en los hospitales no solo afecta su sostenibilidad financiera y operativa, sino que también tiene consecuencias ambientales y sociales significativas, aumentando las desigualdades y poniendo en riesgo el bienestar de las comunidades.

### **1.1.1.2 Descripción de la situación existente con relación al problema**

Los hospitales son instalaciones que demandan un consumo elevado, permanente y crítico. En los hospitales, la iluminación, la calefacción, el aire acondicionado, los sistemas de seguridad, de monitorización, ascensores, labores de limpieza y esterilización y quirófanos funcionan 24 horas al día, los 365 días del año. El consumo de energía cada vez mayor y el aumento significativo de los costos, han hecho que la eficiencia energética sea una constante preocupación para los gestores de los hospitales, que deben enfrentar el reto de ahorrar en costos de funcionamiento, sin perder confort o calidad.

En materia de eficiencia energética Colombia posee una legislación relativamente nueva, especialmente enfocada al uso racional de la energía (URE). En el año 2001, se creó la ley 697 mediante la cual se fomentó el uso racional y eficiente de la energía, se promovió la utilización de energías alternativas y se dictaron otras disposiciones. Esta norma por lo tanto es el pilar de la gestión energética en el ámbito nacional. A nivel distrital también se promueve el uso racional de la energía eléctrica. (Ley 697, 2001)

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

En Medellín las clínicas y hospitales son grandes consumidores de energía. pues su razón de ser, sus necesidades y el servicio que deben cumplir, los obliga a consumir energía las 24 horas del día, los siete días de la semana. La iluminación, los sistemas de seguridad y monitoreo, los ascensores, las labores de limpieza y esterilización de las habitaciones y salas quirúrgicas, la calefacción y aire acondicionado, el manejo de gases medicinales, entre otros, se utilizan todo el tiempo, y todos requieren de energía.

De acuerdo con un estudio de caracterización realizado por la UPME, el principal energético empleado en el sector terciario es la energía eléctrica, con una participación del 66.24%, y específicamente para el sector salud, la participación del aire acondicionado es en promedio el 40% del consumo de energía eléctrica. En ciudades costeras un poco más del 60%; un gasto significativo, pero también una oportunidad enorme para implementar estrategias y proyectos que le apunten al ahorro y la eficiencia energética de estos sistemas. (UPME, 2007) (PROURE, 2022-2030)

Se estima que la demanda de energía eléctrica para la región en donde se encuentra la ciudad de Medellín tenga un crecimiento promedio para el período 2019 a 2033 (2,57%), generando aumentando el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero y de otras emisiones contaminantes que contribuyen con el cambio climático, se prevé que con cada aumento de temperatura de un grado, un 7% de la población aproximadamente, estará expuesta a una disminución de los recursos hídricos renovables de al menos un 20%.

La eficiencia energética es considerada como una de las alternativas de menor costo en la prevención del cambio climático y se debe considerar antes de cualquier otra alternativa

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

energética, además de reducir las emisiones ayuda a reducir los costos por consumo de energía en los hospitales.

Según la UPME los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que realicen directamente nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de energía a partir FNCE (FNCE, 2014) o gestión eficiente de la energía, tendrán derecho a deducir hasta el 50% del valor de las inversiones:

**Ley 1715 de 2014:** la presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía sistemas de almacenamiento de tales fuentes y uso eficiente de la energía.

**PAI-PROURE 2022-2030:** Establecen las metas indicativas de eficiencia energética para el país, entendida como un recurso valioso en el marco de la transformación energética.

**Resolución UPME 319 de 2022:** Establece los requisitos y el procedimiento a través del cual la UPME evalúa las solicitudes y emite los certificados que permiten acceder a los incentivos tributarios de deducción de renta, exclusión del IVA, exención de derechos arancelarios y depreciación acelerada.

**La Resolución No. 101 042 de 2024:** busca promover el uso eficiente de la energía eléctrica como medida para prevenir eventuales desabastecimientos y promover la recuperación de los niveles de los embalses del país. En un contexto donde los recursos hídricos se encuentran por debajo de los mínimos históricos y la demanda de energía eléctrica continúa en aumento, es crucial adoptar medidas proactivas para optimizar nuestro consumo energético y contribuir a la estabilidad del sistema eléctrico nacional.

### **1.1.1.3 Magnitud actual del problema e indicadores de referencia (línea base)**

En el plan de desarrollo distrital Medellín te quiere en su programa de gestión del ruido y emisiones atmosféricas, busca promover un modelo de ciudad sostenible, con acciones orientadas a la gestión del ruido y las emisiones atmosféricas, incluyendo los gases de efecto invernadero (GEI). En este sentido, el programa de gestión del ruido y las emisiones atmosféricas propone como indicador de referencia el número de organizaciones con acuerdos voluntarios de gestión de emisiones adoptados, con una meta de 300 organizaciones durante el cuatrienio. Este proyecto se centra en el hospital san vicente fundación como una de estas organizaciones potenciales. (Zuluaga, 2024). Según estimaciones internas, el hospital san vicente fundación registra un consumo mensual de más de 1.000.000 kW. Este nivel de consumo, asociado a tecnologías obsoletas y procesos de alto consumo energético, demuestra una baja eficiencia energética estructural. A nivel técnico, el hospital cuenta con un índice de eficiencia energética de alrededor de 370 kW/m<sup>2</sup>/año, un 48 % superior al valor de referencia recomendado por estándares internacionales como ASHRAE (2019), que establecen un límite de 250 kW/m<sup>2</sup>/año para hospitales modernos. Desde una perspectiva ambiental, y utilizando el factor de emisión promedio en Colombia de 0,216 kg Co<sub>2</sub>/kW (UPME, 2007), este consumo genera más de 2.500 toneladas de Co<sub>2</sub> al año, lo que contribuye significativamente a las emisiones del sector salud en la ciudad. Esta situación resalta la urgente necesidad de implementar estrategias de eficiencia energética como parte de los esfuerzos de transición hacia una Medellín sostenible.

#### **1.1.1.4 Causas directas e indirectas que generan el problema**

La baja eficiencia en el sector hospitalario de Medellín, pueden atribuirse a varias causas, que se logran identificar gracias a estudios y análisis realizados por instituciones como la UPME y el DANE, causas directas:

- Obsoletas tecnologías energéticas no amigables con el medio ambiente.
- Inadecuado manejo de los recursos en procesos industriales ineficientes.
- Alta dependencia de fuentes de energía no renovables.

Las causas directas se desencadenan por los siguientes factores identificados como causas indirectas:

- Insuficientes incentivos y financiamiento.
- Inercia institucional marcada y fuerte resistencia al cambio.
- Bajo nivel de conciencia y capacitación en eficiencia energética.

#### **1.1.1.5 Efectos directos e indirectos generados por el problema**

Los efectos de la baja eficiencia energética en el sector hospitalario de Medellín se derivan de varias consecuencias que afectan tanto al sector hospitalario como a la economía y el medio ambiente de la región, efectos directos:

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

- Incremento en los costos operativos del hospital.
- Mayores emisiones de gases de efecto invernadero.
- Mayor desgaste en los equipos y maquinaria.

Adicionalmente y por consecuencia de los anteriores efectos se identifican los efectos indirectos de la problemática los cuales son:

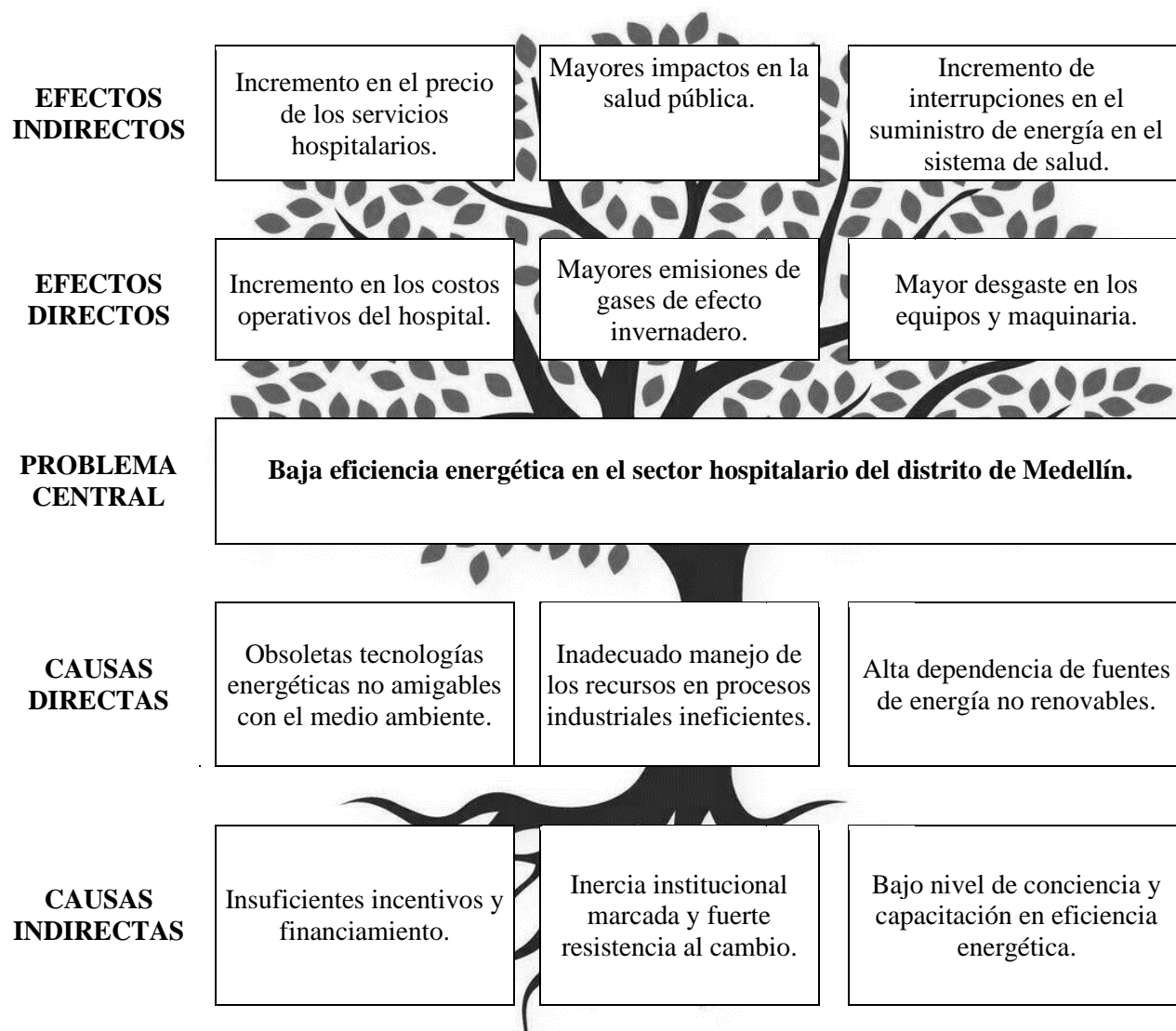
- Incremento en el precio de los servicios hospitalarios.
- Mayores impactos en la salud pública.
- Incremento de interrupciones en el suministro de energía en el sistema de salud.

A continuación, en la ilustración 1 se presenta el árbol de problemas, en el cual se pueden identificar, estructurar y visualizar las causas y los efectos del problema central abordado en el proyecto. Esta representación gráfica permite comprender las causales que conducen a la baja eficiencia energética en el sector hospitalario de Medellín.

### 1.1.1.6 Diagrama de árbol de problema

#### Ilustración 1.

Árbol de problemas.



