

# **ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA CON PANELES SOLARES EN LA ESE HOSPITAL SAN CRISTÓBAL**

Andrés Felipe Sanabria Orozco  
Ingeniero Ambiental  
[u1301134@unimilitar.edu.co](mailto:u1301134@unimilitar.edu.co)

Estudiante Especialización en Gerencia Integral de Proyectos.  
Universidad Militar Nueva Granada.  
Bogotá, Colombia

# ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA CON PANELES SOLARES EN LA ESE HOSPITAL SAN CRISTÓBAL

Andrés Felipe Sanabria Orozco  
Ingeniero Ambiental  
Estudiante Especialización en Gerencia Integral de Proyectos.  
Universidad Militar Nueva Granada.  
Bogotá, Colombia  
[u1301134@unimilitar.edu.co](mailto:u1301134@unimilitar.edu.co)

## RESUMEN

El proyecto investigativo tiene como objetivo realizar en análisis respectivo de la implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos en la E.S.E. Hospital San Cristóbal en cuanto a sus costos de operación y funcionamiento con respecto a los beneficios económicos asociados una vez se den los resultados. De tal modo, se presentan el paso a paso de la evaluación de viabilidad del proyecto, el cual fue implementado únicamente en la sede de estudio y sede principal del Hospital como prueba piloto inicial, para esto se usaron algunos mapas de radiación solar, costos asociados de inversión en proyecciones de consumos energéticos y cobro en tarifas públicas. A través de la ejecución y desarrollo de este proyecto investigativo fue posible obtener en datos reales la viabilidad de la implementación de los paneles solares en la sede principal del hospital, generando beneficios económicos significativos y abriendo puerta a una proyección de inversión en diferentes sedes a futuro.

**Palabras Clave:** Paneles Solares, tarifas de energía, consumo energético, radiación solar.

## ABSTRACT

The research project aims to Perform in respective Analysis of the Implementation of the system photovoltaic solar panels on the E.S.E. Hospital de San Cristobal, operating costs and with a the economic benefits associated once give results. Thus, step by step evaluation of feasibility of the project, which it was implemented only at the study site and headquarters Hospital As an initial pilot Occur, they were used for this radiation maps were used solar, costs Associated Investment Projections of energy consumption and billing in public tariffs. Through the implementation and development of this research project it was able to obtain real data. The feasibility of the implementation of solar panels on the headquarters of the hospital, generating significant economic benefits and opening the door to a projection of investing in different locations to future.

**Keywords:** Solar panels, energy tariffs, energy consumption, solar radiation.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del contexto internacional el consumo energético general presenta aproximadamente el 81% proviniendo de fuentes fósiles, mientras que el 19% restante proviene de fuentes renovables. Actualmente, estas últimas se encuentran asociadas principalmente con el uso tradicional de la biomasa en aplicaciones como la leña para cocción de alimentos y calentamiento de espacios, y la hidroenergía para generación eléctrica. En una menor medida, se aprovecha la energía proveniente de fuentes como el sol, la geotermia y la biomasa para su conversión en energía térmica a través del uso de tecnologías relativamente modernas, seguidas de estas y otras fuentes como la eólica para la generación de energía eléctrica. Finalmente, se suman al aprovechamiento de fuentes renovables el uso de biocombustibles en el sector transporte y tecnologías en etapas incipientes de desarrollo como es el caso de la energía de los mares en forma de mareas, oleaje, gradientes térmicos o gradientes salínicos. [1]

La dependencia mundial en el petróleo, el carbón, el gas natural y aun en los combustibles nucleares, como recursos fósiles disponibles en cantidades que pueden ser consideradas relativamente abundantes pero finitas, y las coyunturas económicas y geopolíticas asociadas, con su distribución geográfica y su dominio, han generado en muchos países la necesidad de iniciar una transición hacia el uso de recursos energéticos de carácter renovable, que a su vez contribuyan a la reducción de emisiones de efecto invernadero y a la mitigación del cambio climático que viene experimentando el planeta. En tal contexto, China, Alemania, España y Estados Unidos, se consolidan hoy en día como países pioneros en el desarrollo de las mayores capacidades instaladas en tecnologías para el aprovechamiento de la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica y de las biomásas, como fuentes de origen renovable que hacen su aporte en el proceso de transición planteado en lo que a la generación de energía eléctrica se refiere. [1]

El consumo energético de los últimos años viene enfocado no solo a la satisfacción de necesidades sino también se relaciona como un medio y recurso para subsistir, para la generación de empleo, contribuye en facilitar el acceso a las necesidades básicas como los alimentos, aseo personal, desplazamiento a diferentes lugares, fuente de empleo, entre muchos más. Sin embargo, el crecimiento poblacional que se desata en Colombia y especialmente en los grandes países ha generado una presión y demanda exagerada de los recursos naturales para el desarrollo de cada actividad sea cual sea.

Colombia es un país que goza de una matriz energética relativamente rica tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables. Actualmente, la explotación y producción energética del país está constituida a grandes rasgos en un 93% de recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4% de hidroenergía (de hidroeléctrica) y un 3% de biomasa y residuos. De esa explotación primaria, el país exporta aproximadamente un 69%, principalmente en forma de carbón mineral (estimado del 94% del producido, representando el 62% de las exportaciones

energéticas) y petróleo (aprox. el 66% del producido, representando el 36% de las exportaciones energéticas), y utiliza un 31% del cual, cerca del 78% corresponde a recursos fósiles y el 22% a recursos renovables. El país depende entonces en cerca de un 78% de combustibles fósiles que hoy en día está en capacidad de autoabastecer y cuyos niveles de producción actuales (para el 2013) indican reservas suficientes para cerca de 170 años en el caso de carbón, del orden de 7 años para el petróleo y 15 años para el gas natural [2].

