



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO  
PÚBLICO CON PANELES SOLARES EN EL  
MUNICIPIO DE EL PEÑOL**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD**

**BLADIMIR DARÍO ECHAVARRIA ARANGO**

**HERNÁN MAURICIO ROJAS HERRERA**

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2019



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO  
CON PANELES SOLARES EN EL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

**BLADIMIR DARÍO ECHAVARRÍA ARANGO**  
**HERNÁN MAURICIO ROJAS HERRERA**

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Especialización en Preparación y Evaluación de Proyectos Privados**

Asesor:  
Camilo Ignacio Coronado

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Medellín, Colombia

2019

## CONTENIDO

1.	ESTUDIO DEL ENTORNO:	1
1.1	Entorno General (Macro entorno)	2
1.2	Entorno Especifico (Micro entorno)	3
1.2.1	Dimensión Tecnológica	6
1.2.2	Dimensión Económica	8
1.2.3	Dimensión social y demográfica	10
1.2.4	Dimensión política y legal	11
1.2.5	Dimensión medioambiental	13
1.2.6	Dimensión cultural	14
2.	ESTUDIO DE MERCADO	15
2.1	Mercados	15
2.2	Productos	16
2.3	Precio	17
2.4	Plaza	18
2.5	Promoción	19
2.6	Oferta	19
2.7	Demanda	20
3.	ESTUDIO TÉCNICO	21
3.1	Tamaño	21
3.2	Localización del Proyecto	22
3.3	Tecnología	23
3.3.1	Sistemas de Iluminación	23
3.3.2	Ventajas y desventajas del alumbrado público con panel solar	24
3.3.2.1	Ventajas	24
3.3.3	Desventajas	25
3.3.4	Evolución paneles solares	25
3.3.5	Sistema de baterías	27
3.3.6	Tipos de batería	29
3.3.7	Tipos de luminarias solares	31

3.4	Aspectos legales .....	32
3.5	Calidad .....	34
3.6	Comunicaciones .....	35
3.7	Compras y adquisiciones .....	35
4.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	36
4.1	Medio ambiente natural .....	36
4.2	Medio ambiente social .....	38
4.3	Análisis de medida.....	41
4.4	Elaboración del plan.....	43
5.	EVALUACIÓN FINANCIERA.....	44
5.1	Flujos (Datos de entrada) .....	44
5.1.1	Consideraciones .....	45
5.1.2	Inversiones, Reinversiones y Capital de Trabajo.....	47
5.1.3	Estructura de Financiamiento .....	48
5.1.4	Servicio a la Deuda .....	49
5.1.5	Depreciaciones y Amortizaciones .....	49
5.2	Estado de resultados .....	49
5.3	Fuentes y Usos .....	50
5.4	Balances.....	51
5.4.1	Balance de Caja Final.....	51
5.4.2	Balance de Situación Financiera (BSF).....	51
5.5	Flujos de caja con y financiación .....	52
5.5.1	Flujos de caja del proyecto, Sin financiación .....	52
5.5.2	Flujos del inversionista, Con financiación .....	53
5.6	Periodo de Recuperación de la Inversión, con y sin financiación .....	53
5.6.1	Periodo de Recuperación de la Inversión, sin financiación.....	54
5.6.2	Periodo de Recuperación de la Inversión, con financiación .....	54
5.7	Razones .....	55
6.	ESTUDIO DE RIESGOS .....	56
6.1	Identificación.....	58
6.2	Riesgos cualitativos .....	59
6.3	Riegos cuantitativos .....	60
6.4	Medición.....	60

6.4.1	Análisis de sensibilidad.....	60
6.4.2	Análisis de equilibrio .....	61
6.4.3	Análisis de escenarios.....	63
6.4.4	Análisis de riesgos método de Montecarlo.....	64
6.5	Plan de administración del riesgo .....	65
7.	CONCLUSIONES .....	66
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	70

## GLOSARIO

**CREG:** (Comisión de Regulación de Energía y Gas), es la entidad colombiana encargada de regular los servicios de electricidad y gas según se establece en la ley 142 y 143 de 1994. Fue creada por el Gobierno Nacional de Colombia con el fin de regular las actividades de los servicios públicos.

**FNCE:** (Fuentes No Convencionales de Energía). Como la solar, la eólica, la biomasa, entre otras que no son de uso generalizado.

**Iluminación:** Acción y efecto de iluminar. Conjunto de luces que hay en un lugar para iluminarlo o para adornarlo. En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar, conseguir un nivel de iluminación - interior o exterior - , o iluminancia, adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado, nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar.

**LED:** Diodo semiconductor que emite luz cuando se le aplica tensión. Un diodo emisor de luz (también conocido por la sigla LED, del inglés light-emitting diode) es una fuente de luz constituida por un material semiconductor dotado de dos terminales.

**MINMINAS:** (Ministerio de Minas y Energía), El Ministerio de Minas y Energía de Colombia es la oficina estatal que se encarga de dirigir la política nacional en cuanto a minería, hidrocarburos e infraestructura energética. Su titular es designado por el Presidente de Colombia.

**Mono cristalino:** El silicio mono cristalino, cristal único de Silicio o mono-Silicio es el material base de la industria electrónica y está compuesto de silicio en el que la estructura cristalina de la totalidad del sólido es continua, ininterrumpida (sin bordes de grano) a sus bordes.

**Panel:** Un panel solar, placa solar o módulo solar es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para su aprovechamiento.

**Renovable:** Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

**Solar:** Utilización de la energía proveniente del sol; por extensión cualquier aparato que funcione con energía solar.

**UPME:** (Unidad de Planeación Minero Energética), La Unidad de Planeación Minero Energética -UPME es una unidad administrativa especial, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía (Colombia) y que tiene como objetivo la planeación integral, indicativa, permanente y coordinada, con las entidades públicas y privadas del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros, la producción y divulgación de la información minero energética requerida.