Nota. (Elaboración propia, 2025)

## 1.2. Justificación

De acuerdo con los lineamientos del plan de desarrollo nacional donde indica que se implementaran acciones a partir del aprovechamiento sostenible y agregación de valor de recurso minero-energético disponibles (Urrego, 2023), el cual busca promover un consumo energético eficiente estableciendo en estas instituciones unas metas de ahorro energético mediante planes de modernización de equipos de iluminación, reemplazando la actual por luminarias led de bajo consumo en algunos sectores del hospital y refrigeración ineficiente, por lo que este proyecto busca ceñirse fielmente a él plan de desarrollo pretendiendo obtener beneficios y financiación del estado por medio del FENOGE (Fondo de energías no convencionales y gestión eficiente de la energía). (FENOGE, 2023)

En el plan de desarrollo departamental “por Antioquia firme” del departamento de Antioquia, quien promueve el desarrollo minero-energético buscando un desarrollo sostenible, impulsado principalmente por la eficiencia energética, y el desarrollo de actividades que permitan aportar a nuevos estándares de transición energética, cumpliendo con las guías y las normas internacionales, generando mejora en la imagen del sector ante la sociedad. (Cardona, 2024)

En el plan de desarrollo municipal de Medellín debido al crecimiento poblacional acrecentado la demanda energética y con ello el crecimiento de contaminantes atmosféricos y gases invernadero, por esta razón este proyecto propende desarrollar hábitos de producción y consumo energético responsable mediante la optimización de las tecnologías utilizadas en los hospitales y la incentivación de él buen uso de las ganancias generadas por la aplicación de este proyecto. (Zuluaga, 2024)

### **1.2.1 Contribución a la política pública**

El programa de uso racional y eficiente de la energía (PROURE) es un lineamiento de política pública para promover el mejor uso de los recursos energéticos, desde su producción hasta su consumo en los diferentes sectores y actividades de la economía. (PROURE, 2022-2030)

Ahora, específicamente el plan nacional de desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida” cuenta con el programa "Desarrollo económico a partir de eficiencia energética, nuevos energéticos y minerales estratégicos para la transición" y tiene como meta del cuatrienio la conexión de 20.000 nuevos usuarios con generación de energía, a partir de fuentes no convencionales de energía renovable que se benefician de comunidades energéticas. Igualmente, el plan de desarrollo de Antioquia 2024-2027 “Por Antioquia Firme” cuenta con el programa "Sector minero-energético social, justo y sostenible impulsando la eficiencia energética." y tiene como meta del cuatrienio formar 4000 unidades productivas del sector minero-energético. Por último, el plan de desarrollo distrital “Medellín Te Quiere” cuenta con el programa "Gestión del ruido y emisiones atmosféricas" y tiene como meta lograr que 300 organizaciones adopten acuerdos voluntarios de gestión de emisiones. En este marco, el hospital San Vicente Fundación firma un acuerdo voluntario con la Secretaría de Medio Ambiente para medir sus emisiones y reducirlas; el proyecto, al incluir la implementación de un sistema de autogeneración solar fotovoltaica y la modernización tecnológica de los sistemas de iluminación y climatización, está directamente alineado con este indicador, contribuyendo activamente a la mitigación de emisiones en el sector hospitalario.

### 1.2.1.1 Contribución al Plan Nacional de Desarrollo.

**Tabla 1.**

*Presentación de la contribución al plan nacional de desarrollo.*

Objetivos de desarrollo sostenible		Plan de desarrollo nacional		
		“Colombia, potencia mundial de la vida”		
Objetivo de desarrollo sostenible a impactar	Programa	Línea estratégica	Componente	Programa
ODS 7	Energía asequible y no contaminante	Transformación productiva, internacionalización y acción climática	Transición energética justa, segura, confiable y eficiente	Desarrollo económico a partir de eficiencia energética, nuevos energéticos y minerales estratégicos para la transición.

*Nota.* Información tomada de (Urrego, 2023)

### 1.2.1.2 Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial

**Tabla 2.**

*Presentación de la contribución al plan de desarrollo departamental.*

Plan de desarrollo departamental		
“Por Antioquia Firme”		
Línea estratégica	Componente	Programa
Inversión desde la confianza	Desarrollo económico y competitividad sectorial	Sector minero-energético social, justo y sostenible impulsando la eficiencia energética.

*Nota.* Información tomada de (Cardona, 2024)

### 1.2.1.3 Plan de Desarrollo Distrital o Municipal

**Tabla 3.**

*Presentación de la contribución al plan de desarrollo distrital. árbol de problemas.*

Plan de desarrollo distrital		
“Medellín Te Quiere”		
Línea estratégica	Componente	Programa
Sostenibilidad Ambiental	Sostenibilidad y patrimonio ambiental	Gestión del ruido y emisiones atmosféricas

*Nota.* Información tomada de (Zuluaga, 2024)

## 1.2 Participantes

### 1.3.1 Identificación de los participantes

A continuación, se realiza el registro de los participantes del proyecto, teniendo en cuenta las siguientes definiciones, que permitirán la categorización de cada uno de ellos.

- **Beneficiario:** Son aquellos individuos u organizaciones que recibirán directa o indirectamente los beneficios de la intervención que se proponga realizar a través del proyecto.
- **Cooperante:** Todas aquellas personas o entidades que pueden vincularse aportando recursos de diferente tipo, ya sea en dinero o en especie para el desarrollo de dichas intervenciones.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

- Oponente: Aquellas personas, grupos de individuos u organizaciones que, dado el inconformismo frente a las posibles intervenciones del proyecto, pueden llegar a obstaculizar el logro de los objetivos previstos.
- Perjudicado: Personas, grupos de individuos u organizaciones que podrían llegar a disminuir su calidad de vida o bienestar como consecuencia del proyecto.

En la Tabla 4 se presentan los participantes del proyecto del tipo cooperante, beneficiario, oponente o perjudicado junto con sus intereses y expectativas y con su respectiva contribución.

**Tabla 4.**

*Identificación de los cooperantes y beneficiarios del proyecto.*

Actor	Entidad	Posición	Intereses o expectativas	Contribución o gestión
Otros	Pacientes, administradores, visitantes, comunidad local	Beneficiario	Disminución en el precio de los servicios hospitalarios, asegurar la continuidad en el suministro de energía en el sistema de salud.	Disposición a implementación de buenas prácticas y uso adecuado de las instalaciones, asistencia a charlas de capacitación sobre el uso racional y eficiente de la energía.
Municipal	Medellín	Cooperante	Sostenibilidad ambiental, cumplimiento del plan de desarrollo, fortalecimiento institucional, fortalecimiento de la calidad de los servicios de salud.	Financiamiento parcial o incentivos, regulación y normatividad, apoyo en el diseño del plan, asesoría técnica, articulación interinstitucional.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

<b>Actor</b>	<b>Entidad</b>	<b>Posición</b>	<b>Intereses o expectativas</b>	<b>Contribución o gestión</b>
Departamental	Antioquia	Cooperante	Sostenibilidad ambiental, cumplimiento del plan de desarrollo y ODS.	Financiamiento parcial o incentivos, regulación y normatividad, compromiso.
Nacional	Ministerio de Minas y Energía	Cooperante	Disponer de energía limpia, confiable, sustentable, y a precios razonables, mediante una matriz energética diversificada, que garantice el desarrollo económico y social del país.	Proveer apoyo técnico y financiero a nivel nacional, promoviendo la eficiencia energética.
Nacional	Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)	Cooperante	Elaboración de planes nacionales de desarrollo minero, energético nacional, expansión de los sectores eléctricos.	Asesoría técnica y herramientas para evaluar y monitorear el consumo energético.
Otros	Hospital San Vicente Fundación Medellín	Cooperante	Reducción de costos, sostenibilidad ambiental, seguridad energética, mejora de la infraestructura y tecnología.	Disposición a implementación de tecnologías eficientes, capacitación del personal, colaboración en investigación y datos.
Otros	Proveedores de fuentes de energía tradicionales.	Oponente	Protección de su modelo de negocio basada en fuentes energéticas convencionales, control del mercado energético.	Adaptación a nuevas normativas, provisión de servicios complementarios.
Otros	Hospitales que no se adaptan al cambio.	Perjudicado	Aumento de costos a corto plazo, quedar en desventaja competitiva, aumento de regulaciones.	Actualización lenta de productos, disminución de la demanda.

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

### **1.3.2 Análisis de los participantes**

El hospital san vicente fundación es el actor principal de esta investigación, ya que se identifica la necesidad urgente de implementar un plan de eficiencia energética, buscando la reducción de costos en su operación a través de nuevas tecnologías que, a su vez, permitan destinar los ahorros obtenidos a la mejora del servicio hospitalario y a la reducción de costos en la atención médica para los pacientes. Lo que se espera del hospital san vicente como participante es que identifique las áreas con mayor consumo energético, facilite el acceso a datos de consumo y colabore activamente en la adopción e implementación de tecnologías y prácticas de eficiencia energética. (Fundación San Vicente, 2023)

Seguidamente se tiene la coordinación de entidades gubernamentales como lo es la alcaldía de Medellín y la UPME (unidad de planeación minero-energética), quienes juegan un papel fundamental en la articulación del proyecto, la alcaldía de Medellín es la encargada de garantizar que las medidas de eficiencia energética no afecten la calidad del servicio hospitalario ni comprometan la continuidad operacional de las áreas críticas. además, como ente cooperante, debe asegurar que el proyecto esté alineado con las políticas distritales en materia de sostenibilidad y eficiencia energética, promoviendo incentivos y posibles fuentes de financiación. (UPME, 2007)

Por otra parte, la unidad de planeación minero energética (UPME) actúa como ente rector en la planeación del sector energético. su participación es fundamental para brindar lineamientos técnicos y políticas que garanticen que el plan de eficiencia energética del hospital esté alineado

con los objetivos energéticos del país. La UPME brindará asesoría técnica en la estructuración del proyecto, asegurando que las tecnologías y estrategias que se adopten cumplan con los estándares de eficiencia, sostenibilidad y la normatividad vigente. (UPME, 2007).

### **1.3.3 Población**

#### **1.3.3.1 Población afectada por el problema**

La población afectada por el problema está compuesta por 154,000 personas al año, incluyendo pacientes atendidos, personal médico, administrativo, visitantes, familiares de los pacientes y la población local del hospital san vicente fundación en Medellín.

Esta población se encuentra en Medellín, Antioquia, dentro del área metropolitana, lo que evidencia una alta demanda de servicios hospitalarios y la necesidad de garantizar condiciones óptimas de atención y operatividad. (Fundación San Vicente, 2023)

#### **1.3.3.2 Población objetivo de la intervención**

La población objetivo de la intervención está conformada por 24,832 personas al año, la cual se compone de pacientes, personal médico y administrativo que dependen directamente de los servicios del hospital san vicente fundación en Medellín, ubicado en la dirección Carrera 51D #62-29, Latitud: 6,2633350 Longitud: -75,5647934. (Fundación San Vicente, 2023)

### 1.3.3.3 Características demográficas de la población objetivo

A continuación, se muestra la estructura poblacional desagregada por sexo del distrito de Medellín, presentada en la tabla 5.

**Tabla 5.**

*Población desagregada por sexo en el distrito.*

<b>Rango etario</b>	<b>Hospital Medellín (Femenino)</b>	<b>Hospital Medellín (Masculino)</b>
Primera infancia (0-5 años)	1964	2528
Infancia (6—11 años)	806	1116
Adolescentes (12-18 años)	1698	1717
Jóvenes (14-26 años)	1539	1381
Adultos (27-59 años)	2902	3510
Adultos mayores (60 años o más)	2725	2946
<b>Total</b>	<b>11.634</b>	<b>13.198</b>
	<b>24.832</b>	

*Nota.* Elaboración propia con información tomada de (Fundación San Vicente, 2023)

Los datos muestran que el hospital san vicente fundación de Medellín tiene un total de 13,198 pacientes hombres y 11,634 pacientes mujeres, evidenciando una mayor proporción de pacientes masculinos en su distribución de género.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Adultos (27-59 años): Representan el grupo más numeroso, con 6.412 pacientes. este segmento suele requerir tratamientos prolongados y hospitalización en zonas con alta demanda energética de equipos médicos, iluminación y aire acondicionado.

Adultos mayores (60 años o más): Con 5.671 pacientes, este grupo es altamente vulnerable a condiciones ambientales inadecuadas. la estabilidad térmica y la calidad del aire son fundamentales para evitar complicaciones respiratorias y cardiovasculares.