Con respecto a lo anterior, el uso de energías convencionales si bien es cierto son eficientes en su totalidad, sin embargo, en el momento de su generación y/o extracción son evidentemente más contaminantes que las energías renovables no convencionales como la energía Eólica, solar, aprovechamiento de biomasa, geotérmica, cogeneración, etc. De tal modo, el crecimiento desenfrenado de la aplicación de energías amigables con el ambiente ha contribuido a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, sostenibilidad de los recursos naturales y aprovechamiento de los recursos naturales gratis existentes en el medio de desarrollo.

La energía solar hoy en día representa la segunda fuente avanzada de energía renovable de mayor penetración en el mundo, después de la eólica, con una producción que equivale a entre 0,85% y 1% de la demanda mundial de electricidad [3], lograda a través de una capacidad instalada de 139 GW a 2013. En el año 2013 esta tecnología superó por primera vez en términos de crecimiento a la energía eólica con un incremento en la capacidad instalada de 39 GW (frente a 35 GW de eólica), presentando a la vez un crecimiento promedio del 55% anual para los últimos 5 años. Países como Alemania, China e Italia lideran los mercados de la energía solar contando con capacidades instaladas del orden de 36,19 y 18 GW, respectivamente [1]

Para el caso de Colombia, las fuentes disponibles de información de recurso solar indican que el país cuenta con una irradiación promedio de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/d [1], la cual supera el promedio mundial de 3,9 kWh/m<sup>2</sup>/d, y está muy por encima del promedio recibido en Alemania (3,0 kWh/m<sup>2</sup>/d) [4] país que hace mayor uso de la energía solar FV a nivel mundial, con aprox. 36 GW de capacidad instalada a 2013 [1]. Las regiones como África, el Medio Oriente o Australia superan, en términos generales, el recurso disponible en Sur América, este representa buenos niveles de irradiación solar, ante todo en comparación con los países nórdicos, y en el caso de Colombia y los países ecuatoriales se cuenta con la ventaja de tener un buen recurso promedio a lo largo del año al no experimentar el fenómeno de las estaciones.

Es por esto que, años atrás la forma de utilizar la energía solar para el uso de los servicios básicos y principalmente los domiciliarios han venido cambiando desde su generación hasta su obtención y usos. Colombia no está tan alejado de apoyar e implementar energías amigables con el ambiente que satisfacen de igual forma las necesidades existentes o insatisfechas, es el caso de la generación de energía eléctrica solar, que reemplaza la convencional por los paneles solares fotovoltaicos.

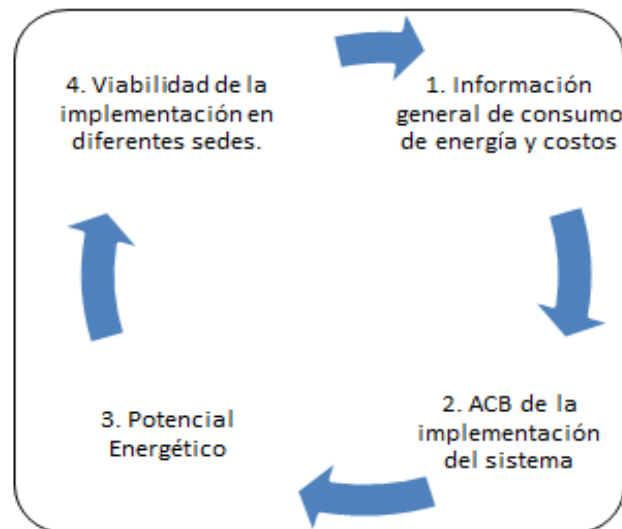
En muchas ciudades de Colombia grandes o pequeñas se presentan diferentes inconvenientes en cuanto al acceso de energía eléctrica en pleno siglo XXI, Bogotá

siendo la capital del país cuenta con dificultades operativas, de seguridad (vandalismo), descargas eléctricas, fallos de funcionamiento, entre muchas más, siendo este un inconveniente para el fácil acceso de las personas; sin embargo, cuando del acceso se trata la comunidad menos favorecida puede presentar dificultades en el proceso de hacer sus actividades cotidianas y satisfacer necesidades básicas, pero también es el caso de los procedimientos de atención en salud; que por cierto es un derecho fundamental de cada persona y ciudadano colombiano, en caso de negar este derecho las enfermedades y las salas de atención serían mayores y generar problemas de salud pública. Con todo lo anterior y múltiples inconvenientes mas que se presentan en Bogotá, se da la bienvenida las energías alternativas que en este caso será la implementación de energía eléctrica con paneles solares evitando al máximo depender de los servicios públicos convencionales que generan costos significativos a las entidades.