## **RESUMEN**

Dado la necesidad de migrar a energías más eficientes con el fin de mitigar el impacto ambiental y la obsolescencia tecnológica que implica tener bombillas de sodio, se efectúa un estudio de pre Factibilidad que permita conocer si una inversión inicial en tecnologías de energías renovables en iluminación es viable financieramente, aplicando los beneficios tributarios; Como problema a resolver se avizora en el futuro que las luminarias de sodio, saldrá de circulación del mercado por su ineficiencia y frecuencia en el recambio, por lo que la problemática a resolver es el cambio tecnológico con LED con FNCE es viable para que un inversionista se decida por este tipo de proyectos. La solución se plantea en el documento mediante los estudios que a continuación se presentan dando como resultados los cierres financieros, ambientales, legales y de mercado que permiten tener TIR interesantes para el inversionista dado que el VPN es positivo en el horizonte propuesto para el proyecto.

**Palabras Clave:** Iluminación, Led, Panel, Solar, Renovable.

## **ABSTRACT**

Given the need to migrate to more efficient energies in order to mitigate the environmental impact and technological obsolescence of having sodium bulbs, a prefeasibility study is carried out that allows to know if an initial investment in renewable energy technologies in lighting is financially viable, applying tax benefits; As a problem to be solved, in the future, sodium luminaires will be seen, it will leave the market due to its inefficiency and frequency in replacement, so the problem to be solved is the technological change with LED with FNCE is viable for an investor Decide on these types of projects. The solution is presented in the document through the studies presented below, resulting in financial, environmental, legal and market closures that allow for interesting TIR for the investor since the VPN is positive in the horizon proposed for the project.

Keywords: Lighting, Led, Panel, Solar, Renewable.

## 1. ESTUDIO DEL ENTORNO:

Actualmente en el mundo existe una clara necesidad de mitigar los efectos nocivos que el ser humano con su tecnología ejerce sobre medio ambiente, cada vez hay mayor contaminación ambiental, mayor emisión de dióxido de carbono, mayor dependencia de fuentes de energía no renovables.

La Organización de la Naciones Unidas – ONU, en su decreto el 25 de septiembre de 2015 establece (*ONU, 2013*), que para el año 2030, “se deberá garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”, por lo que nuestros municipios en Antioquia y para nuestro caso en el municipio de El Peñol, deberán propender por lograr estos objetivos buscando mejorar sus indicadores de eficiencia energética, calidad y cobertura con la implementación de proyectos que apunte a desarrollos sostenibles de acuerdo a las directrices a las que ya estamos acogidos y comprometidos a implementar en los próximos años.

Los altos costos de la energía sobre todo en países como el nuestro con fenómenos naturales como el del Niño donde la sequía baja el nivel de los embalses obligando a recurrir a fuentes térmicas de energía obligan a buscar otras alternativas.

Las tendencias mundiales muestran mayor participación en la matriz energética de tecnologías limpias con fuentes renovables y de poco impacto en el ecosistema como lo es por ejemplo las la fuentes de energía no convencional solar fotovoltaica ya que los bajos costos de los equipos asociados a dichas tecnologías y los beneficios tributarios como por ejemplo en Colombia se vienen articulando, permiten hacer un análisis costo beneficio concluyendo que las energías renovables son la mejor opción para aliviar la economía del usuario como un retorno a la inversión muy rápido para el promotor.

## 1.1 Entorno General (Macro entorno)

Actualmente en Colombia hay una tendencia a sustituir las tecnologías de iluminación que venían en mercurio y sodio para el alumbrado público por tecnologías LED, que han demostrado ser más eficientes en consumo energético con mejores niveles de iluminación, en esta tarea ya hay municipios que vienen desarrollando esta tecnología y que están en etapas preliminares de implementación.

Para este caso, el municipio de El Peñol, ubicado en el oriente de Antioquia ha mostrado interés de desarrollar un estudio de pre-factibilidad que le permita tomar decisiones acerca de si es viable emprender un proyecto de migración a nuevas tecnologías con el fin de mejorar lo beneficios sociales, ambientales y financieros.

La gobernación de Antioquia está alineada en cuanto a los objetivos de desarrollo sostenible promulgados por la ONU y en los cuales se debe garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, incrementado indicadores exigidos por Minminas en los artículos 2.2.3.6.1.11 del decreto 943 de 2018 y 13 y decreto 2424 de 2006 artículo de eficiencia energética, calidad y cobertura aplicables al alumbrado público.

Por lo anterior cobra relevancia el marco legal que actualmente se viene desarrollando en el país enfocado a energías renovables como fuentes no convencionales de energía en los cuales está la ley 1715 emitida por el congreso de la república “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional”.

La Resolución CREG 030 de 2018 “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional”.

La resolución (*CREG 038, 2018*) “Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas” y otras más que apoyan la consecución del objetivo ya que

antes de estas leyes era prácticamente inviable pensar en la implementación de dichas tecnologías para este tipo de aplicaciones.

Hoy ya se cuenta con beneficios tributarios, financieros, costos y legales se puede pensar en mejores opciones acerca de estos desarrollos con presupuestos de la nación ya que se busca incrementar su participación en la matriz energética del país.