Primera infancia, niñez y adolescencia (0-18 años): Con más de 9.829 pacientes, este grupo requiere condiciones óptimas de iluminación y ventilación, especialmente en áreas pediátricas, de urgencias y de hospitalización. (Fundación San Vicente, 2023)

Dado que estos segmentos representan la mayoría de la población atendida, esta distribución resalta la necesidad de garantizar un servicio hospitalario ininterrumpido, eficiente y sostenible, especialmente para los grupos más vulnerables, como los adultos mayores y la población pediátrica. Mejorar la eficiencia energética en el hospital no sólo contribuirá a reducir los gastos operativos, sino que también garantizará un suministro eléctrico fiable para el funcionamiento óptimo de los equipos médicos esenciales. Lo cual es fundamental para mejorar la calidad en la prestación de los servicios de salud, optimizar los recursos y, a largo plazo, reducir los costos de atención para la población beneficiaria.

**Tabla 6.**

*Población de origen étnico en resguardos indígenas y población vulnerable en el distrito de Medellín.*

<b>Población</b>	<b>Hospital Medellín</b>
Pacientes internacionales	1388
Población con riesgos sociales (ICBF/comisaria de familia)	758
Población países fronterizos con estatus migratorio irregular.	247
Poblaciones específicas (situación de calle, indígenas, desplazados, etc.)	841
Población no asegurada.	151
Situación de calle	199
Indígenas	353
Desplazados	280
Reinsertados	4
Privados de la libertad	5
<b>Total</b>	<b>4.226</b>

*Nota.* Elaboración propia con información tomada de (Fundación San Vicente, 2023)

El hospital san vicente fundación de Medellín atiende a una población con alta presencia de grupos vulnerables, que representan 4.226 personas, es decir, el **17%** del total de pacientes atendidos, lo que refuerza la necesidad de contar con un sistema energético eficiente y sostenible.

Pacientes internacionales: 1.388 personas reciben atención, lo que implica que el hospital debe mantener altos estándares de calidad y confort hospitalario para atender las necesidades de esta población.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Población en riesgo social (ICBF/Comisarías de Familia): 758 personas dependen de la estabilidad del sistema hospitalario, lo que subraya la necesidad de contar con infraestructura eficiente y sostenible para garantizar su atención.

Población no asegurada: 151 personas requieren atención sin apoyo económico, lo que hace imprescindible la reducción de costos energéticos para mejorar la sostenibilidad del hospital.

Población en situación de calle (199 personas) e indígenas (353 personas): son grupos con mayores necesidades de acceso equitativo a los servicios de salud, por lo que la reducción de costos energéticos permitiría redireccionar recursos hacia su atención.

Personas desplazadas (280 personas): Esta población es completamente dependiente de los servicios hospitalarios públicos, lo que requiere una infraestructura con consumo energético optimizado para evitar sobrecargas económicas en el sistema de salud. Estos datos muestran que la eficiencia energética no sólo reduce costos, sino que también impacta directamente en la calidad del servicio para las poblaciones vulnerables. (Fundación San Vicente, 2023)

### **1.3. Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general e indicadores de seguimiento**

Se tienen como objetivo general: *Aumentar la eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de Medellín.*

En la siguiente tabla se presenta el indicador para medir el objetivo general del proyecto.

**Tabla 7.**

*Indicador para medir el objetivo general del proyecto.*

<b>Indicador</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo de Valor de la Meta</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Frecuencia de Medición</b>	<b>Fuente de Verificación</b>
Organizaciones con acuerdos voluntarios de gestión de emisiones adoptados.	Cantidad de organizaciones (Hospitales) que han adoptado acuerdos para la gestión de sus emisiones. Mediante planes de eficiencia energética.	3.33%	Porcentaje	Cuatrenio	Registros contables (facturas de servicios públicos entregada mensualmente por el operador de red).

*Nota.* Información tomada de (Zuluaga, 2024) , (Fundación San Vicente, 2023)

### 1.4.2 Objetivos específicos

Con base en el objetivo general planteado, se definen a continuación los objetivos específicos directos:

- Implementar tecnologías energéticas amigables con el medio ambiente.
- Mejorar el manejo de los recursos en procesos industriales ineficientes.
- Reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables.

Además de los objetivos específicos directos, se establecen objetivos específicos indirectos que contribuyen de manera complementaria al cumplimiento del objetivo general del proyecto:

- Aumentar incentivos y financiamiento en proyectos de energía sostenible.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

- Fomentar una cultura organizacional de adaptación al cambio.
- Aumentar el nivel de conciencia y capacitación en eficiencia energética.

A continuación, se relacionan los fines directos del proyecto los cuales corresponden a los resultados concretos que se esperan obtener:

- Reducir costos operativos del hospital.
- Reducir emisiones de gases de efecto invernadero.
- Disminuir el desgaste acelerado de equipos y maquinaria.

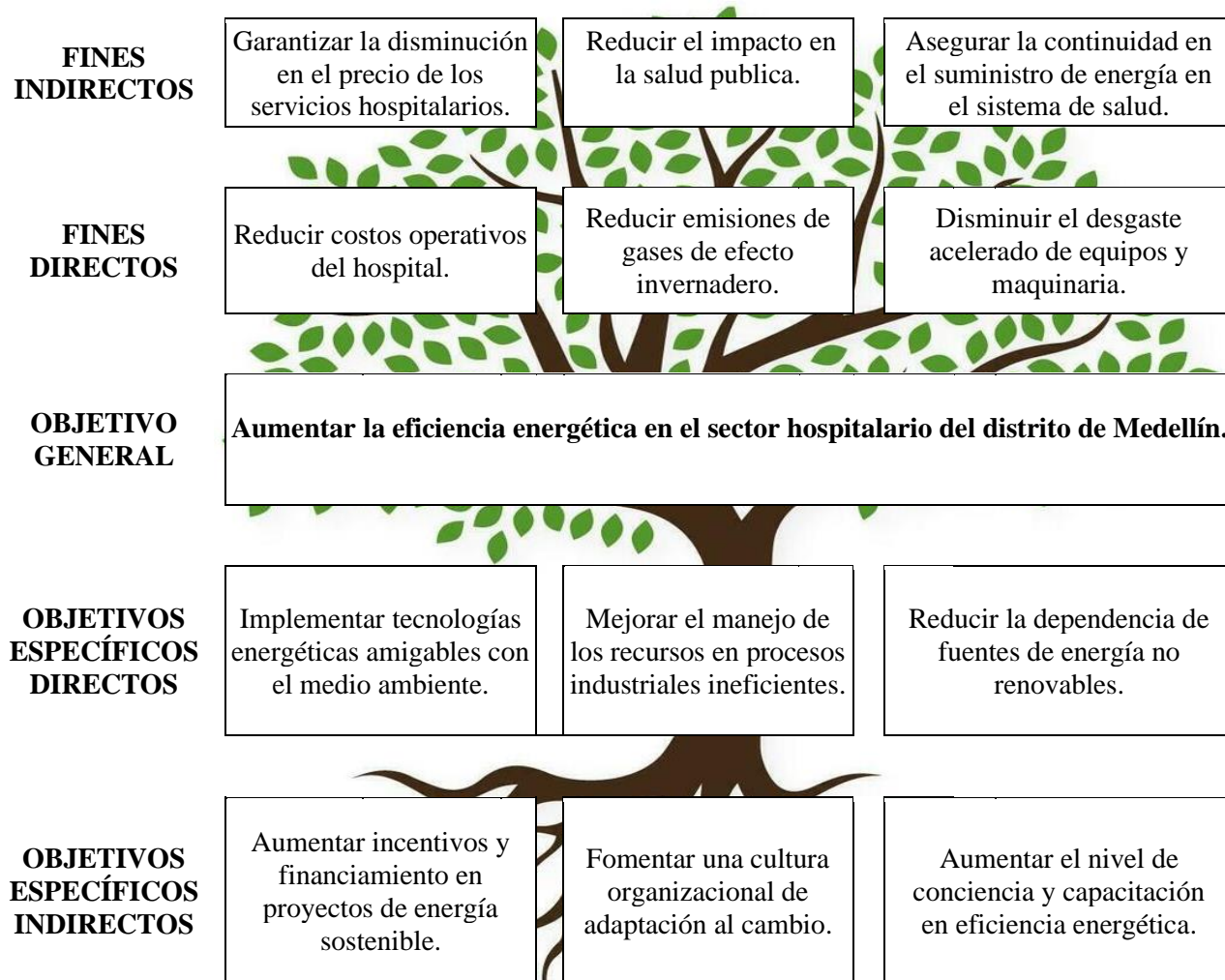
Además de los fines directos, se establecen también los fines indirectos del proyecto, los cuales se relacionan a continuación:

- Garantizar la disminución en el precio de los servicios hospitalarios.
- Reducir el impacto en la salud pública.
- Asegurar la continuidad en el suministro de energía en el sistema de salud.

### 1.5 Diagrama del árbol de objetivos (soluciones)

#### Ilustración 2.

Árbol de objetivos.



Nota. (Elaboración propia, 2025)

### 1.6. Alternativas de la solución

Con base en el árbol de objetivos se identificaron cuáles serían los medios para contribuir al objetivo general del proyecto, por tanto, a cada objetivo específico (denominados medios) se le asignan unas acciones, las cuales, si se realizaran aportarían al cumplimiento del objetivo general.

**Tabla 8.**

*Medios y acciones para lograr el objetivo general del proyecto.*

Objetivos específicos directos (Medios)	Acciones
Implementar tecnologías energéticas amigables con el medio ambiente.	Elaborar un estudio detallado del consumo energético de los hospitales, donde se identifique la mejor opción de renovación tecnológica e implementarla.
Mejorar el manejo de los recursos en procesos industriales ineficientes.	Desarrollo de un programa de capacitación, donde se instruya sobre el uso racional y eficiente de la energía.
Reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables.	Gestionar con el sector público financiamiento para la implementación de fuentes de energía no convencionales.

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

A continuación, se presentan diversas alternativas que pueden ser adaptadas a las necesidades energéticas del sector hospitalario:

**Alternativa 1: Sistema integral de eficiencia energética para el sector hospitalario en Medellín.**

- Planta solar fotovoltaica para autogeneración de energía en el sector hospitalario.
- Optimización energética de sistemas de iluminación, climatización en el sector hospitalario de Medellín.
- Manual técnico y plan de capacitación en eficiencia energética para el sector hospitalario de Medellín.

**Alternativa 2: Implementación de planta de generación geotérmica para el sector hospitalario en Medellín.**

- Planta de autogeneración de energía geotérmica para el sector hospitalario.
- Plan de capacitación en eficiencia energética para el sector hospitalario de Medellín.

**Alternativa 3: Modernización de equipos de iluminación sistema de motores eléctricos en el sector hospitalario de Medellín.**

- Sustitución de equipos por tecnología eficiente led.
- Sustitución de equipos por motores a alta eficiencia energética.
- Plan de capacitación en eficiencia energética para el sector hospitalario de Medellín.

Como estrategia de comparación para la selección de la alternativa a desarrollar se definen los siguientes criterios:

**Tabla 9.**

*Criterios de comparación para la selección de alternativas.*

<b>Criterio</b>	<b>Definición</b>
<b>Impacto ambiental</b>	Evaluar los efectos que la alternativa tiene sobre el medio ambiente, incluyendo aspectos como la contaminación y el uso de recursos naturales.
<b>Impacto social</b>	Analizar cómo afectará la alternativa a las comunidades y grupos sociales, considerando factores como el bienestar, la equidad, el empleo y la calidad de vida.
<b>Viabilidad técnica</b>	Evalúa la capacidad técnica para implementar la alternativa, considerando los recursos, la tecnología disponible y los conocimientos requeridos para su ejecución.
<b>Factibilidad de la implementación</b>	Analizar la viabilidad de llevar a cabo la alternativa, tomando en cuenta aspectos como logística, tiempo, disponibilidad de recursos y capacidad organizacional.
<b>Costo</b>	Estimar los costos asociados a la implementación y operación de la alternativa, incluyendo inversiones iniciales, costos de operación y mantenimiento a largo plazo.

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

Teniendo definidos los criterios descritos en el punto anterior, se presenta una tabla de puntuación para definir la mejor alternativa de solución.