Para esto se presenta el caso de la E.S.E Hospital San Cristóbal, donde se esperan beneficios fiscales y económicos de reducción por medio de la implementación de tecnología por paneles solares fotovoltaicos, sin embargo, también se genera la necesidad de conocer un análisis costo/beneficio de la implementación de dicha tecnología demostrando su periodo de retorno y posible expansión en diferentes sedes de la institución.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se utilizó información confiable y real acerca del estado de la implementación de paneles solares fotovoltaicos en la E.S.E. Hospital San Cristóbal, así como los consumos de energía eléctrica y costos asociados al funcionamiento en prestar los servicios de salud. De tal modo, se planteo en este proyecto de grado dar respuesta al objetivo general por medio de las siguientes etapas metodológicas:



**Figura 1.** Metodología de ACB de la implementación sistema de paneles solares en la E.S.E. Hospital San Cristóbal.

## **1.1. Información general de consumo de energía, costos asociados, especificaciones técnicas e inversión de paneles solares en la sede administrativa**

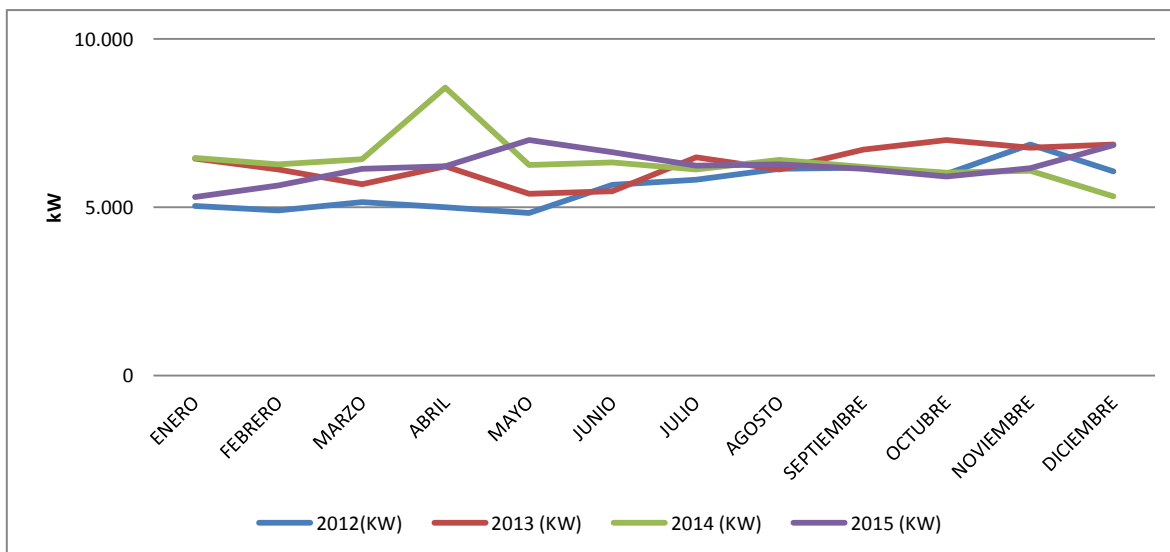
La E.S.E Hospital San Cristóbal cuenta con diferentes sedes a lo largo de la localidad IV San Cristóbal en el sur de la ciudad de Bogotá; sin embargo, cada una estas presentan diferentes tipos de intervención y actividades de orden extramural e intramural; desde servicios básicos de salud hasta hospitalización, promoción y prevención. Las Unidades Primarias de Atención (UPA) se encargan de atención básica de primer nivel de consulta externa, promoción y prevención, odontología, citología y vacunación; ubicándose en los barrios Bello Horizonte, La Victoria, Los Alpes y Primero de Mayo. y procesos de vigilancia epidemiológica, ambiental y sanitaria. El Centro de Atención Médica Inmediata (CAMI) cuenta con atención de urgencias básicas y hospitalización de servicios 24 horas de manera urgente, ubicándose en el barrio Altamira. Dentro de los procesos administrativos se encuentra la sede Administrativa del Hospital que se encarga de todos los procesos de contratación pública de personal y servicios, almacén, recursos físicos, gerencia y subgerencia, teatros, etc. Y por último se encuentra la sede de Archivo, ubicada en el barrio La serafina.

La sede administrativa y la UPA Primero de Mayo se encuentran ubicadas en el mismo lugar geográfico, sin embargo no comparten los gastos de servicios públicos; en este lugar se realizó la inversión inicial de instalación de paneles solares y plan piloto de energías renovables no convencionales rompiendo el paradigma de las entidades públicas siendo el primer hospital del estado por adoptar esas medidas. Una vez implementada esta tecnología, la E.S.E. pretende hacer instalación en las diferentes sedes donde su consumo sea relativamente parecido al de esta y se pueda evidenciar un ahorro económico significativo, de tal modo se hace importante y relevante para el desarrollo de este proyecto investigativo.

### **1.1.1. Datos Históricos consumo de energía en la Sede Administrativa**

El consumo de energía eléctrica en la institución no presenta una tendencia o comportamiento definido a lo largo de los meses, cada año transcurrido ha tenido diferencias significativas por causas desconocidas, sin embargo los costos de operación deben asumirse ya que estos dependen de las actividades administrativas, financieras y centrales en los que se incurren día a día en dicha sede.