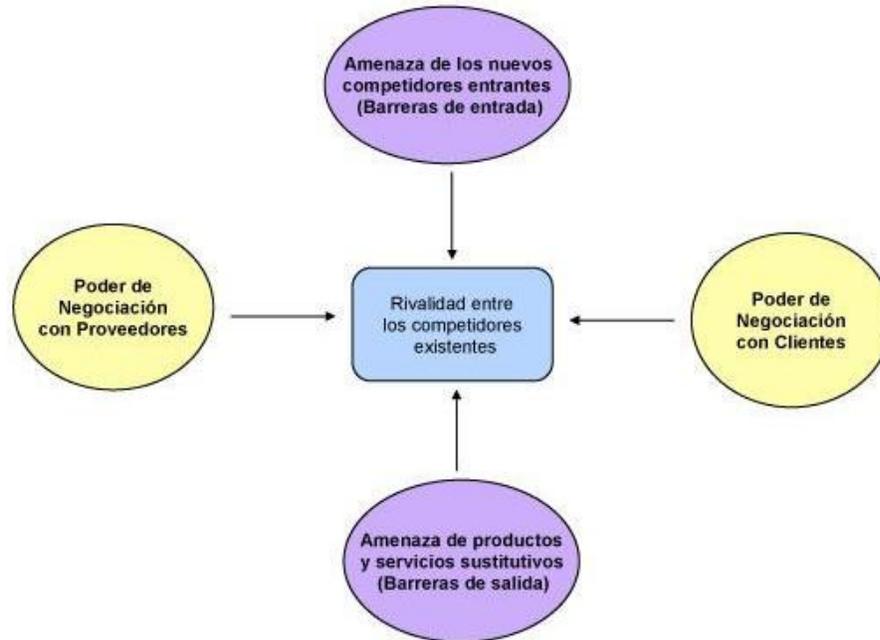
De lo anterior nuestra cuestión entonces es: ¿Es rentable implementar en el municipio del oriente antioqueño de El Peñol soluciones con fuentes no convencionales de energías fotovoltaicas para el sistema de alumbrado público teniendo en cuenta los costos asociados a dichas tecnologías, el marco legal y el marco tributario versus las tecnologías convencionales como las que actualmente están implementadas y que esto permita concluir de acuerdo a un análisis financiero, legal, tributario, ambiental y técnico, si hay beneficios como son periodos cortos del retorno a la inversión, relación beneficio costo favorable, exención de impuestos y que además permita mitigar el impacto que se genera al medio ambiente?

## **1.2 Entorno Especifico (Micro entorno)**

Una respuesta a como determinar el grado de atracción del sector de las energías renovables, más específicamente, de la iluminación de alumbrado público con respaldo de energía solar se obtendrá entendiendo cuáles son los actores que participan en el mercado local y como sus factores de éxito empresarial indican que es un negocio atractivo para el inversionista.

Por lo anterior un análisis de Porter, (*Porter, Michael Eugene, 2015*), ilustra sobre respuestas a las anteriores inquietudes dado que allí tendremos a los competidores, proveedores y además lo que el modelo de negocio nos indica sobre los segmentos del mercado, la propuesta de valor, los canales, la relación con el cliente, las fuentes de ingreso, los recursos clave, las actividades clave, las asociaciones claves y la estructura de costos.

El análisis de Porter toca las 5 fuerzas: Los proveedores, los clientes, los competidores, Productos sustitutos y nuevos competidores  
Sustitutos y nuevos competidores.



**Ilustración 1 Representación gráfica del análisis de Porter**

La matriz de Porter se compone de 5 elementos y/o fuerzas que deben ser analizados, (*Porter, Michael Eugene, 2015*):

- a. “Poder de negociación con los clientes: Es la capacidad de negociación con la que cuenta los clientes de un determinado sector. Entre menor el número de clientes mayor será su poder de negociación para bajar precios”. En nuestro proyecto tenemos una infinidad de clientes y de diversos sectores de la economía lo que diversifica de manera importante el vector precio de venta, pero también se puede establecer la misma estrategia incluyendo al sector privado. Ejemplos de clientes: Sector público: Entes territoriales, instituciones como el ejército, los ministerios, la policía, etc. Sector Privado como: Sector construcción, telecomunicaciones, Minería, infraestructura, Utilities, etc.
- b. “Poder de negociación con los proveedores: Es la capacidad de negociación con la que cuentan los proveedores de un sector. Puede ser más holgada o menos en función de la

concentración de empresas, del número de proveedores”. En nuestro mercado local contamos con proveedores de Alumbrado público de todas las características entre algunos de los más representativos están Celsa, Silvanya, Nacional de Eléctricos, Ambiente y soluciones entre otros.

- c. “En nuestro proyecto también hay una amplia gama de fabricantes de tecnologías de renovables ya que el mercado asiático, europeo y norteamericano son los principales proveedores a nivel mundial. Esto permite tener un amplio rango de negociaciones dependiendo de las preferencias del cliente final, las especificaciones y los tiempos de entrega. Su poder de negociación es Medio Alto.
- d. “Barreras de Entrada (amenazas de nuevos entrantes): Consiste en la entrada potencial de empresa que vendan productos sustitutos o alternativas a los del sector mercado”. Todo el tiempo están entrando nuevos competidores al mercado, dado el déficit de soluciones viables con combustibles fósiles las alternativas de energías limpias cobran alta relevancia y por ello se deberá trabajar en diferenciadores que garanticen la permanencia en el mercado. La Amenazas de nuevos entrantes es alta.
- e. “Barreras de Salida (Productos sustitutos): Los posibles sustitutos de los productos ofrecidos en este sector o mercado, que pueden ser relevantes para el consumidor”. Para nuestro proyecto en particular por tratarse de tecnología de punta que viene en desarrollo aún no se avizora un producto sustituto para la aplicación que nos concierne, por tanto, esta barrera puede estar subsanada. La amenaza de productos sustitutos es medio alta.
- f. “Rivalidad entre los competidores: Las empresas que compiten en un mismo sector, ofreciendo el mismo tipo de producto. El grado de rivalidad entre los competidores aumentará en función del mayor número de empresas existentes”. Existen innumerables competidores que ofrecen el mismo producto sin embargo el servicio de acompañamiento desde la formulación del proyecto hace que este filtre varios de ellos aumentando el porcentaje de conversión. La rivalidad es alta.