**Tabla 10.**

*Matriz para la selección de alternativas.*

<b>Peso de cada impacto en cada solución. Se elige la de mayor impacto valor entre 0 y 100. Debe sumar 100%</b>							
<b>Peso</b>	<b>20%</b>	<b>20%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>30%</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Evalúe según la siguiente escala</b>
<b>Soluciones</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Impacto Social</b>	<b>Viabilidad Técnica</b>	<b>Facilidad de Implementación</b>	<b>Costo</b>		
Sistema integral de eficiencia energética para el sector hospitalario en Medellín.	9	8	9	9	8	8,6	<b>1 Sin Impacto</b>
Implementación de planta de generación geotérmica para el sector hospitalario en Medellín.	7	6	6	5	6	6	<b>3 Impacto bajo</b>
Modernización de equipos de iluminación sistema de motores eléctricos en el sector hospitalario en Medellín.	8	7	9	9	8	8,2	<b>5 Indiferente</b>
<b>Selección</b>						<b>8,6</b>	<b>9 Alto Impacto</b>

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

De las siguientes alternativas de solución:

1. Sistema integral de eficiencia energética para el sector hospitalario en Medellín.
2. Implementación de planta de generación geotérmica para el sector hospitalario en Medellín.
3. Modernización de equipos de iluminación sistema de motores eléctricos en el sector hospitalario en Medellín.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

La solución que reúne todos los criterios de selección, la cual pasa a etapa de inversión, es la alterativa N°1, esta alternativa es la más viable para la ejecución, ya que abarca los tres objetivos específicos directos: implementación de tecnologías amigables con el medio ambiente, manejo eficiente de recursos y reducción de dependencia de fuentes no renovables. Las alternativas 2 y 3 no son viables debido a su enfoque limitado y su incapacidad para cubrir todos los objetivos establecidos en el proyecto.

## 2. Marco de Referencia

El capítulo 2 proporciona los elementos fundamentales para comprender el entorno en el que se desarrollará el proyecto, integrando cuatro dimensiones clave: el marco contextual, que describe las condiciones sociales, económicas, culturales, educativas y de servicios públicos del hospital san Vicente fundación de Medellín; el marco legal, que recopila la normativa vigente en materia de eficiencia energética y fuentes de energía no convencionales; la información de antecedentes, que refleja experiencias previas y estudios relevantes en el sector hospitalario; y el marco teórico, que fundamenta conceptualmente la importancia de la gestión energética eficiente

### 2.1 Marco contextual

#### Población

En términos generales, la distribución de la población actual es la siguiente: el hospital san vicente fundación de Medellín según el informe de sostenibilidad 2023, recibió en sus instalaciones de la sede de Medellín un total de 24.832 personas, las cuales se pueden evidenciar su clasificación incluyendo la región del país de donde provienen, en la siguiente tabla.

**Tabla 11.**

*Población hospital san vicente fundación Medellín.*

Ubicación geográfica de la población atendida	Hospital sede Medellín
Medellín	12734
Otros municipios del valle de Aburrá	3859

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Rionegro	169
Otros municipios del oriente de Antioquia	599
Otros municipios de Antioquia	5582
Choco	380
Otros departamentos	1113
Otros países	396
<b>Total</b>	<b>24.832</b>

Nota: Elaboración propia con información tomada de (Fundación San Vicente, 2023)

Medellín cuenta con una población diversa que accede a los servicios de salud del hospital san vicente fundación. En 2023, este hospital atendió a 24.832 pacientes, lo que representa una parte importante de la demanda hospitalaria de la ciudad. La mayoría de los pacientes atendidos en el hospital de Medellín provienen de la propia ciudad (12.734 personas), seguido de otros distritos del Valle de Aburrá (3.859 personas) y de Antioquia en general.

También se atendieron pacientes de otros departamentos e incluso de otros países. El hospital brinda atención a todas las edades, con una mayor concentración en adultos (27-59 años) y adultos mayores (60 años o más). En 2023, se atendieron a 2.902 adultos y 2.725 adultos mayores, lo que refleja una creciente demanda de servicios especializados para estas poblaciones.

En cuanto a poblaciones especiales en condiciones de vulnerabilidad se tiene la siguiente distribución:

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

- **Pacientes internacionales:** 1.388 personas.
- **Población con riesgos sociales (ICBF/Comisaría de Familia):** 758 personas.
- **Personas en situación de calle:** 199 personas.
- **Población indígena:** 353 personas.
- **Desplazados:** 280 personas

### Cultura

Medellín se destaca por su cultura de innovación y resiliencia, valores que también se reflejan en el sector hospitalario. El hospital san vicente fundación ha mantenido, a lo largo de su historia, un enfoque en la humanización del servicio, la ética médica y la transparencia en la atención al paciente. su compromiso con la excelencia le ha permitido ser un referente en la ciudad para el cuidado de la vida y la dignidad de las personas.

Desde su fundación en 1675, Medellín ha pasado de ser una ciudad colonial a convertirse en un centro industrial y comercial de Colombia. Su cultura es una mezcla de tradición paisa y modernidad, destacándose por su hospitalidad, innovación y espíritu de superación. En las últimas décadas, la ciudad ha sido reconocida mundialmente por su transformación social y urbana, que ha mejorado la calidad de vida de sus habitantes.

El hospital fundación san vicente no sólo atiende a la población en general, sino también a comunidades vulnerables, entre ellas personas en situación de calle, indígenas y desplazados. Esto refleja la diversidad de la ciudad y el compromiso de Medellín con la inclusión social y la equidad en salud. (Nación Paisa, 2025)

## **Economía**

La economía del hospital san vicente fundación de Medellín se define como un sistema de gestión orientado a garantizar la sostenibilidad financiera de la institución, asegurando la prestación de servicios de salud de calidad y con enfoque social. Esto implica equilibrar la generación de ingresos con un fuerte compromiso ético y la reinversión en infraestructura, talento humano e innovación médica.

**Modelo sin ánimo de lucro:** Los beneficios excedentes no se distribuyen entre los accionistas, sino que se reinvierten en mejorar los servicios, la infraestructura hospitalaria, la investigación y los programas sociales.

**Diversificación de ingresos:** Servicios hospitalarios, quirúrgicos, y ambulatorios. alianzas con universidades y centros de investigación para proyectos académicos y científicos. gestión de recursos a través de convenios con el estado, donaciones y cooperación internacional.

**Compromiso con el acceso equitativo:** Políticas tarifarias ajustadas a la capacidad económica de los pacientes. programas que benefician a poblaciones vulnerables, subsidiados con recursos internos y externos.

## **Educación**

Medellín ha logrado posicionarse como un centro educativo de referencia en Colombia, con una amplia oferta de instituciones de educación básica, media y superior. la ciudad ha trabajado por mejorar el acceso a la educación y fortalecer la calidad académica.

En cuanto a cobertura educativa, según datos oficiales, en 2022 la cobertura educativa en Medellín alcanzó cifras en educación básica y media de más de 450.000 estudiantes matriculados

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

en instituciones públicas y privadas, en cuando a educación superior aproximadamente 220.000 estudiantes están inscritos en universidades, centros técnicos y tecnológicos. (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2015-2022)

En cuanto a educación de niños de primera infancia se reflejan iniciativas como buen comienzo, que brinda atención integral a más de 80.000 niños, garantizando su desarrollo desde los primeros años de vida. (Programa Buen Comienzo, 2022)

### **Empleo**

El sector hospitalario genera un número importante de empleos en Medellín. el hospital san vicente fundación cuenta con un amplio equipo de profesionales, entre ellos 1.056 enfermeras y 359 médicos (Fundación San Vicente, 2023). Además, el crecimiento del hospital y la implementación de proyectos de modernización energética pueden generar nuevas oportunidades laborales en áreas técnicas y operativas.

### **Servicios públicos**

En el valle de Aburrá, los servicios públicos son gestionados por diversas entidades que garantizan la cobertura y calidad en los 10 distritos que lo conforman, incluyendo a Medellín como eje principal. la región se caracteriza por contar con una sólida infraestructura y un sistema organizado de prestación de servicios. En Medellín, la prestación de los servicios públicos es reconocida por su calidad y alcance, gestionada principalmente por empresas públicas de Medellín (EPM), responsable de la mayoría de estos servicios. A continuación, se describen los principales servicios públicos de la ciudad:

**Energía eléctrica:** Empresas públicas de Medellín EPM, con generación basada principalmente en fuentes renovables como hidroeléctricas. (EPM, 2025)

**Acueducto y alcantarillado: Agua potable,** EPM garantiza agua de alta calidad para toda la ciudad, con infraestructura moderna de captación y distribución. fuentes principales: ríos y embalses como el Riogrande y la fe. **Alcantarillado,** amplia cobertura con plantas de tratamiento como San Fernando y aguas claras, que procesan las aguas residuales para reducir el impacto ambiental. (EPM, 2025)

**Gas natural:** Gestionado por EPM, con conexiones residenciales, comerciales e industriales. (EPM, 2025)

**Recolección y disposición de residuos:** Empresa Emvarias (parte de EPM) gestiona la recolección y el transporte de desechos. Promueve la separación en la fuente y el reciclaje. (EPM, 2025)

## 2.2 Marco Legal

En Colombia el marco normativo de servicios públicos está regulado por la **Ley 142 de 1994**, allí encontramos la energía eléctrica como un servicio público esencial, es aquí, donde surge esa necesidad de buscar alternativas no convencionales de producción de energía eléctrica,

aplicando a la conservación y administración eficiente de los recursos, en pro y mejora del medio ambiente.

Buscando precisamente, la eficiencia y medición inteligente de la energía, surge la renovación y el uso de fuentes no convencionales de energía eléctrica y es así como el legislador emite la **Ley 2099 de 2021**, a través de la cual, regula la gestión eficiente de la energía, la dinamización del mercado, el desarrollo y el fortalecimiento de los servicios públicos. se crea un fondo de energías no convencionales y gestión eficiente de la energía (FENOGE, 2023), en cabeza del ministro de minas y energía para promover, financiar y ejecutar planes como los de la energía renovable, objeto de este proyecto.

La norma también establece unos incentivos para promover la generación de energía eléctrica con fuentes no convencionales de energía renovable (FNCE, 2014), como deducción en la declaración de renta, exclusión del IVA en adquisición de bienes y servicios, incentivo arancelario y régimen de depreciación acelerada.

La **Ley 1715 de 2014** definió las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) como aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (PCH), la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Además, la ley de transición energética estableció como FNCE a otras fuentes como el hidrógeno verde y el hidrógeno azul.

La **Ley 697 de 2001** uso racional y eficiente de la energía (UREE), declara el uso racional y eficiente de la energía como un asunto de interés social, económico y ambiental, promoviendo incentivos y regulaciones para la eficiencia energética en el sector público y privado.

El **Decreto 926 de 2017** incentivos a la eficiencia energética, reglamenta la deducción de impuestos y otros incentivos financieros para proyectos que implementen sistemas de eficiencia energética y energías renovables en el sector hospitalario.

La **Resolución 585 de 2017** lineamientos de eficiencia energética en instituciones de salud, específica criterios para el diseño, implementación y monitoreo de medidas de eficiencia energética en hospitales y clínicas.

### **2.3 Antecedentes**

La problemática de la ineficiencia energética en la rama hospitalaria ha sido tratada en gran variedad de estudios tanto a nivel municipal como nacional, evidenciando la necesidad de implementar soluciones la necesidad de implementar soluciones que permitan mejorar las condiciones de consumo energético eh implementar fuentes de energía renovables. En este sentido, se han registrado antecedentes importantes en donde se muestran iniciativas de modernización tecnológica y de gestión sostenible de la energía, enmarcadas en políticas públicas y normativas específicas.

La legislación en materia de uso racional y eficiente de la energía ha jugado un papel fundamental en la promoción de proyectos de eficiencia energética en el sector salud. De sus más

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

importantes referentes en la ley se tienen dos que destacan que son la **Ley 697 de 2001** la cual trata sobre las bases para incentivar el uso racional de la energía, mientras que la **Ley 1715 de 2014** impulsa a el desarrollo y promueve la utilización de fuentes de energía renovable. Estas normativas han dado paso a la creación de mecanismos de financiamiento, además de incentivos fiscales y normatividad técnica que han permitido a varias instituciones hospitalarias inicien procesos de modernización tecnológica, guiadas a la incorporación de sistemas de iluminación led, plantas solares y una climatización optimizada.