Los costos que asumió la entidad en el año 2012 fueron de \$25'647.137, el 2013 de \$27'140.327, el año 2014 de \$29'155.204, el año 2015 un valor de \$29'361.311 y se asume una proyección para el año 2016 de \$27'825.995. [5]. El comportamiento de consumo de energía eléctrica se muestra a continuación en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Consumo de energía eléctrica (kW/mes) en los últimos 4 años en la Sede Administrativa

### 1.1.2. Especificaciones Técnicas de los paneles solares

Para la inversión prevista de la instalación y adquisición de equipos eléctricos de los paneles solares se tuvo un proceso de licitación pública abierta con la que se determinaron las siguientes especificaciones técnicas mínimas para funcionamiento y aprovechamiento de luz solar, las cuales comprenden un total de 62 paneles solares de tecnología de punta alemana con una potencia de 300W cada uno.

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas de paneles solares

DESCRIPCIÓN	
Instalación del sistema fotovoltaico de inyección directa a red de potencia 18300Wh/h	
El programa podrá estar compuesto por diferentes cantidades de paneles de acuerdo a la potencia que se utilicen:	
Potencia Paneles	Cantidad
300w	62
Los paneles de conexión a red serán las siguientes especificaciones:	
Potencia Nominal	300w/h
Eficiencia modulo	Superior al 15%
Tipo de Célula	Policristalino
Peso de panel solar	Inferior a 20kg
Dimensiones	1640 x 992 x 40 mm
Marco del panel	Aleación de aluminio anodizado /plata
Vida útil	25-30 años

### 1.1.2.1. Costos de Inversión asociada a la adquisición e instalación de paneles solares

Según las especificaciones técnicas y con la participación de diferentes oferentes se realizó la inversión con un valor de \$86'615.198 distribuidos en los siguientes equipos e instrumentos a utilizar; asumiendo también la mano de obra directa de instalación, sin contar con el transporte y desmonte de quipos como se observa en la **Tabla 2**[6].

**Tabla 2.** Insumos asociados a la inversión de paneles solares

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Paneles 310w/24v	62	\$ 56,822,520
Inversor TRIO ABB20,0/27,6 TL OUTD con protecciones en DC, switch de desconexión AC-DC, ongrid ABB-27600Wac - 2MPPT-RS485 -IP65 (NEMA4x)-400Vac output 3 phase 3 or 4 wires - integrated AC and DC disconnect switch - DC and AC OV supressor class II - String fuse (4+4 one each MPPT) and single string current monitoring - 10 year warranty, incluye transformador	1	\$ 21,607,200
Monitoreo VSN 300 WIFI LOGGER CARD ABB EEE 802L Antena para envío de datos	1	\$ 1,702,500
Banco con contactor, braker selector y mano de obra	1	\$ 1,000,000
Cable solar 6mm	1	\$ 483,100
Instalación Paneles solares	1	\$ 4,999,878
<b>TOTAL</b>	<b>65</b>	<b>\$ 86,615,198</b>

### 1.1.2.2. Implementación y necesidad del proyecto

Nace la necesidad en la E.S.E. de implementar estrategias de ahorro de energía con el fin de reducir costos económicos asociados a la operación y funcionamiento, disminuir la presión hacia la energía eléctrica y cada uno de sus componentes y contribuir con la nueva ola de energías renovables no convencionales posicionando al hospital con un enfoque de responsabilidad ambiental a nivel de Bogotá y dentro de su clase. Estos procesos no solo se enfocan en cambiar la clase de luminarias, programas de incentivar apagar la luz en momentos muertos laborales, sino que para dar resultados notorios se implementan tecnologías como paneles solares fotovoltaicos como se evidencia en la **Figura 3**.

Dicha instalación se realizó en el techo de la sede de estudio; éste no cuenta con barreras y/o edificios en cercanía lo cual ayuda perfectamente aprovechar toda la radiación solar presente en la zona según las condiciones de meteorológicas y de eficiencia en su funcionamiento.