5 FUERZAS DE PORTER	GRADO
PODER DE NEGOCIACION CON LOS CLIENTES	MEDIO – ALTO
PODER DE NEGOCIACION CON PROVEEDORES	MEDIO – ALTO
BARRERAS DE ENTRADA (Amenaza de nuevos entrantes)	ALTA
BARRERAS DE SALIDA (Amenazas de productos sustitutos)	MEDIO - ALTO
RIVALIDAD ENTRE COMPETIDORES	ALTA

**Tabla 1 Fuerzas de Porter del Proyecto**

### 1.2.1 Dimensión Tecnológica

La gestión de la tecnología en nuestro macro y micro entorno se basara exclusivamente en los términos “Know What”, “Know Why”, “Know How” y “Know who” los cuales se han venido desarrollando a nivel mundial de manera prolija y que a nivel local nos estamos cada vez más apropiando de estas tecnologías y de su gestión.

Lo anterior por el concepto de la transferencia del conocimiento que nos ayuda apropiarnos de las tendencias mundiales que hoy existen en cuanto a aplicaciones de energía solar en los mercados.

La energía solar se ha venido desarrollando desde la época de los romanos, (Wikipedia, 2013), sin embargo es en el siglo XIX donde la tecnología como conocimiento aplicado logra sus grandes avances a partir del Selenio con eficiencias del 2% y migrando un siglo después al Silicio con eficiencias hasta del 11% por medio de paneles solares

Hoy en día existen diferentes tecnologías para energías solares con mejores eficiencias esta son:

- **Energía solar activa:** para uso de baja temperatura (entre 35 °C y 60 °C), se utiliza en casas; de media temperatura, alcanza los 300 °C; y de alta temperatura, llega a alcanzar los 2000 °C. Esta última, se consigue al incidir los rayos solares en espejos, que van dirigidos a un reflector que lleva a los rayos a un punto concreto. También puede ser por centrales de torre y por espejos parabólicos.
- **Energía solar pasiva:** Aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos.
- **Energía solar térmica:** Es usada para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción.
- **Energía solar fotovoltaica:** Es usada para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar.
- **Energía termo solar de concentración:** Es usada para producir electricidad con un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura (aceite térmico).
- **Energía solar híbrida:** Combina la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se combine es una hibridación.
- **Renovable: biomasa,** energía eólica.
- **No renovable:** Combustible fósil.
- **Energía eólico solar:** Funciona con el aire calentado por el sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

Nuestro proyecto se basa en la energía solar fotovoltaica que consiste en la obtención de electricidad obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo

semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

Las nuevas tecnologías permiten que los rendimientos típicos de una célula fotovoltaica de silicio policristalino oscilen entre el 14 %-20 %. Para células de silicio Mono cristalino, los valores oscilan en el 15 %-21 % haciendo esta opción una aplicación que se deba considerar en nuestro proyecto.

### **1.2.2 Dimensión Económica**

La temática de la energía solar en el mundo se puede entender desde el factor costos y como estos han permitido en intervalos cada vez más frecuentes el avance del desarrollo tecnológico de los paneles fotovoltaicos en el mundo. A raíz de cada vez es más alto el costo de la energía derivada de fuentes fósiles ya que son fuentes no renovables y que cada vez es más difícil obtenerla de los subsuelos, el costo del kW/h de una fuente de energía no renovable es más costoso en algunos países que las energías limpias o renovables cuyo costo de kW/h es menor.

A lo anterior podemos llamarlo Paridad de red, cuyo concepto se puede definir como la condición que se da cuando una fuente de generación de energía eléctrica es capaz de producir a un coste inferior o igual al precio generalista de compra de la electricidad directamente de la red eléctrica.

Es aquí donde encontramos un punto de equilibrio económico donde resulta viable pensar en energías renovables. Se tendrá que tener en cuenta factores como la depreciación, la tasa de cambio, inflación y otros factores económicos que harán que una solución de fuentes renovables donde los equipos son importados en la mayoría de los países.

De lo anterior podemos hacer algunas preguntas como: ¿Cuál es la situación actual en el mundo y en Colombia desde el punto de vista económico a propósito de la tendencia de energías fotovoltaicas?; ¿Cómo afecta la depreciación al mercado de las energías renovables en Colombia?; ¿Qué le ha pasado al precio de soluciones limpias en los últimos años?; a raíz

de las coyunturas macroeconómicas ¿Cómo se puede analizar la afectación de la tasa de cambio en nuestro proyecto?; como se analiza el fenómeno local de la inflación?.

Para dar unas respuestas a las inquietudes que pueden surgir del anterior análisis tendríamos que entrar a los mercados mayoristas energéticos donde según el WEC (*World energy council, 2019*), donde se plantea el modelo económico para el mercado entrante de las energías renovables en dos sentidos que se vienen explorando, “uno de ellos es la subasta de contratación de largo plazo, el cual ha tenido críticas por la inestabilidad en la tasa de cambio y a la no continuidad e insuficiente duración de los contratos aumentando el riesgo del inversionista. El otro modelo es el de subastas de cargo por confiabilidad cuya propuesta se basa en los costos de la Energía firme para el cargo por Confiabilidad – ENFICC- cuya crítica está basada en que existe un bajo porcentaje en energía firme respecto de la capacidad instalada, alrededor del 10%, lo que hace que esta herramienta sea insuficiente para que el modelo económico sea viable, tal vez será mejor que ambos modelos económicos coexistan para ser complementarios y puedan dar solución a la problemática económica que hasta el momento no ha logrado los resultados requeridos”.