Estudios como los mencionados en este documento han evidenciado que los hospitales como san vicente fundación, por la naturaleza crítica de sus equipos electrónicos especializados que requieren constante fluido eléctrico además de sus sistemas de calefacción eh iluminación presentan niveles de consumo energético elevados.

Investigaciones realizadas por entidades como la unidad de planeación minero-energética (UPME) han declarado que es esencial la modernización de las infraestructuras hospitalarias con el fin de generar importantes ahorros económicos y una reducción sustancial en las emisiones de gases de efecto invernadero que provienen principalmente de equipos de climatización antiguos. En Medellín, el interés por el desarrollo sostenible y la eficiencia energética se ha visto en los planes de desarrollo municipal y departamental, como lo son “Medellín Te Quiere” y “Por Antioquia Firme”. En estos planes se han impulsado proyectos que buscan no solo la reducción del consumo energético en las instituciones hospitalarias, sino también una búsqueda en la mejora de la calidad del servicio de salud mediante el ingreso de nuevas tecnologías en estas entidades quienes afrontan problemas constantes financieros. (UPME, 2007)

## 2.4 Marco teórico

Definiremos a la eficiencia energética como la capacidad para maximizar el rendimiento de un sistema eléctrico utilizando la menor cantidad de energía posible. En el sector hospitalario esta noción adquiere especial importancia debido a la gran demanda energética derivada del funcionamiento ininterrumpido de equipos médicos, climatización y la iluminación. El mejoramiento de estos sistemas no solo permite la reducción de costos financieros de la operación, sino que también contribuye significativamente a la disminución de agentes nocivos para el medio ambiente como gases de efecto invernadero, lo que favorecen la sostenibilidad ambiental.

La implementación de un sistema de gestión de la energía está basada en marcos normativos internacionales como la norma ISO 50001, que hace un enfoque para el monitoreo, control y mejora continua en el uso de la energía. Además, la implementación de metodologías de ayudan en el análisis, como la metodología general ajustada (MGA), permite identificar causas del alto consumo energético y la evaluación de alternativas tecnológicas y operativas. Este tipo de modelos teóricos facilitan la adaptación de estrategias orientadas a mejorar los procesos energéticos, permitiendo una gestión integral que abarca desde el diagnóstico hasta la implementación de soluciones.

El cambio hacia un modelo de consumo energético sostenible requiere la integración de tecnologías modernas que sustituyan los sistemas obsoletos por alternativas de alta eficiencia. teniendo en cuenta esto, la adopción de sistemas de última generación se fundamenta en teorías de expansión de la innovación, las cuales explican el proceso de adquisición y la inserción de

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

nuevas tecnologías en las organizaciones. Esto no solo permite mejorar la eficiencia energética, sino que también impulsa la competitividad y la modernización de los procesos operativos en el ámbito hospitalario.

El ámbito ambiental es un pilar esencial en la formulación de estrategias y políticas de eficiencia energética. La implementación de un plan integral en el sector hospitalario contribuye ampliamente al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), especialmente en lo que respecta a garantizar energía financieramente asequible y no nociva con el medio ambiente, además promoviendo maneras de combatir el cambio climático. Asimismo, la implementación de tecnologías limpias y prácticas de eficiencia energética tiene un impacto muy positivo en el sector de la salud pública, al mitigar la exposición a los contaminantes y promover ambientes de atención más saludables para las personas en general como pacientes, personal y comunidades. (Objetivos de desarrollo sostenible, 2015)

### 3. Preparación

En el **capítulo 3** de preparación del proyecto, se incluye una serie de análisis fundamentales que permiten estructurar adecuadamente la alternativa de solución. Esta sección aborda la evaluación de las necesidades que justifican la intervención, el análisis técnico de la alternativa seleccionada, su ubicación estratégica y los factores determinantes de dicha elección. También describe la cadena de valor relacionada con la implementación del proyecto y presenta los ingresos y beneficios esperados derivados del impacto positivo proyectado en el sector hospitalario.

#### 3.1. Estudio de necesidades

La baja eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de Medellín constituye un problema crítico con importantes impactos financieros, operativos y ambientales, que requiere la implementación urgente de soluciones. El Hospital Fundación San Vicente, caso representativo, presenta un consumo mensual superior a 1.000.000 kWh y un índice de eficiencia energética de 370 kWh/m<sup>2</sup>/año, superando en un 48% el límite recomendado por estándares internacionales como ASHRAE (250 kWh/m<sup>2</sup>/año). Esto genera emisiones anuales de más de 2.500 toneladas de CO<sub>2</sub> (Fundación San Vicente, 2023) (UPME, 2007).

Por lo anterior, se identificaron necesidades prioritarias que apuntan a la instalación de planta solar fotovoltaica para la autogeneración de energía limpia en el hospital, con el fin de reducir la dependencia de fuentes no renovables y garantizar una mayor autonomía energética en los entornos hospitalarios.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Además, existe una clara necesidad de modernizar los sistemas de iluminación y aire acondicionado, que representan hasta el 60% del consumo energético en estos hospitales, según la UPME (UPME, 2007). Asimismo, se destaca la importancia de desarrollar un plan de capacitación en eficiencia energética para el personal hospitalario, lo que fortalecerá la conciencia institucional y fomentará una cultura organizacional orientada a la sostenibilidad. Estas acciones están alineadas con los objetivos del programa para el uso racional y eficiente de la energía (PROURE, 2022-2030), y se sustentan en los incentivos establecidos por la Ley 1715 de 2014 y la Ley 2099 de 2021, que promueven el uso de fuentes de energía no convencionales y la gestión eficiente en sectores estratégicos como la salud.

**Tabla 12.**

*Estudio de necesidades, bien o servicio a satisfacer 1*

Bien o servicio	Medido a través de	Descripción	Descripción Oferta	Descripción Demanda	Inicio historia	Final historia	Último año
Planta solar fotovoltaica para autogeneración de energía en el sector hospitalario de Medellín.	Unidad	Sistema de energía solar compuesto por paneles monocristalinos de alta eficiencia (300–450 W) instalados, diseñado para cubrir una parte significativa del consumo energético del hospital.	Hospitales de Medellín a los cuales se les ha implementado una planta solar fotovoltaica para autogeneración de energía.	Hospitales de Medellín los cuales necesitan que sea implementada una planta solar fotovoltaica para autogeneración de energía.	2020	2025	2030

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 13.**

*Serie histórica con la cuantificación del “Déficit”.*

<b>Año</b>	<b>Oferta</b>	<b>Demanda</b>	<b>Déficit</b>
2020	0	10	-10
2021	0	10	-10
2022	0	10	-10
2023	0	10	-10
2024	0	10	-10
2025	0	10	-10
2026	0	10	-10
2027	0	10	-10
2028	0	10	-10
2029	0	10	-10
2030	0	10	-10

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 14.**

*Estudio de necesidades, bien o servicio a satisfacer 2*

<b>Bien o servicio</b>	<b>Medido a través de</b>	<b>Descripción</b>	<b>Descripción Oferta</b>	<b>Descripción Demanda</b>	<b>Inicio historia</b>	<b>Final historia</b>	<b>Último año</b>
Optimización energética de sistemas de iluminación y climatización en el sector hospitalario de Medellín.	Unidad	Modernización con luminarias led y controladores de luz natural, junto con la optimización de climatización mediante equipos eficientes y controles inteligentes.	Hospitales de Medellín a los cuales se les ha implementado la optimización energética de sistemas de iluminación y climatización.	Hospitales de Medellín los cuales necesitan que sea implementada la optimización energética de sistemas de iluminación y climatización.	2020	2025	2030

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 15.***Serie histórica con la cuantificación del “Déficit”.*

<b>Año</b>	<b>Oferta</b>	<b>Demanda</b>	<b>Déficit</b>
2020	0	10	-10
2021	0	10	-10
2022	0	10	-10
2023	0	10	-10
2024	0	10	-10
2025	0	10	-10
2026	0	10	-10
2027	0	10	-10
2028	0	10	-10
2029	0	10	-10
2030	0	10	-10

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)**Tabla 16.***Estudio de necesidades, bien o servicio a satisfacer 3*

<b>Bien o servicio</b>	<b>Medido a través de</b>	<b>Descripción</b>	<b>Descripción Oferta</b>	<b>Descripción Demanda</b>	<b>Inicio historia</b>	<b>Final historia</b>	<b>Último año</b>
Manual técnico y plan de capacitación en eficiencia energética para el sector hospitalario de Medellín.	Unidad	Capacitación en el uso eficiente de la energía, promoviendo una cultura de sostenibilidad. Manual técnico con conceptos clave, normativas, buenas prácticas. Plan de formación incluye cuatro módulos presenciales de 20 horas cada uno, abordando fundamentos, tecnologías, monitoreo y estrategias.	Hospitales de Medellín los cuales cuentan con manuales técnicos y plan de capacitación en eficiencia energética.	Hospitales de Medellín los cuales necesitan que sean implementados manuales técnicos y plan de capacitación en eficiencia energética.	2020	2025	2030

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 17.**

*Serie histórica con la cuantificación del “Déficit”.*

<b>Año</b>	<b>Oferta</b>	<b>Demanda</b>	<b>Déficit</b>
2020	0	10	-10
2021	0	10	-10
2022	0	10	-10
2023	0	10	-10
2024	0	10	-10
2025	0	10	-10
2026	0	10	-10
2027	0	10	-10
2028	0	10	-10
2029	0	10	-10
2030	0	10	-10

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

### **3.2. Análisis técnico de la alternativa**

Como se analizó en el punto 1.6 del presente trabajo de grado, para contribuir a revertir la baja eficiencia energética en el sector hospitalario de Medellín, se seleccionó una alternativa integral que incluye tres componentes estratégicos: la implementación de una planta solar fotovoltaica autogenerada, la modernización de los sistemas de iluminación y climatización, y el desarrollo de un manual técnico con un plan de capacitación en eficiencia energética. Esta alternativa se eligió por su alto impacto ambiental y social, su viabilidad técnica y su alineamiento con las políticas nacionales de transición energética.

La planta solar fotovoltaica es una solución robusta para reducir la dependencia del hospital de las fuentes de energía convencionales. El sistema se compone de paneles solares monocristalinos de alta eficiencia con una capacidad de 300 a 450 W por unidad, dispuestos en la cubierta del hospital para maximizar la captación de la radiación solar. El sistema incluye un

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

inversor solar trifásico que convierte la energía generada de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), compatible con la red eléctrica interna del hospital. Además, se instala un banco de baterías de litio de alta densidad energética, capaz de almacenar la energía generada durante el día para su uso nocturno o en situaciones críticas. El sistema cuenta con un controlador de carga inteligente que gestiona el flujo de energía a las baterías y las protege contra sobrecargas, y un sistema de monitorización remota para visualizar el rendimiento en tiempo real. Esta solución garantiza una autonomía parcial, mejora la resiliencia energética ante fallos externos del sistema.

La modernización de los sistemas de iluminación y climatización, la optimización de la iluminación se compone de la sustitución de luminarias fluorescentes y halógenas por paneles LED, luminarias tubulares T8, con eficiencias superiores a 120 lm/W y una vida útil superior a 50.000 horas. Además, se incorporan sensores de presencia y movimiento, fotocélulas y temporizadores programables, así como sistemas de aprovechamiento de la luz natural, integrados mediante una red domótica básica. La climatización se optimiza mediante la instalación de equipos de aire acondicionado minisplit o de techo con tecnología inverter, que modulan la velocidad del compresor en función de la carga térmica, mejorando la eficiencia energética hasta en un 30% en comparación con los equipos convencionales. Estos sistemas se interconectan a controladores inteligentes con sensores de temperatura y humedad, que ajustan automáticamente los parámetros de funcionamiento en función de la ocupación, la hora del día y las características térmicas del espacio. Esta estrategia mejora el confort, reduce la sobrecarga de los equipos y prolonga la vida útil del sistema.