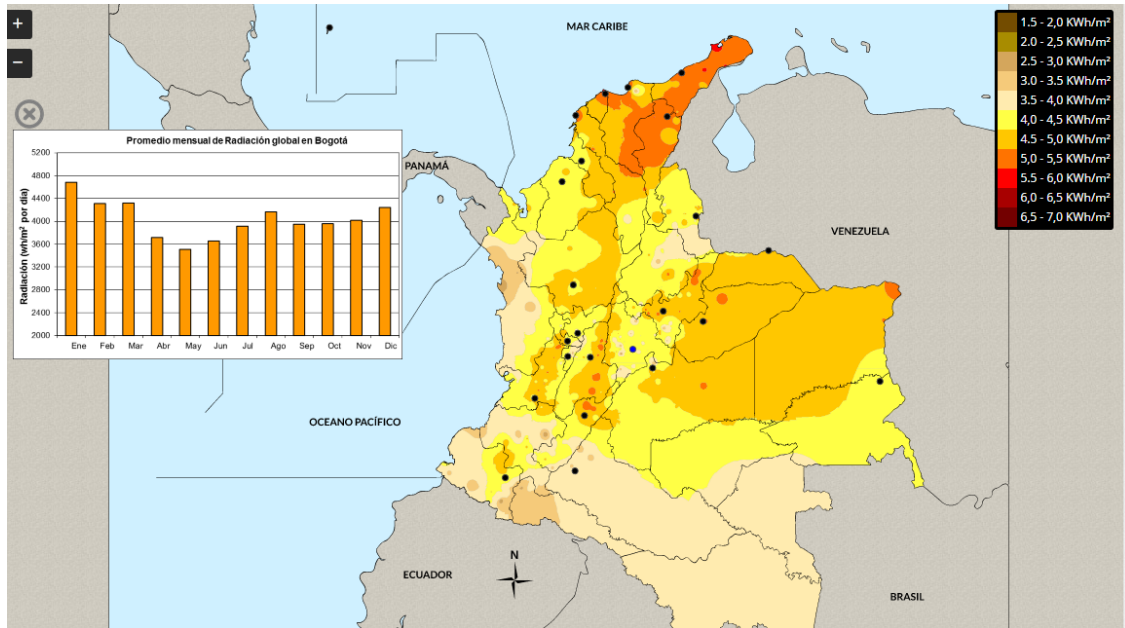


**Figura 3.** Montaje de Paneles solares Sede Administrativa

### **1.1.2.3. Potencial Energético y aprovechamiento de luz solar**

Con el fin de demostrar el potencial energético en Colombia y Bogotá se tomaron para este proyecto investigativo fuentes confiables de los atlas de radiación solar generados por las entidades competentes en el tema. Es de vital importancia saber que Colombia presenta un gran potencial tecnológico antetodo lo relacionado con las fuentes solares en energías renovables; al estar ubicado en la línea ecuatorial y ser un país tropical presenta una condición de no tener estaciones a lo largo del año, ya que en algunas zonas la presencia del sol con la misma intensidad esta en todos los meses del año.

Desde el norte del país por la costa caribe se encuentra el departamento de la Guajira, zona que presenta un potencial eólico y solar bastante enriquecedor e importante para el desarrollo tecnológico del país. Con las altas temperaturas en dichas zonas hacen de un lugar privilegiado y un fuerte para futuros proyectos de energías renovables no convencionales, aunque no esté en el momento explotado y usado como debería ser; sin embargo, no es solo el departamento de la Guajira que cuenta con un potencial de más de 6 horas de aprovechamiento por metro cuadrado en el día, municipios como Vichada, Meta, Casanare, Arauca, Sucre, Bolívar, Magdalena, Atlántico, Cesar y hasta Cundinamarca y Boyacá con tan diversas zonas, niveles, alturas dentro de la geografía cuentan con un tiempo estimado de aprovechamiento de 4 horas, horas que suelen ser a partir de las 10:00 a 14:00 de la tarde y generan mayor intensidad aprovechable. En la figura 4 se puede observar para la ciudad de Bogotá el potencial a lo largo de los meses, ciudad la cual es objeto de estudio en el proyecto investigativo [7].

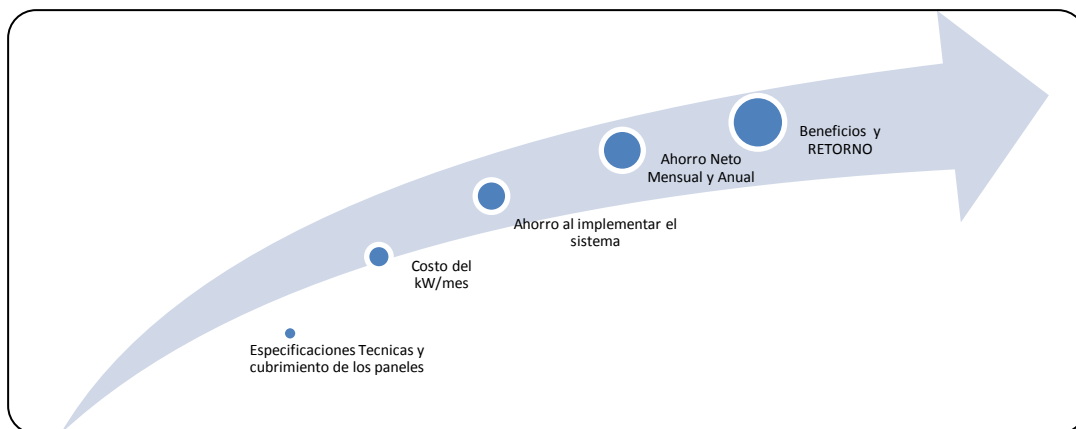


**Figura 4.** Potencial solar para la ciudad de Bogotá  
**Fuente:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 2.1. Análisis costo/beneficio (ACB) de la implementación de energías limpias no convencionales en la E.S.E. Hospital san Cristóbal.

Con el fin de determinar un beneficio a mediano y largo plazo se estableció una serie de etapas como se muestra en la **Figura 5**, las cuales a medida de investigar y analizar la información de consumos y costos dan como resultado final un incentivo económico que permite motivar a la institución en liderar proyectos de implementación de energías renovales no convencionales teniendo como base fundamental un posicionamiento en el mercado frente a las demás E.S.E's y contribuir con un ahorro energético.



**Figura 5.** Criterios para el ACB

Un análisis costo beneficio (ACB) consiste en hacer una revisión exhaustiva de los criterios de toma de decisión de un proyecto; ya que resulta precisamente de hacer una verificación de los beneficios asociados a un proyecto descontando las costos asociados durante y terminación del proyecto, determinando una comparación de la situación con y sin proyecto con el ánimo de descubrir y conocer el porcentaje de beneficio al implementarlo y en caso de que no se implementara.