La ley 1715 del 13 de mayo de 2014, (*Ministerio de Minas, 2014*): “Por medio de la cual se regula la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional” no pueden quedar por fuera de este proyecto y cuyo alcance es: promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

La ley 1715 tiene cuatro beneficios tributarios que afectan directamente el modelo económico del proyecto estos son: Incentivo en la declaración de renta, Incentivo tributario del IVA excluyéndolo para bienes importados como solución de energías limpias, Incentivo

arancelario excluyéndolos para bienes importados como solución del proyecto de energía limpias, y por último un incentivo contable de depreciación acelerada de los activos de la solución de energías renovables.

En (*World energy council, 2019*), “El precio dentro del modelo por cargos de confiabilidad se viene dando en 15 USD/MWh y viene disminuyendo en los últimos años ya que se viene dando lo que en el mundo se denomina la paridad de red”, de acuerdo a lo mencionado en la dimensión tecnología de reducir los costos de implementación que permiten dicho equilibrio. Un estudio desarrollado por la revista ciencias estratégicas permite concluir que por un modelo de auto regresión vectorial (VAR) el PIB esta correlacionado con el precio en un 78,15%; *Cortés, S. & Arango, A. (2017, junio), Revista de ciencias estratégicas, energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía., Vol. 25 - No. 38, (12)*. Mientras que la relación Precio demanda es inversamente proporcional.

### **1.2.3 Dimensión social y demográfica**

El municipio del Peñol con una densidad poblacional de alrededor de 15.889 habitantes se dedica principalmente a la ganadería, la agricultura y el turismo su localización en el oriente antioqueño le permite estar a 69 km de la capital del departamento de Antioquia, Medellín.

Para el proyecto se tiene identificado que la población del sector de influencia se encuentra en estrato socio económico 2, en un barrio residencial denominado el Sector 1 “Barrio Santa María”. El sector es catalogado de inseguro por hechos delictivos que en él se dan con alguna frecuencia. Las personas consideran que mejorar las condiciones de su entorno con la implementación de un mejor sistema de iluminación mejoraría los indicadores de seguridad del sector.

#### **1.2.4 Dimensión política y legal**

Para el proyecto del presente trabajo se deberá tener presente las leyes, normas reglamentos y aspectos legales que en cuenta a energías renovables y de alumbrado público establece el gobierno de Colombia. A continuación, se nombran y describen algunos de ellos:

El presente trabajo se enmarca en aspectos legales como los dados por la ley 1715, CREG 030, CREG 038, Reglamentos técnicos RETIE y RETILAP, emitidos por entidades, instituciones y organismos como la Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, el Ministerio de Minas y Energía - Minminas y el Congreso de la Republica entre otros, bajo un contexto de análisis financiero, técnico, ambiental donde se evaluará si el proyecto comparado con una solución convencional (Alumbrado público con punto de conexión a la red del Sistema Inter Conectado -SIN) es viable o no para el ejercicio.

La ley 1715 del 13 de mayo de 2014 (Minminas, 2014): “Por medio de la cual se regula la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional” no pueden quedar por fuera de este proyecto y cuyo alcance es: promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

Los beneficios de la ley 1715 aplican para este proyecto en particular ya que ellos comprenden los siguientes aspectos (Minminas, 2014): “Artículo 11: Incentivos la generación de energías no convencionales, como fomento para la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de la energía a partir de FNCE, la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones

en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada. El valor a reducir por este concepto, en ningún caso podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente, determinada antes de restar el valor de la inversión. Para la obtención del beneficio, la inversión causante del mismo deberá obtener la certificación del beneficio ambiental por el ministerio de ambiente y ser debidamente certificada como tal por el ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible, en concordancia con lo establecido en el artículo 158-2 del estatuto tributario”.

“Artículo 12: Instrumentos para la promoción de la FNCE, incentivo tributario IVA, para fomentar el uso de la energía procedente de FNCE, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre-inversión e inversión, para la producción y utilización de la energía partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos del IVA. Para tal efecto, Min ambiente certificará los equipos y servicios excluidos del gravamen, con base en una lista expedida por la UPME”.

“Artículo 13: Instrumentos para la promoción de las energías renovables. Incentivo arancelario. Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinado exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de los mismos”.

“Artículo 14: Instrumentos para la promoción de las FNCE. Incentivo contable, depreciación acelerada de activos. La actividad de generación de a partir de FNCE, gozará del régimen de depreciación acelerada. Esta será aplicable a las maquinarias, equipos, y obras civiles necesarias para la pre-inversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para este fin, a partir de la vigencia de

la presente ley. Para estos efectos la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20 %) como tasa global anual. La tasa podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en este artículo, excepto en los casos en que la ley autorice porcentajes globales mayores.”

### **1.2.5 Dimensión medioambiental**

Estudio ambiental que considera la alternativa convencional vs la alternativa con energía no convencional solar fotovoltaica se analizara como impacta el proyecto propuesto en el medio ambiente y cómo podemos mejorar los indicadores de huella de carbono, eficiencia energética y mitigación del impacto ambiental.

En este enfoque tendremos en análisis de la reducción del costo de la energía eléctrica en el cambio tecnológico. A nivel mundial hay una tendencia a enfocar los esfuerzos en la mitigación del impacto ambiental, el ahorro energético y al cumplimiento de estándares internacionales que van encaminados a desarrollar tecnologías para cumplir dichos objetivos. Como un aporte a dicha tendencia y en consecuencia que Antioquia está comprometida a cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible a 2030 se desarrolla este proyecto.

Actualmente en el mundo existe una clara necesidad de mitigar los efectos nocivos que el ser humano con su tecnología ejerce sobre medio ambiente, cada vez hay mayor contaminación ambiental, mayor emisión de dióxido de carbono, mayor dependencia de fuentes de energía no renovables.