El componente de capacitación y gestión del conocimiento se aborda mediante el desarrollo de un manual técnico de eficiencia energética, que incluye información clave para la

operación eficiente del sistema. El documento abarca conceptos fundamentales, beneficios esperados, normativa nacional aplicable (Ley 697 de 2001, Ley 1715 de 2014, Ley 2099 de 2021) y buenas prácticas en iluminación, aire acondicionado. También contiene un diagrama unifilar del sistema eléctrico general, detallando la subestación, los transformadores (relación de transformación), los niveles máximos de cortocircuito (trifásicos y monofásicos) y los criterios de coordinación y ajuste de las protecciones. Simultáneamente, se cuenta con un plan de capacitación, estructurado en cuatro módulos de 20 horas, que abordan fundamentos de eficiencia energética, tecnologías, monitoreo y control de la energía, y planes de mejora continua.

### **3.3. Localización**

Medellín es la capital del departamento de Antioquia, ubicada al noroeste de Colombia, en la región conocida como el Valle de Aburrá, a una altitud aproximada de 1.495 metros sobre el nivel del mar, su ubicación estratégica en la cordillera de los Andes Centrales le otorga un entorno montañoso.

Al noreste de la ciudad se encuentra el hospital San Vicente Fundación, uno de los centros médicos más representativos de Medellín. Se ubica en la Carrera 51D #62-29, en el barrio Sevilla de la Comuna 4-Aranjuez, cerca del Parque Norte y del Jardín Botánico. Sus coordenadas geográficas son  $6.263335^{\circ}$  N,  $-75.564793^{\circ}$ . Esta ubicación estratégica dentro del tejido urbano le permite atender eficientemente a una amplia población de pacientes no sólo del Valle de Aburrá sino también de otras regiones del país.

**Ilustración 3.**

*Localización geográfica del hospital San Vicente Fundación.*



*Nota:* Elaboración propia con información tomada de (QGIS.org, 2024)

**3.3.1 Localización de la alternativa**

El proyecto será desarrollado en el departamento de Antioquia, en el distrito de Medellín, en el hospital San Vicente Fundación, ubicado específicamente en la carrera 51D #62-29, al nororiente de la ciudad, ver detalle en tabla 12.

**Tabla 18.**

*Lugar de ejecución del proyecto.*

<b>Región</b>	<b>Departamento</b>	<b>Municipio</b>	<b>Centro Poblado</b>	<b>Localización específica</b>
Andina	Antioquia	Medellín	Cabecera municipal	Latitud 6.263335° N Longitud -75.564793° W

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

### **3.3.2. Factores analizados**

Los factores que se tuvieron en cuenta en el análisis para la localización de la alternativa de solución se listan a continuación:

#### **a. Aspectos administrativos y políticos:**

Con el apoyo de políticas públicas distritales, departamentales y nacionales orientadas a la sostenibilidad y la eficiencia energética, Medellín cuenta con una estructura administrativa moderna que facilita la implementación de proyectos de transición energética, tal como se contempla en el plan distrital de desarrollo «Medellín Te Quiere» (2024-2027) y el Programa Nacional PROURE. Además, el hospital es una entidad sin ánimo de lucro con amplia experiencia administrativa y capacidad técnica para gestionar proyectos de innovación energética, lo que facilita la coordinación con entidades gubernamentales como la UPME, el Ministerio de Minas y Energía y la Alcaldía de Medellín. Adicional, de acuerdo con los enfoques dados por la ONU en los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) de aquí a 2030, se espera aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas, por lo cual los planes de desarrollo tanto nacional como departamental y municipal buscan aportar a dicho objetivo por medio de programas enfocados en la implementación de sistemas de generación de energía renovables tales como los solares fotovoltaicos.

#### **b. Disponibilidad de servicios públicos domiciliarios (Agua, energía y otros):**

El hospital San Vicente Fundación se ubica en una zona completamente urbanizada del distrito de Medellín, con acceso garantizado a todos los servicios públicos esenciales. El suministro eléctrico lo proporciona Empresas Públicas de Medellín (EPM), empresa reconocida

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

por su cobertura, calidad y estabilidad. También cuenta con redes de agua, alcantarillado, gas natural, telecomunicaciones y recolección de residuos sólidos, lo que garantiza la operación continua del hospital y la integración eficiente de nuevas tecnologías, como la energía fotovoltaica y los sistemas de climatización eficientes.

### **c. Cercanía a la población objetivo.**

El hospital se ubica en el centro urbano del distrito de Medellín, específicamente en la comuna 4–Aranjuez, lo que facilita el acceso a pacientes, personal médico y administrativo. Según datos de 2023, más de 24.000 personas fueron atendidas en este centro, incluyendo pacientes de Medellín, el Valle de Aburrá, otros municipios de Antioquia e incluso de otros departamentos y países. Esta ubicación central garantiza la atención directa a la población objetivo, lo que facilita un impacto positivo en la calidad del servicio y la optimización de los recursos energéticos para beneficio de los usuarios y trabajadores del sistema hospitalario.

### **d. Factores ambientales.**

El hospital se ubica en una zona urbana que no presenta restricciones ambientales importantes para la implementación de infraestructura energética. No se encuentra en reservas naturales, humedales ni áreas de conservación. Además, el clima templado de Medellín y la radiación solar promedio (aproximadamente 4,5-5,0 kWh/m<sup>2</sup>/día) permiten la instalación eficiente de paneles solares en terrazas. Desde una perspectiva ambiental, la alternativa seleccionada contribuye directamente a la reducción de la huella de carbono del hospital, a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y al cumplimiento de los compromisos locales e internacionales en materia de cambio climático.

### 3.4. Cadena de valor

De acuerdo con el análisis realizado en el planteamiento del problema, se selecciona como mejor alternativa de solución la implementación de un sistema integral de eficiencia energética para el sector hospitalario en Medellín, para lo anterior, en las siguientes tablas se realiza un desglose de las actividades necesarias del producto a entregar y se cuantifica su valor.

**Tabla 19.**

*Cadena de valor 1 del proyecto.*

Objetivo específico	Bien o Servicio	Etapa	Actividad	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables.	Planta solar fotovoltaica para autogeneración de energía en el sector hospitalario de Medellín.	Inversión	Realizar evaluación inicial y estudio de viabilidad técnica para autogeneración de energía.	1	\$47.050.000	\$47.050.000
		Inversión	Diseñar el sistema solar fotovoltaico.	1	\$32.000.000	\$32.000.000
		Inversión	Obtener permisos y licencias para la interconexión con EPM.	1	\$18.000.000	\$18.000.000
		Inversión	Realizar la adquisición de materiales y equipos.	1	\$91.500.000	\$91.500.000
		Inversión	Realizar la instalación de soportes y estructuras.	1	\$48.950.000	\$48.950.000
		Inversión	Realizar la instalación de equipos especializados.	1	\$77.050.000	\$77.050.000
		Inversión	Realizar la instalación de paneles solares.	1	\$34.200.000	\$34.200.000
		Inversión	Realizar la instalación de red eléctrica y sistema de comunicaciones.	1	\$113.400.000	\$113.400.000

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Objetivo específico	Bien o Servicio	Etapa	Actividad	Cantidad	Valor unidad	Valor total
		Inversión	Realizar inspección y pruebas.	1	\$25.000.000	\$25.000.000
		Inversión	Administración	1	\$534.000.000	\$534.000.000
<b>VALOR TOTAL</b>					<b>\$1.021.150.000</b>	

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 20.**

*Cadena de valor 2 del proyecto.*

Objetivo específico	Bien o Servicio	Etapa	Actividad	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Implementar tecnologías energéticas amigables con el medio ambiente.	Optimización energética de sistemas de iluminación, climatización en el sector hospitalario de Medellín.	Inversión	Realizar análisis de calidad de la energía.	1	\$23.900.000	\$23.900.000
		Inversión	Realizar inspección termográfica.	1	\$23.700.000	\$23.700.000
		Inversión	Realizar estudio de sistema de puesta a tierra y sistema de protección contra descargas atmosféricas.	1	\$23.600.000	\$23.600.000
		Inversión	Realizar levantamiento de diagramas unifilares de las instalaciones eléctricas.	1	\$22.700.000	\$22.700.000
		Inversión	Realizar sustitución de luminarias convencionales por tecnología led.	1	\$237.850.000	\$237.850.000
		Inversión	Realizar automatización y control de equipos de climatización antiguos.	1	\$305.350.000	\$305.350.000

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Objetivo específico	Bien o Servicio	Etapa	Actividad	Cantidad	Valor unidad	Valor total
		Inversión	Realizar inspección y pruebas.	1	\$34.000.000	\$34.000.000
		Inversión	Administración	1	\$401.200.000	\$401.200.000
<b>VALOR TOTAL</b>					<b>\$1.072.300.000</b>	

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 21.**

*Cadena de valor 3 del proyecto.*

Objetivo específico	Bien o Servicio	Etapa	Actividad	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Mejorar el manejo de los recursos en procesos industriales ineficientes	Manual técnico y plan de capacitación en eficiencia energética para el sector hospitalario de Medellín.	Inversión	Elaborar documento manual técnico de eficiencia energética.	1	\$158.000.000	\$158.000.000
		Inversión	Difusión del proyecto.	1	\$52.400.000	\$52.400.000
		Inversión	Elaborar un programa de capacitación sobre el uso racional y eficiente de la energía.	1	\$216.000.000	\$216.000.000
		Inversión	Administración	1	\$453.600.000	\$453.600.000
<b>VALOR TOTAL</b>					<b>\$880.000.000</b>	

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

A continuación, se presentan en la siguiente tabla los valores totales de la cadena de valor.

**Tabla 22***Valor total del proyecto*

<b>Bien o Servicio</b>	<b>Valor Total</b>
Planta solar fotovoltaica para autogeneración de energía en el sector hospitalario de Medellín.	\$1.021.150.000
Optimización energética de sistemas de iluminación, climatización en el sector hospitalario de Medellín.	\$1.072.300.000
Manual técnico y plan de capacitación en eficiencia energética para el sector hospitalario de Medellín.	\$880.000.000
<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>\$2.973.450.000</b>

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

### 3.5. Análisis de riesgos

En la siguiente tabla se presenta la matriz de riesgos del proyecto, en la cual se analizan los principales riesgos a los que puede estar inmerso el proyecto, sus efectos y las medidas para mitigarlos. Esta tabla clasifica los riesgos por nivel (propósito, componentes y actividades), incluyendo su descripción, tipo, probabilidad, impacto, efecto esperado y las respectivas medidas de mitigación propuestas.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

**Tabla 23.***Matriz de riesgo del proyecto.*

Nivel de Clasificación	Nombre	Descripción del riesgo	Tipo de riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medida de mitigación
1-Propósito (Objetivo general)	Aumentar la eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de Medellín.	No aprobación del plan por el concejo municipal.	Administrativos	2. Improbable	4. Mayor	Que el plan de desarrollo para la gestión de emisiones mediante planes de eficiencia energética. no sea aprobado ni adoptado por el concejo municipal.	Se realizan adecuadas gestiones para la obtención de los recursos económicos para el desarrollo del proyecto.
2-Componente (Productos)	Servicio de apoyo financiero para otorgar incentivos a la gestión eficiente de la energía	Cambios en las políticas gubernamentales o en los incentivos.	Operacionales	2. Improbable	3. Moderado	Incertidumbre sobre la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto.	Existen incentivos y políticas de apoyo que facilitan la adopción de tecnologías energéticas sostenibles.
2-Componente (Productos)	Servicio de apoyo financiero para otorgar incentivos a la gestión eficiente de la energía	Condiciones climáticas adversas.	Operacionales	3. Moderado	4. Mayor	Reducción en la eficiencia de la generación de energía por las afectaciones climáticas.	Se cuenta con la infraestructura adecuada e interventoría necesaria para la implementación de planta de autogeneración fotovoltaica.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

3-Actividad	Realizar sustitución de luminarias convencionales por tecnología led	Problemas técnicos o errores durante la instalación de las nuevas tecnologías energéticas.	Operacionales	3. Moderado	4. Mayor	Retrasos en la puesta en marcha del sistema de eficiencia energética, incremento en los costos del proyecto.	Se dispone de un equipo de ingenieros calificados para adecuada sustitución y automatización.
3-Actividad	Realizar automatización y control de equipos de climatización antiguos.	Fallas en los equipos de medición y en los sistemas de automatización.	Operacionales	2. Improbable	3. Moderado	Pérdida de precisión en las mediciones o interrupciones en el proceso automatizado.	Equipos de medición calibrados y personal capacitado para su manejo.
3-Actividad	Obtener permisos y licencias para la interconexión con EPM.	Errores en la interpretación y aplicación de las normativas y requisitos técnicos de interconexión.	Operacionales	3. Moderado	3. Moderado	Retrasos y costos adicionales debido a la no conformidad en la interconexión.	Se dispone de un equipo de ingenieros calificados para desarrollar el proyecto solar fotovoltaico. Las normativas y requisitos establecidos por EPM para la interconexión están claramente definidos.