Para realizar un análisis costo/beneficio de la implementación de esta tecnología se deben tener en cuenta ciertas generalidades en cuanto a la potencia de los paneles, horas de funcionamiento, costo por Kilowatt estratificado en Bogotá, entre muchas más; con el fin de conocer el ahorro establecido por implementar el sistema.

### 2.1.1. Especificación y potencia de los paneles según su cantidad

Para la ciudad de Bogotá y gran parte del país, se cuenta con un potencial de luz solar eficiente mayor a cuatro (4) horas, para este caso de investigación se asume un total constante de cuatro (4) horas de aprovechamiento a partir de 10:00 y 14:00 horas del día, tiempo en el que las temperaturas en todo el territorio nacional son bastante altas independientemente de la ciudad como se evidencio anteriormente, claro está si el estado del tiempo y clima no alteran las condiciones normales de cada lugar.

Teniendo en cuenta que los datos recogidos son de una entidad pública distrital, se toma como base principal el funcionamiento de la sede de estudio con un total de veinte (20) días hábiles de trabajo, tiempo en el que las actividades en la sede son enteramente normales.

Por otro lado, las especificaciones de los paneles en cuanto a potencia de energía solar para el complemento del uso del recurso energético en la Sede Administrativa se contó con un total de cubrimiento de 1488 kW/mes por todos los paneles adquiridos (62) en dicha inversión.

**Tabla 3.** Generalidades de la potencia de los paneles solares

Característica	Potencia	Cantidad de paneles	Watts (W)	Kilowatt (kW)
1 panel	300 W/h	62	18600	18,6
por día			74400	74,4
por mes			1488000	1488

### 2.1.2. El consumo energía eléctrica de la sede de investigación en promedio mensual

La entidad que determina el cobro para cada kW/h en la ciudad es la Empresa de Energía de Bogotá Codensa, este depende del total de kW/mes demandados y se establecen los costos asociados. Por la ubicación geográfica y predio de la sede de

investigación recibe una estratificación número tres (3), y al contar con consumos mayores al “consumo de subsistencia” se toma como referencia un costo de \$412,4207 kWh/hora siendo una propiedad independiente a la empresa de energía de Bogotá [8]. Estos valores fueron adoptados por la Comisión Nacional de Regulación para Febrero de 2016 con el ajuste del nuevo año que equivale a 1,5% [9].

**Tabla 4.** Tarifas de energía eléctrica (\$/kwh). Febrero de 2016

ESTRATO	RANGO DE CONSUMO (kWh-mes)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (\$/kWh)	PROPIEDAD COMPARTIDA (\$/kWh)
E1	0-CS Mas de CS	176,5042 446,7440	163,4235 412,4207	173,0576 429,8524
E2	0-CS Mas de CS	220,6303 446,7440	204,2793 412,4207	216,3222 429,5824
E3	0-CS Mas de CS	379,7324 446,7440	350,5576 412,4207	365,1450 429,5824
E4	Todo consumo	446,744	412,4207	429,5824
E5	Todo consumo	563,0982	494,9048	515,4989
E6	Todo consumo	563,0982	494,9048	515,4989

CS: Consumo de Subsistencia

Fuente: Comisión De Regulación de Energía y Gas (CREG)

Con base en el costo por kW/h establecido para esta zona y el consumo ya de energía de eléctrica ya mencionado con referencia el último año, el promedio mensual en cuanto a consumo es de 6211kW/mes con una equivalencia económica de \$2'561.545.

**Tabla 5.** Genialidades de la implementación del sistema

SEDE ADMINISTRATIVA		
Consumo	6211	kW/Mes
Precio	\$ 412, 4207	\$/kW
Total	\$ 2'561.545	MES

### 2.1.3. Ahorro después de la implementación del sistema de energía solar por medio paneles

Con la cantidad de paneles solares implementados en la sede no alcanza a cubrir el consumo que equivale a 6211kWh/mes (\$2'561.545); sin embargo, el sistema de paneles tiene una cobertura de 1440kWh/mes que equivale al 23,18% del promedio

de gasto mensual de energía en dicha sede. Este porcentaje equivale a un ahorro de \$593.886 el cual se descontaría al valor (\$2'561.545) que se ha venido pagando en años anteriores de forma mensual, dando como resultado \$1'967.659 como se evidencia en la **Tabla 6**.