La Organización de la Naciones Unidas – ONU, en su decreto el 25 de septiembre de 2015 establece que para el año 2030, se deberá garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, por lo que nuestros municipios en Antioquia y para nuestro caso en el municipio de El Peñol, deberán propender por lograr estos objetivos buscando mejorar sus indicadores de eficiencia energética, calidad y cobertura con la implementación de proyectos que apunte a desarrollos sostenibles de acuerdo a las directrices a las que ya estamos acogidos y comprometidos a implementar en los próximos años.

El proyecto aporta a esa mitigación en el vector contaminante de huella de carbono en los cuales el protocolo de Kioto está comprometido.

### **1.2.6 Dimensión cultural**

El municipio del Peñol es destacado y se caracteriza por ser incluyente, educada, amable e innovadora. A pesar de haber sido fuertemente golpeada por la violencia, su nivel de desarrollo en la última década ha sido reconocido tanto a nivel nacional como internacional gracias a la implementación de modernos procesos que han llevado a la transformación, activados desde la inversión social, la actividad cultural y artística: características que han hecho del Peñol un municipio atractivo para el turismo y la agricultura.

## **2. ESTUDIO DE MERCADO**

El mercado energético en Colombia esta principalmente conformado por la generación, transmisión, distribución y comercializador desde el punto de vista de la oferta y por los sectores económicos desde el lado de la demanda y a su vez todos ellos están regulados por instituciones como la CREG (Comité de regulación de energía y gas), La UPME (la unidad de planeación minero energética) y por el ministerio de minas y energía. Las energías renovables entran como un agente nuevo en la matriz energética nacional con temas aún por definir y estructurar como son las subastas de energías renovables al mercado y la decisión de hacerlo entre dos modelos que se vienen explorando, la de cargos por confiabilidad o el de contratación a largo plazo que lo que buscan es tener un equilibrio entre oferta y demanda a través de un precio que se ajuste a las necesidades y compense la incertidumbre de las tasas de cambio, el fenómeno inflacionario, los fenómenos ambientales como el del Niño y otros que afectan el interés del inversionista si no son mitigados asertivamente.

### **2.1 Mercados**

El mercado del proyecto específicamente de alumbrado público del municipio del Peñol, está compuesto especialmente por un público de interés que presentan una demanda en oferta de alumbrado público eficiente y de calidad que satisfaga las necesidades de iluminación de su zona de influencia y así mejorar las condiciones de calidad de vida, percepción de seguridad y por otro lado se los grupos de interés que buscan que el modelo de negocio sea rentable a través de una propuesta de valor, estos grupos de interés identificables son inversionistas, entidades territoriales, segmentos del mercado, proveedores, competencia, y otros que lo que buscan en ofrecer la mejor solución en un equilibrio técnico económico dado por el precio, el producto, la promoción y la plaza.

Por lo anterior se elaboró un cuestionario que nos permitiera conocer el pensamiento de los habitantes de la zona de influencia en el municipio del peñol en cuanto a su sistema de iluminación actual donde se evidencio el descontento generalizado que existe por la poca iluminación del sector creando focos de inseguridad y disminución en la calidad de vida.

## 2.2 Productos

El producto relevante de nuestro proyecto es la luminaria solar de tecnología led cuyas características técnicas ofrezcan la mejor solución en eficiencia energética, con cero consumo de energía convencional, cero infraestructura de cableado eléctrico tradicional y cuyo ciclo de vida este dado por su componentes más representativos como son la luminaria Led con 50.000 horas de vida útil, la batería con 5 años de vida útil y el panel solar con 25 años de vida útil.

De lo anterior se hace un sondeo en el mercado con el fin de revisar las posibles alternativas en cuanto solución de iluminación de alumbrado público existen, dando como resultado la siguiente tabla que nos muestra el proveedor de la solución y su propuesta de valor. de acuerdo a sus especificaciones técnicas y al diseño fotoeléctrico que nos permita concluir cual es la mejor opción tomamos una decisión de compra en algunos de estos productos.

Características	Solución No 1	Solución No 2	Solución No 3
Descripción	Luminaria Solar 40 W T1.3B-C	KIT Solar Street Urban 35 W	Luminaria Solar 60 W
Referencia	T1.3B-C	P37781	0300E60-01
Tipo	Todo en uno - Integrada	Con panel independiente	Con panel independiente
Potencia nominal W	40.0 W	35.0 W	60.0 W
Registro fotográfico			

*Tabla 2 Característica Técnicas Sistema AP con Panel Solar*

Luminaria			
Flujo luminoso Lm	4500 Lm	5040 Lm	6000 Lm
Eficacia lumínica Lm/W	150 Lm/W	144 Lm/W	100 Lm/W
Temperatura de color k	4000 K	4000 K	6000 K
Vida útil en horas	50000 horas	50000 horas	50000 horas

*Tabla 3 Características Técnicas Luminaria*

Panel Solar			
Material	Monocristalino	Policristalino	Policristalino
Potencia W	50.0 W	100.0 W	120.0 W
Voltaje V dc	16.0 V	18.3 V	18.0 V

*Tabla 4 Características Técnicas Paneles Solares*

Baterías			
Tipo	Fosfato de hierro - Litio LiFePO4 Descarga Profunda	Acid Gel + Separador Descarga Profunda	Litium Ion
Capacidad en AH	17.6 Ah	100.0 Ah	60.0 Ah
Tiempo de descarga de referencia en horas	20 horas	20 horas	20 horas
Ciclos de carga y descarga	3000 + DOD 80%	1000 ciclos + DOD 50%	2000 + DOD 90%

*Tabla 5 Características Técnicas Baterías*

## 2.3 Precio

Los precios del mercado son variados de acuerdo a las necesidades y alcances de la solución en el municipio del peñol, se efectúa un análisis comparativo de los proveedores de iluminación solar reconocidos en el mercado para analizar cada una de sus ofertas económicas y tomar una decisión de compra basados en criterios técnicos y comerciales. El precio debe venir acompañado de una propuesta de valor agregado, como su servicio postventa, la garantía, el respaldo, el asesoramiento, antes durante y después de la ejecución del proyecto, todos estos criterios para tomar la mejor decisión.