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

### 3.6. Ingresos y beneficios

El cálculo de los beneficios del proyecto se realizó mediante el método de **costos evitados**. a continuación, se relaciona el análisis de los beneficios de la alternativa elegida: sistema integral de eficiencia energética para el sector hospitalario en Medellín.

- **Beneficios:** Reducción del consumo de energía eléctrica en kwh en el hospital San Vicente fundación de Medellín. Ahorro en kwh resultante de la implementación de tecnología eficiente (iluminación LED, sistemas de climatización) y de la instalación de la planta de autogeneración fotovoltaica.
- **Tarifa de energía de EPM:** 818 \$/kwh para exentos (Hospitales) Art 87.3 y 89.1 de la ley 142 de 1994.

A continuación, se presentan tablas donde se especifican los beneficios de la alternativa de solución, incluyendo la proyección del valor total del ahorro energético a lo largo de un periodo de cinco años, *el beneficio por concepto de planta de autogeneración fotovoltaica, es el que se encuentra relacionado en la MGA.*

**Tabla 24.**

*Beneficios proyectados por concepto de planta de autogeneración fotovoltaica.*

Tipo	Descripción	Medido a través de	Bien producido	RPC	Descripción cantidad	Descripción valor unitario
Beneficio	Reducción del consumo energético: ahorro en kWh resultante de la implementación de la	Numero	Otros	0,80	<b>kWh ahorrados anualmente:</b> el hospital consume aproximadamente 350.000kwh mensuales. la planta solar cubre el 35%	<b>Tarifa de energía de EPM:</b> 818 \$/kwh para exentos (hospitales) art 87.3 y

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

planta de autogeneración fotovoltaica en el hospital, la cual cubrirá el 35% del consumo del mismo.	del consumo. El ahorro mensual sería: 350.000 kWh x 35% = 122.500 kWh. Multiplicados por los 12 meses del año la cantidad sería: 1.470.000kwh anual.	89.1 de la ley 142 de 1994.	
<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
00	0	\$ 0	\$ 0
01	1.470.000	\$ 818	\$ 1.202.460.000,00
02	1.470.000	\$ 818	\$ 1.202.460.000,00
03	1.470.000	\$ 818	\$ 1.202.460.000,00
04	1.470.000	\$ 818	\$ 1.202.460.000,00
05	1.470.000	\$ 818	\$ 1.202.460.000,00

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 25.**

*Beneficios proyectados por concepto de cambio de luminarias a tecnologías led.*

Tipo	Descripción	Medido a través de	Bien producido	RPC	Descripción cantidad	Descripción valor unitario
Beneficio	Reducción del consumo energético: ahorro en kwh resultante del cambio de luminarias a tecnologías led en el hospital, la cual cubrirá el 80% del consumo de la iluminación.	Numero	Otros	0,80	<p><b>kwh ahorrados anualmente:</b> el hospital consume aproximadamente en iluminación 85.000 kwh mensuales. El cambio de iluminación ahorrara el 80% del consumo. el ahorro mensual sería: 85.000 kwh x 80% = 68.000 kwh. Multiplicados por los 12 meses del año la cantidad sería: 810.000kwh anual.</p>	<p><b>Tarifa de energía de EPM:</b> 818 \$/kwh para exentos (hospitales) art 87.3 y 89.1 de la ley 142 de 1994.</p>
<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>			
00	0	\$ 0	\$ 0			
01	810.000	\$ 818	\$ 662.580.000,00			
02	810.000	\$ 818	\$ 662.580.000,00			
03	810.000	\$ 818	\$ 662.580.000,00			

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

04	810.000	\$ 818	\$ 662.580.000,00
05	810.000	\$ 818	\$ 662.580.000,00

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 26.**

*Beneficios proyectados por concepto de automatización de sistema de climatización.*

Tipo	Descripción	Medido a través de	Bien producido	RPC	Descripción cantidad	Descripción valor unitario
Beneficio	Reducción del consumo energético: ahorro en kwh resultante de la automatización de sistema de climatización en el hospital, la cual cubrirá el 75% del consumo del sistema de climatización.	Numero	Otros	0,80	<p><b>kwh ahorrados anualmente:</b> el hospital consume aproximadamente en climatización 160.000 kwh mensuales. La automatización del sistema ahorrara el 65% del consumo. el ahorro mensual sería: 160.000 kwh x 65% = 104.000 kwh. Multiplicados por los 12 meses del año la cantidad sería: 1.248.000kwh anual.</p>	<p><b>Tarifa de energía de EPM:</b> 818 \$/kwh para exentos (hospitales) art 87.3 y 89.1 de la ley 142 de 1994.</p>
	<b>Periodo</b>		<b>Cantidad</b>		<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
	00		0		\$ 0	\$ 0
	01		1.248.000		\$ 818	\$ 1.020.864.000,00
	02		1.248.000		\$ 818	\$ 1.020.864.000,00
	03		1.248.000		\$ 818	\$ 1.020.864.000,00
	04		1.248.000		\$ 818	\$ 1.020.864.000,00
	05		1.248.000		\$ 818	\$ 1.020.864.000,00

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

Para concluir el análisis se presenta en la siguiente tabla el total de los ingresos y beneficios que se están proyectando para el proyecto en 5 años.

**Tabla 27.**

*Total, de ingresos y beneficios proyectados.*

<b>Periodo</b>	<b>Total, ingresos y beneficios</b>
Año 1	\$ 2.885.904.000,00
Año 2	\$ 2.885.904.000,00
Año 3	\$ 2.885.904.000,00
Año 4	\$ 2.885.904.000,00
Año 5	\$ 2.885.904.000,00
<b>Total, proyecto</b>	<b>\$ 14.429.520.000,00</b>

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

En el **capítulo 4**, la evaluación del proyecto determina su viabilidad económica mediante el análisis proyectado y la aplicación de indicadores financieros. Esta sección presenta los resultados y los criterios de decisión utilizados para evaluar la rentabilidad y la sostenibilidad de la alternativa propuesta.

#### **4. Evaluación**

El propósito de este capítulo es evaluar la conveniencia de implementar la solución propuesta, considerando que los recursos de inversión pública son limitados y, por lo tanto, deben asignarse eficientemente. La evaluación realizada en esta sección busca determinar si la alternativa seleccionada genera resultados significativos en términos de bienestar colectivo, con base en un análisis comparativo de los beneficios proyectados y la disponibilidad de los bienes y servicios generados.

##### **4.1. Flujo económico**

El flujo económico proyectado para la alternativa seleccionada se estructuró con base en los beneficios derivados de la implementación de un sistema integral de eficiencia energética en el hospital San Vicente Fundación de Medellín, considerando un horizonte de evaluación de cinco años. Utilizando la metodología general ajustada (MGA), se cuantificaron los ahorros energéticos obtenidos por la instalación de una planta solar fotovoltaica, la modernización de luminarias con tecnología LED y la optimización del sistema de aire acondicionado mediante equipos de alta eficiencia. Los beneficios estimados se basan en un consumo energético actual y se proyectan con un aumento sostenido del ahorro anual, ajustado por las tendencias del precio de la energía y la eficiencia tecnológica alcanzada.

Este flujo también incorpora la inversión inicial y los costos operativos, lo que permite construir el flujo de caja neto. La estructura del flujo económico responde a los criterios establecidos por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), garantizando la consistencia técnica y la coherencia con las políticas públicas del país en materia de sostenibilidad energética.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

**Tabla 28.***Flujo económico del proyecto.*

<b>P</b>	<b>Beneficios e ingresos (+)</b>	<b>Créditos (+)</b>	<b>Costos de preinversión (-)</b>	<b>Costos de inversión (-)</b>	<b>Costos de operación (-)</b>	<b>Amortización (-)</b>	<b>Intereses de los créditos (-)</b>	<b>Valor de salvamento (+)</b>	<b>Flujo neto</b>
00	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 2.865.976.500,00	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	-\$ 2.865.976.500,00
01	\$ 961.968.000,00	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 961.968.000,00
02	\$ 961.968.000,00	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 961.968.000,00
03	\$ 961.968.000,00	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 961.968.000,00
04	\$ 961.968.000,00	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 961.968.000,00
05	\$ 961.968.000,00	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 961.968.000,00

*Nota. (Elaboración propia, 2025)*

#### 4.2. Indicadores de decisión (Evaluación económica)

Se definen tres grupos de indicadores de decisión o evaluación económica para definir la conveniencia o viabilidad de implementar la alternativa de solución seleccionada: indicadores de rentabilidad, indicadores de costo - eficiencia e indicadores de costo mínimo. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con el flujo económico del proyecto.

**Tabla 29.**

*Evaluación económica del proyecto.*

Indicadores de rentabilidad			Indicadores de costo-eficiencia	Indicadores de costo mínimo	
Valor Presente Neto (VPN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Relación Costo Beneficio (RCB)	Costo por beneficiario	Valor presente de los costos	Costo Anual Equivalente (CAE)
\$ 875.743.546,50	20,17 %	1,31	\$ 115.414,65	\$ 2.865.976.500,00	\$ 195.220.561,61

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

Tomando como base los resultados obtenidos se puede concluir que la alternativa de solución es viable económicamente ya que sus indicadores de rentabilidad muestran un valor Presente Neto (VPN) mayor a \$0, una Tasa Interna de Retorno (TIR) superior al 9% y una Relación Costo Beneficio (RCB) mayor que 1. Todo lo anterior resalta los beneficios sociales que tendrá el desarrollo del proyecto. Estos resultados no solo validan la sostenibilidad financiera de la intervención, sino que también evidencian su impacto favorable en términos de bienestar social. El desarrollo del proyecto contribuye directamente al logro de sus objetivos, como la

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

reducción del consumo energético en el sector hospitalario, la incorporación de tecnologías limpias y eficientes, el fortalecimiento de las capacidades institucionales y la promoción de una cultura organizacional centrada en la sostenibilidad ambiental y el uso racional de la energía.

Ahora, los efectos positivos se relacionan directamente con la capacidad y con la población beneficiaria atendida por cada una de las alternativas de solución. Los indicadores por excelencia para la toma de decisiones son: el costo por capacidad y el costo por beneficiario, que determinan un valor unitario comparable entre alternativas. Aunque al proyecto analizado en el presente trabajo de grado solo se le realiza evaluación económica a la alternativa seleccionada, es importante tener presente estos indicadores si se va a efectuar una comparación con otro proyecto de características similares. En la siguiente tabla se presenta el costo por capacidad del proyecto.

**Tabla 30.**

*Costo por capacidad del proyecto.*

<b>Producto</b>	<b>Costo unitario (valor presente)</b>
Servicio de gestión de cooperación para el desarrollo minero energético sostenible. (Implementar tecnologías energéticas amigables con el medio ambiente)	\$ 50.623.450,00
Documentos de lineamientos técnicos. (Mejorar el manejo de los recursos en procesos industriales ineficientes)	\$ 87.700.000,00
Servicio de apoyo financiero para otorgar incentivos a la gestión eficiente de la energía (Producto principal del proyecto). (Reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables)	\$ 97.650.750,00

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

A continuación, en el **capítulo 5** en la sección de programación se establecen los elementos clave para la implementación del proyecto, detallando los indicadores de producto y gestión que facilitarán su seguimiento. También presenta las fuentes de financiamiento propuestas y una matriz resumen que consolida la información esencial del proyecto.