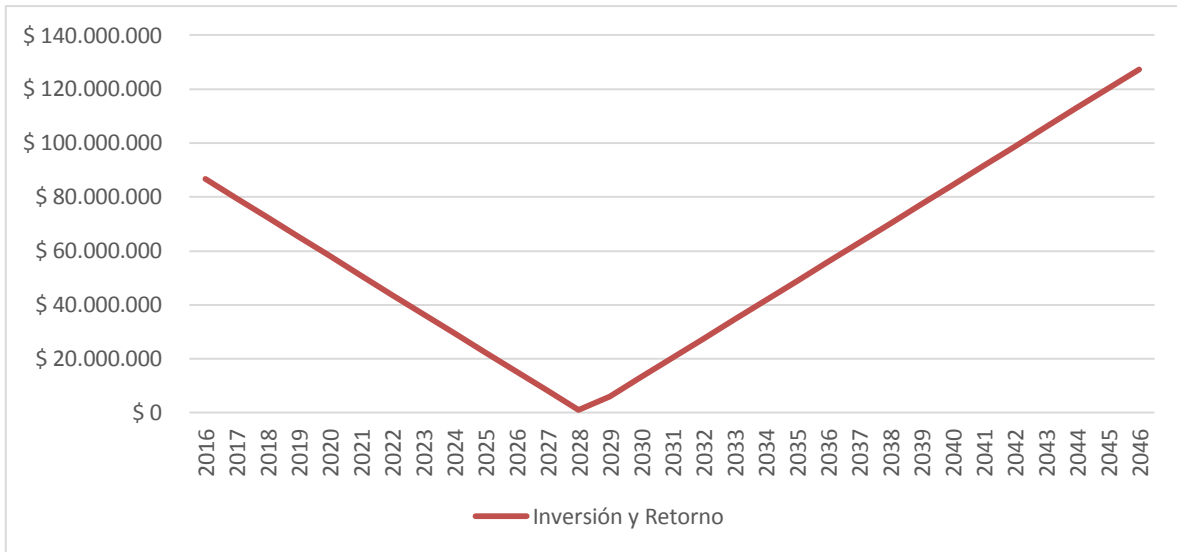
**Tabla 6.** Costos asociados a la implementación del sistema

<b>Implementación del Sistema de Paneles</b>		
Suministro hora	18	kWh / hora
Suministro día	72	kWh/día
Suministro mes	1440	kWh/Mes
Ahorro mensual	\$ 593.886	
Costo real/mes	\$ 1'967.659	

Con respecto al ahorro mensual de \$593.886 que desprende la instalación de los paneles solares, genera un ahorro anual de \$7'126.629; valor que será descontado año a año al monto total de inversión (\$86'615.198) del sistema. Esta inversión pretende no tener un periodo de retorno tan extenso con el fin de hacer de la misma una alternativa eficiente en cuanto a consumos de energía, condiciones ambientales, sociales y con el paso del tiempo demostrar ahorro económico significativo.

En primera instancia, en el año 2015 se realiza toda la licitación, evaluación y adquisición de insumos para la instalación del sistema el cual tuvo un monto de \$86'615.198; de este modo, se tomo como inicio el año 2016 en el cual se da el punto de partida para el funcionamiento de los paneles que presentan una vida útil de 30 años según fabricante.

Según el análisis costo beneficio realizado en este proyecto investigativo con respecto a toda la información anteriormente recopilada, promediada y proyectada de manera real, se cuenta con un ahorro anual de \$7'126.629 resultado de la implementación del sistema, este valor ira descontando año a año hasta el punto donde se retorna la inversión. Como se observa en la **Figura 6** en el año 2027 (12 años después) la inversión o deuda se hace \$0, y de ahí en adelante hasta el año 2046 (18 años después) se alcanza un beneficio económico para la entidad de \$127'183.693 producto del sostenimiento y buen manejo del sistema renovable. Lo anterior, permite generar un incremento en los activos más importantes de la organización y riqueza asociada al proyecto.



**Figura 6.** Periodo de retorno a la inversión

Complementando lo anterior se tomó como referencia el valor de los beneficios (en este caso económicos) con respecto a la inversión con el fin de evidenciar la proporción y viabilidad del mismo.

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios (Economicos)}}{\text{Inversióntotal}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\$127'183.693}{\$86'615.198}$$

$$\frac{B}{C} = 1,46$$

Dando una proporción mayor a 0 y positiva, se asume que la implementación del proyecto es viable y económicamente factible, ya que los beneficios dentro de la vida útil de los paneles son mayores a la inversión inicial del sistema de paneles fotovoltaicos, y permiten una reinversión en el momento en que se acabe la vida útil a unos costos mucho menores, ya que el sistema ya implementado solo se incurriría en el cambio de los paneles únicamente.

#### **2.1.4. Medición real de consumo energético (Sistema implementado)**

Teniendo en cuenta lo anterior se tomaron datos de proyección en cuanto a lo que se podría ahorrar económicamente la entidad a raíz de la implementación del sistema junto con la evidente disminución en consumo de energía eléctrica. Sin embargo, a lo largo del desarrollo de este proyecto investigativo la implementación del sistema fue

un hecho y obtuvo los resultados esperados anteriormente mencionados. En la siguiente tabla se observa lo mencionado.

**Tabla 7.** Costo real después de la implementación del sistema

	kW/mes	Precio pago
Promedio año 2015	6211	\$ 2'561.545
Promedio primer Trimestre año 2016	4580	\$ 1'888.886

Con la anterior tabla se demuestra la notoria disminución en cuanto al consumo y el costo asociado al pago mensual por la prestación del servicio, ya que de consumir en promedio 6211kW/mes y pagar \$2'561.545 se pasó a consumir en promedio 4580kW/mes y pagar \$1'888.886, teniendo en cuenta que el restante de lo consumido en energía lo está aportando el sistema de paneles solares.

## **2.2. Viabilidad de la implementación de paneles solares en diferentes sedes de la E.S.E. Hospital San Cristóbal.**

Dejando de lado los procesos de licitación, evaluación, adjudicación, instalación y puesta en marcha de los sistemas de energía solar no convencional por paneles solares, se pretende evaluar la viabilidad de implementar este sistema en algunas sedes de la E.S.E. Hospital San Cristóbal con el fin de minimizar costos asociados a consumo energético y aportar estos rubros en diferentes inversiones internas que satisfagan las necesidades de los empleados y la subsistencia del mismo a lo largo del tiempo.