Carácterísticas	Solución No 1	Solución No 2	Solución No 3
Proveedor	Nacional de Eléctricos	Sylvania	GIGA SISTEMAS SAS GISI
Descripción	Luminaria Solar 40 W T1.3B-C	KIT Solar Street Urban 35 W	Luminaria Solar 60 W
Referencia	T1.3B-C	P37781	0300E60-01
Tipo	Todo en uno - Integrada	Con panel independiente	Con panel independiente
Potencia nominal W	40.0 W	35.0 W	60.0 W
Costo por unidad	\$ 1'198'512	\$ 2'945'878	\$ 1'927'566
Registro fotográfico			

*Tabla 6 Comparación precios entre alternativas*

De la anterior tabla se puede evidenciar que hay una gran diferencia de precios dada básicamente del mercado objetivo que tenga el proveedor, por ejemplo, el mayor precio lo tiene el proveedor Sylvania, ya que conocemos que son importadores y están afectados por la tasa de cambio, además es una línea americana que a diferencia de la asiática esta mejor posicionada en el mercado y basados en ello traslada esa confianza en el cliente a través de su costo. Por otro lado en el otro extremo está el precios de ambiente y soluciones que demuestra que su mercado objetivo son clientes en los que la procedencia y el posicionamiento en el mercado no esta tan relevante y por ello recurren a importaciones asiáticas que permiten generar una economía considerable pero con mayor riesgo en el respaldo que puedan ofrecer en determinado momento.

El criterio para decirse por precio es revisar técnicamente que se cumpla con los requerimientos del proyecto y del diseño de iluminación o inclusive si la mejor oferta no necesariamente sea la de menor precio.

## **2.4 Plaza**

Para configurar el sistema que incluye la plaza primero debemos definir los siguientes criterios:

El modelo de negocio para el proyecto de alumbrado público en el municipio del peñol contempla un análisis de ingeniería que nos permitirá seleccionar al proveedor más adecuado técnicamente para ofrecer la mejor solución técnica – Comercial. Por tanto, una vez superado este hito deberemos pasar a la compra de dicha solución. Dentro del mercado y de la invitación formar a participar de este proyecto se encuentran proveedores ubicados indiferentes partes del país. El análisis se deberá centrar sin en los costos se incluirá por parte del proveedor el desplazamiento de producto hasta propiamente la zona de influencia del proyecto o si tal vez sea por cuenta del inversionista. Esto conlleva a consecuencias logísticas de manera diferente e impacta en el análisis financiero. Independiente de la alternativa se deberá transportar por vía terrestre hasta el municipio del peñol cada unidad de producto

teniendo precaución de no estropear la carga con el debido embalamiento y descargando de manera adecuada.

El producto deberá ser almacenado en bodega para su programación de instalación de acuerdo al cronograma del proyecto. El almacenamiento será en el área de influencia del proyecto con el fin de enviar sobrecostos de trasiegos y acarreo prolongados.

Se deberá garantizar en todo momento que los productos estén en perfectas condiciones para su puesta en servicio, y se deberá solicitar al fabricante acompañamiento durante el proceso de montaje con el fin de no perder garantías, y hacer las instalaciones con las buenas prácticas del manual de instalación.

## **2.5 Promoción**

Se definirá como el valor agregado ofrecido sobre la solución integral, en este caso todo un sistema de alumbrado público para un barrio Santa Maria del municipio del Peñol (Sector 1) donde se presentas los beneficios del cambio tecnológico que ello representa, como la disminución del costo de la energía, mitigación del impacto ambiental, etc.

## **2.6 Oferta**

El mercado de la energía solar en el mundo y a su vez en Colombia es muy nutrido en oferta de soluciones con aplicaciones en energías solares fotovoltaicas. Para el caso colombiano se tienen identificados en segmento de energías renovables empresas dedicadas al negocio de las renovables como Celsia, Erco, EPM, Prodiel, SolarPack, Ennera, Invernergy, SOFOS, Hybrytec, SolarGreen, Grupo DG, ColEnergy, TW Solar, Colombinvest, GreenEnergy, REA Solar, GreenYellow, Jinko, Acciona, Enerfin, Renovatio, Sowitec, entre otros y además se tiene asociaciones y gremios que conglomeran toda esta oferta para regular un poco el mercado contra la demanda creciente actual como son SER Colombia, Aserenovables, La Camara colombiana de la energía,

El reto que tiene la oferta es satisfacer la demanda dentro de un marco legal, jurídico, y de equilibrio financiero que le permita permanecer en el tiempo con condiciones justas para las partes, es por ello que para este tipo de proyectos de iluminación solar el proveedor de iluminación que ofrezca el mejor valor agregado será el mejor competitividad tendrá repercutiendo en su éxito empresarial.

## **2.7 Demanda**

Dentro de nuestro análisis tendremos en consideración una visita en campo efectuada en el mes de agosto de 2019 donde se quiso percibir el nivel de satisfacción que tiene la población del área de influencia del proyecto acerca de su sistema convencional de iluminación de alumbrado público. Los resultados no pueden ser más evidentes, en general la población se encuentra altamente insatisfecha por los pobres niveles de iluminación y la tardía respuesta a remplazar luminarias averías por luminarias operativas.

Las razones que ofrecen el público demandante del municipio del Peñol son entre otras:

- Las escasas condiciones de buena iluminación en el sector son foco de inseguridad.
- Cuando una luminaria se avería tarda mucho su reposición.
- El número de luminarias es poco para la densidad poblacional del sector.