## **5. Programación**

En este capítulo se tiene como propósito determinar la forma de lograr el resultado del proyecto mediante la alternativa de inversión seleccionada. Se debe esperar que, si la programación está bien concebida y se desarrolla a cabalidad según las condiciones tenidas en cuenta dentro de la planeación, se lograrán los objetivos previstos por el proyecto, puesto que esta provee el mapa de ruta de la alternativa seleccionada previamente, relacionando además los compromisos que debe asumir la institución responsable de la gerencia de este.

### **5.1 Indicadores de producto**

Los indicadores son representaciones cuantitativas de variables verificables objetivamente, a partir de los cuales se registra, procesa y presenta la información necesaria para medir el avance o retroceso en el logro de un determinado objetivo. Aunque en algunos casos las variables se pueden expresar de forma cualitativa con atributos sujetos a interpretaciones personales, los indicadores siempre deben definirse en unidades numéricas que permitan comparar su evolución (DNP, 2023).

Para mostrar durante la ejecución del proyecto, la dinámica de avance en la entrega de los bienes y servicios generados, para los indicadores de producto se debe identificar si sus metas son acumulables o no acumulables entre los diferentes periodos del proyecto. En el caso de metas acumulables, éstas se suman hasta que su resultado sea igual a la meta total identificada; en el caso de las metas no acumulables, cada periodo es independiente, y por tal razón, las metas programadas en cada periodo pueden ser iguales o inferiores a la meta total y no se suman entre

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

periodos (DNP, 2023). Ahora, para el caso del proyecto del presente trabajo de grado el indicador es no acumulativo, ya que se proyecta la ejecución de la meta en el periodo cero. En la siguiente tabla se presenta el resumen del indicador de producto del proyecto.

**Tabla 31.**

*Indicador de producto del proyecto.*

<b>Indicador</b>	<b>Producto</b>	<b>Medido a través de</b>	<b>Meta total</b>	<b>Es acumulativo</b>	<b>Es principal</b>	<b>Meta periodo 0</b>
Recursos recibidos por cooperación	Servicio de gestión de cooperación para el desarrollo minero energético sostenible. (Implementar tecnologías energéticas amigables con el medio ambiente).	Pesos	20	No	Si	20
Documentos de lineamientos técnicos realizados.	Documentos de lineamientos técnicos. (Mejorar el manejo de los recursos en procesos industriales ineficientes)	Numero	10	No	Si	10
Empresas apoyadas con incentivos.	Servicio de apoyo financiero para otorgar incentivos a la gestión eficiente de la energía. (Reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables)	Numero	10	No	Si	10

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

## 5.2 Indicadores de gestión

Los indicadores de gestión son los que nos permiten realizar control de las acciones más importantes en la ejecución del proyecto, para lo cual el departamento de planeación nacional entrega un catálogo con los indicadores de gestión que se pueden incluir dependiendo del tipo de proyecto a realizar. En la siguiente tabla se presenta el indicador de gestión del proyecto.

**Tabla 32.**

*Indicador de gestión del proyecto.*

<b>Indicador</b>	<b>Medido a través de</b>	<b>Código</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Fuente de verificación</b>	<b>Meta periodo 0</b>
Informes de seguimiento de las interventorías realizadas.	Número	1100G073	Documento oficial	Informes entregados por la interventoría del contrato.	12

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

## 5.3. Fuentes de financiación

El módulo de programación constituye una herramienta fundamental de gestión, no solo porque permite un seguimiento eficiente del avance de la ejecución del proyecto, sino también porque establece los compromisos operativos y administrativos que debe asumir el equipo ejecutor. Sin embargo, el cumplimiento de estos compromisos está sujeto a la disponibilidad efectiva de recursos financieros para cubrir los costos asociados a los insumos y actividades programadas para cada fase del proyecto. Por esta razón, la programación también incluye una definición detallada del esquema de financiamiento, que garantiza la sostenibilidad operativa del

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

proyecto y asegura el flujo adecuado de recursos para su implementación (DNP, 2023), En las siguientes tablas se presentan la clasificación presupuestal del proyecto y las fuentes de financiación que se requieren para cubrir los costos del proyecto.

**Tabla 33.**

*Clasificación presupuestal del proyecto.*

<b>Programa presupuestal</b>	<b>Subprograma presupuestal</b>
2105 - Desarrollo ambiental sostenible del sector minero energético.	1900 - Intersubsectorial Minas Y Energía

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

**Tabla 34.**

*Fuentes de financiación del proyecto.*

<b>Etapas</b>	<b>Entidad</b>	<b>Tipo Entidad</b>	<b>Tipo de Recurso</b>	<b>Periodo</b>	<b>Valor</b>
	Municipios	Medellín	Propios	0	\$ 594.690.000
				<b>Total</b>	<b>\$ 594.690.000</b>
Inversión	Departamentos	Antioquia	Propios	0	\$ 594.690.000
				<b>Total</b>	<b>\$ 594.690.000</b>
	Entidades Presupuesto Nacional - PGN	Unidad de Planeación Minero Energética - UPME	PGN - Propios	0	\$ 594.690.000
				<b>Total</b>	<b>\$ 594.690.000</b>

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Entidades Presupuesto Nacional - PGN	Ministerio de Minas y Energía - Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG	Aportes en especie	0	\$ 594.690.000
			<b>Total</b>	<b>\$ 594.690.000</b>
Privadas	Hospital San Vicente Fundación Medellín	Propios	0	\$ 594.690.000
			<b>Total</b>	<b>\$ 594.690.000</b>
<b>TOTAL, FUENTES DE FINANCIACIÓN</b>				<b>\$2.973.450.000</b>

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

#### 5.4. Matriz resumen del proyecto

Por último, en la siguiente tabla se presenta la matriz resumen del proyecto adaptada directamente de la MGA Web del proyecto.

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

**Tabla 35.***Matriz resumen del proyecto.*

Resumen narrativo	Descripción	Indicadores	Fuente	Supuestos
<b>Objetivo General</b>	Aumentar la eficiencia energética en el sector hospitalario del distrito de Medellín.	Organización es con acuerdos voluntarios de gestión de emisiones adoptados.	<b>Tipo de fuente:</b> Documento oficial. <b>Fuente:</b> Plan de desarrollo distrital 2024-2027 Medellín Te Quiere.	Se realizan adecuadas gestiones para la obtención de los recursos económicos para el desarrollo del proyecto.
<b>Componentes (Productos)</b>	1.1 Servicio de gestión de cooperación para el desarrollo minero energético sostenible. (Implementar tecnologías energéticas amigables con el medio ambiente).	Recursos recibidos por cooperación.	<b>Tipo de fuente:</b> Informe. <b>Fuente:</b> Informes de auditoría.	Se cuenta con la infraestructura adecuada e interventoría necesaria para la implementación de planta de autogeneración fotovoltaica.
	2.1 Documentos de lineamientos técnicos. (Mejorar el manejo de los recursos en procesos industriales ineficientes)	Documentos de lineamientos técnicos realizados.	<b>Tipo de fuente:</b> Informe. <b>Fuente:</b> Informes de auditoría.	Existen incentivos y políticas de apoyo que facilitan la adopción de tecnologías energéticas sostenibles.
	3.1 Servicio de apoyo financiero para otorgar incentivos a la gestión eficiente de la energía. (Reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables)	Empresas apoyadas con incentivos.	<b>Tipo de fuente:</b> Informe. <b>Fuente:</b> Informes de auditoría.	

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Resumen narrativo	Descripción	Indicadores	Fuente	Supuestos
<b>Actividades</b>	1.1.1 Realizar análisis de calidad de la energía. 1.1.2 Realizar inspección termográfica. 1.1.3 Realizar estudio de sistema de puesta a tierra y sistema de protección contra descargas atmosféricas. 1.1.4 Realizar levantamiento de diagramas unifilares de las instalaciones eléctricas. 1.1.5 Realizar sustitución de luminarias convencionales por tecnología led. 1.1.6 Realizar automatización y control de equipos de climatización antiguos. 1.1.7 Realizar inspección y pruebas. 1.1.8 Administración 2.1.1 Elaborar documento manual técnico de eficiencia energética. 2.1.2 Difusión del proyecto. 2.1.3 Elaborar un programa de capacitación sobre el uso racional y eficiente de la energía. 2.1.4 Administración. 3.1.1 Realizar evaluación inicial y estudio de viabilidad técnica para autogeneración de energía. 3.1.2 Diseñar el sistema solar fotovoltaico. 3.1.3 Obtener permisos y licencias para la interconexión con EPM. 3.1.4 Realizar la adquisición de materiales y equipos. 3.1.5 Realizar la instalación de soportes y estructuras. 3.1.6 Realizar la instalación de equipos especializados. 3.1.7 Realizar la instalación de paneles solares. 3.1.8 Realizar la instalación de red eléctrica y sistema de comunicaciones. 3.1.9 Realizar inspección y pruebas. 3.1.10 Administración.	<b>Nombre:</b> Informes de seguimiento de las interventorías realizadas.  <b>Unidad de Medida:</b> Número  <b>Meta:</b> 12	<b>Tipo de fuente:</b> Documento oficial  <b>Fuente:</b> Informes entregados por la interventoría del contrato.	Se dispone de un equipo de ingenieros calificados para adecuada sustitución y automatización. Equipos de medición calibrados y personal capacitado para su manejo. Se dispone de un equipo de ingenieros calificados para desarrollar el proyecto solar fotovoltaico. Las normativas y requisitos establecidos por EPM para la interconexión están claramente definidos.

*Nota.* (Elaboración propia, 2025)

## 7. Referencias

Cardona, A. J. (abril de 2024). *Gobernación de Antioquia*. Obtenido de

<https://antioquia.gov.co/images/PDF2/plan-de-desarrollo/2024/15082024%20Plan%20de%20Desarrollo%20Por%20Antioquia%20Firme%202024-2027.pdf>

DNP. (2023). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/>

EPM. (2025). *Empresas publicas de Medellín*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/#>

FENOGE. (2023). *Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía - FENOGE*. Obtenido de <https://fenoge.gov.co/>

FNCE. (2014). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/beneficios-tributarios-por-inversiones-fnce-y-eficiencia-energetica/>

*Fundación San Vicente*. (2023). Obtenido de

<https://www.sanvicentefundacion.com/sites/default/files/2024-05/FundacionSanVicente-Info-Sostenibilidad-2023-interactividad-2-mayo.pdf>

Ley 697. (2001). *función pública*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4449>

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2015-2022). *Portal del Sistema Nacional de Información de Educación Básica y Media (SINEB)*. Obtenido de

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

[https://portalsineb.mineduacion.gov.co/1782/articles-412174\\_Boletin\\_1\\_matricula\\_2015\\_2022.pdf](https://portalsineb.mineduacion.gov.co/1782/articles-412174_Boletin_1_matricula_2015_2022.pdf)

Nación Paisa. (2025). *Nación Colombia*. Obtenido de <https://www.nacionpaisa.com/programas-salud-humanizada-antioquia-hospital-san-vicente-fundacion/>

Objetivos de desarrollo sostenible. (2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Programa Buen Comienzo. (2022). *Alcaldía de Medellín*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/con-la-ampliacion-de-1-000-nuevos-cupos-para-la-atencion-de-la-primera-infancia-en-2022-buen-comienzo-alcanzo-una-cobertura-de-57-865-ninos-y-ninas/>

propia, E. (2025). Diana Tatiana Melo Cruz & Daniel Toro Alzate. MEDELLÍN.

PROURE. (2022-2030). *Unidad de Planeación Minero Energética*. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PROURE.aspx>

QGIS.org. (2024). *QGIS Geographic Information System*. Obtenido de <https://qgis.org>

UPME. (2007). *Unidad de Planeación Minero Energética*. Obtenido de <https://biblioteca.upme.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=228>

Urrego, G. P. (mayo de 2023). *Departamento nacional de planeación*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>

## PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES DE MEDELLÍN

Zuluaga, F. G. (junio de 2024). *Alcaldía de Medellín*. Obtenido de

<https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2024/10/Gaceta-Oficial-PD-5387.pdf>