En primera instancia y con las condiciones anteriores de potencia y número de paneles se toma la siguiente sede de estudio; la sede "CAMI Altamira que presenta un consumo mensual promedio de 6540 kW/mes generando un costo promedio de \$2'697.231.

Con una futura instalación y cubrimiento del sistema de paneles solares se estaría descontando (ahorrando) un total de \$593.886 mensual (valor que equivale al 22% de consumo mensual) aportando 1440k kW/mes al consumo total de la sede. De tal forma se pagaría mensualmente \$2'103.346 siendo una alternativa totalmente viable y factible financieramente para la reducción de costos asociados a la operación de las actividades de la sede como se evidencia en la **Tabla 7**.

**Tabla 7.** Costos asociados y ahorro a la implementación del sistema en la Sede CAMI Altamira

<b>SEDE CAMI ALTAMIRA</b>		
Consumo	6540	KW/Mes
Precio	\$ 412,4207	\$/kw
	\$ 2.697.231	
<b>Implementación Sistema Solar</b>		
Suministro hora	12	KW / hora
Suministro día	48	KW/día
Suministro mes	1440	KW/Mes
Ahorro mensual	\$ 593.886	
Costo real por mes	\$ 2.103.346	

En la **Tabla 8** se realiza el análisis para la sede UPA Bello Horizonte presenta un consumo mensual promedio de 4900 kW/mes generando un costo de \$2'020.861, si se tomara en un futuro la instalación y cubrimiento del sistema por medio de paneles solares se descontaría un total de \$593.886 mensual (valor que equivale al 29,39% de consumo mensual) aportando 1440k kW/mes al consumo total de la sede. De tal forma se pagaría mensualmente \$1'426.976 siendo una alternativa totalmente viable y factible financieramente para la reducción de costos asociados a la operación de las actividades de la sede.

**Tabla 8.** Costos asociados y ahorro a la implementación del sistema en la Sede Bello Horizonte

<b>SEDE BELLO HORIZONTE</b>		
Consumo	4900	KW/Mes
Precio	\$ 412,4207	\$/kw
	\$ 2.020.861	
<b>Implementación Sistema Solar</b>		
Suministro hora	12	KW / hora
Suministro día	48	KW/día
Suministro mes	1440	KW/Mes
Ahorro mensual	\$ 593.886	
Costo real por mes	\$ 1.426.976	



### 3. CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista económico la implementación del proyecto es completamente viable, ya que presenta una inversión de un monto considerable que se convierte en una retribución mayor con el paso del tiempo (análisis costo beneficio); generando así, un incremento no solo en los activos de la organización sino en la sostenibilidad de recursos para una próxima inversión de este tipo.
- Con una inversión de solo 62 paneles solares se puede realizar un ahorro de más del 20% de energía en cada una de las sedes de la institución, esto se convierte en un ahorro energético significativo dando viable la implementación en todas y cada una de las sedes siempre y cuando el consumo energético sea relativamente parecido a los anteriormente expuestos.
- Colombia presenta ser un país con un potencial energético muy alto, ya que por sus condiciones geográficas en cada una de sus ciudades se puede explotar la luz solar por medio de paneles fotovoltaicos, desde una de las ciudades más frías del país que por cambios climáticos ya no es tan fría, Bogotá hasta por supuesto todas las ciudades de la costa caribe y cercanas hacia la zona amazónica son lugares con múltiple aprovechamiento.
- Se recomienda realizar la implementación de las energías renovables no convencionales y limpias para cada uno de los recursos básicos necesarios de operación, es el caso de la energía y agua, contribuyendo a un desarrollo ambiental y retribución quizá económica por disminuir el consumo público de los mismos gracias a la Ley 1715 de 2014 la cual regula la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.
- Los beneficios económicos que desprende la utilización de paneles solares fotovoltaicos son un incentivo que se puede traducir en el uso diferente de actividades y/o destino diferente que la organización considere; es una excelente alternativa para las instituciones públicas con el fin de reducir los costos asociados a este servicio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] REN21 Renewables Global Status Report (2014).
- [2] Unidad de Planeación Minero Energético. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. 145 p.
- [3] EIA (2014a). FAQs; RenewableEnergies. En: <http://www.iea.org/aboutus/faqs/renewableenergy/.EnergyInformationAdministration> (15 de Febrero de 2016).
- [4] ArticSun (SF). Solar Potential in theFar North. En: <http://www.arcticsun-llc.com/resources/renewable-101/solar-energy/> (25 de Febrero de 2016)
- [5] Empresa Social del Estado Hospital San Cristóbal. (2016). Indicador de energía 2016. Red Pública AMD-HSC-001. Hoja 1.
- [6] Empresa Social del Estado Hospital San Cristóbal. (2016). Convenio No. 1475. Red Pública AMD-HSC-001. Contrato Paneles.
- [7] Unidad de Planeación Minero Energético. (2015). Atlas de radiación solar global sobre una superficie plana. 29 p.
- [8] Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). En: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/energia/cobro-energia> (1 de Marzo de 2016).
- [9] Revista Semana. En: <http://www.semana.com/nacion/articulo/servicios-publicos-tarifas-al-ataque/3978-3> (4 de abril de 2016).