Entre los datos recolectados en la encuesta, se determinó el valor del cobro en la factura de servicios públicos por concepto de alumbrado público, el número de predios en el sector, el extracto, el tipo de inmueble, comercial o residencia, El estado actual del alumbrado público y la percepción de los habitantes del barrio en cuanto a la iluminación.

### 3. ESTUDIO TÉCNICO

El alcance del estudio técnico para el cambio de iluminación convencional de alumbrado público por iluminación LED usando energías limpias no convencionales, se localiza en un sector urbano del municipio de El Peñol, por disposición de las autoridades locales, las cuales, dentro del proyecto de grado, solicitaron realizáramos el estudio en sector Número 1 barrio Santamaría, este es un barrio residencial, con locales comerciales, el hospital San Juan de Dios, la parroquia Santa María y el asilo municipal.

#### 3.1 Tamaño

Para determinar el tamaño del proyecto se solicitó al departamento de planeación y obras públicas del municipio de El Peñol, planos en AutoCad del casco urbano del municipio, sobre estos planos se ubicó el barrio Santa María y se realizó un reconocimiento previo del barrio.

Con esta información se demarcó el área de trabajo, consiste en un área aproximada de  $33.217 \text{ m}^2$ , comprende 15 manzanas identificadas con números 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22 y 23, para un total de 305 predios entre residenciales y comerciales, un hospital, un asilo y una parroquia.



*Figura No 1 Área del proyecto*

Se realizó un aforo del número de luminarias existentes, la potencia, la tecnología de las luminarias, la altura aproximada sobre nivel de piso y la ubicación en planos.

El área del proyecto cuenta con un total de 49 luminarias de 70 W Na, con una potencia total instalada de 3360 W, ubicadas en postes de acometida secundaria de 8 metros y postes de redes eléctricas de media tensión de 12 metros de altura, las luminarias se encuentran ubicadas a una altura aproximada entre 5 y 6 metros sobre el nivel de piso acabado.

La alimentación eléctrica de las luminarias se deriva de la red de distribución localizada en el barrio.

Etiquetas de fila	Suma de No Predios	Número de luminarias	Potencia instalada W	Suma de Potencia total instalada W
Calle 8	15	3	140	210
Calle 9	14	4	210	280
Carrera 11 A	61	7	350	420
Carrera 11	100	11	490	770
Carrera 12	59	9	420	630
Carrera 13	30	7	140	490
Transversal 2	6	2	70	140
Transversal 7	20	6	210	420
<b>Total general</b>	<b>305</b>	<b>49</b>	<b>2030</b>	<b>3360</b>

*Tabla 7 Aforo AP Existente*

El costo anual en el barrio por concepto de alumbrado público es de catorce millones de pesos y el costo de la energía para un periodo de 12 horas diarias por 365 días al año por 49 luminarias de 70 W es de siete millones de pesos.

### 3.2 Localización del Proyecto

El proyecto objeto de evaluación se encuentra ubicado en el municipio de el peñol, corresponde al sector No 1, barrio Santamaría, ubicado al costado sur oriental del municipio, la delimitación del proyecto comprende entre las carreras 111 y 13 y entre la transversal 7 y la calle No 8.



*Figura No 2 Localización luminarias AP Existentes*

### **3.3 Tecnología**

#### **3.3.1 Sistemas de Iluminación**

Los sistemas de iluminación se dividen en dos grupos, los sistemas convencionales y los sistemas no convencionales, ambos sistemas requieren para su funcionamiento abastecimiento de energía eléctrica, los sistemas convencionales se alimentan de la red doméstica, para el caso de iluminación interior, se alimentan de la acometida eléctrica del usuario final y para el caso de alumbrado exterior o público, se alimentan de las redes de distribución en baja tensión del operador de red o del usuario final (Alvarado & Jaramillo, s.f.).

Los sistemas de iluminación no convencionales utilizan como fuente de alimentación energía proveniente de fuentes renovables como la energía solar. (Alvarado et al.)

Un sistema de alumbrado público con paneles solares es un sistema que utiliza una fuente renovable de energía como emitida por el sol como alimentación, la energía del sol es inagotable.

### **3.3.2 Ventajas y desventajas del alumbrado público con panel solar**

La iluminación de alumbrado público o exterior con paneles solares es un sistema conformado por paneles fotovoltaicos, fuentes emisoras de luz (lámparas), conjunto óptico y un sistema eléctrico conformado por baterías, fotosensores y sistema de control que permite la recarga en el día de las baterías con radiación solar e iluminar en la noche con la energía suministrada por las baterías.

Como fuentes lumínicas se utiliza tecnología con iluminación LED, por su bajo consumo energético, alta eficiencia y bajo consumo de potencia, maximizando el tiempo de descarga de la batería y prolongando la vida útil de la misma.

#### **3.3.2.1 Ventajas**

Entre las ventajas de utilizar paneles solares con fuentes LED se listan las siguientes:

- **Ahorro energético:** No consumen energía de la red local ya que son autosuficientes, en el día aprovechan la luz solar, la acumulan y la utilizan en la noche para su propio funcionamiento, lo que resulta en una disminución en los costos de operación por consumo energético.
- **Requieren menor mantenimiento:** ya que tienen menores posibilidades de sobrecalentamiento por malas conexiones, calidad en el suministro de energía, fallas eléctricas que si pueden generar las luminarias convencionales.
- **Estos sistemas son respetuosos con el ambiente** ya que dependen exclusivamente de la energía radiada por el sol, eliminando su contribución a las huellas de carbono.
- **Fácil instalación,** soluciones completas con componentes listos para usar, ya que no requiere de cableado ni punto eléctrico para conexiones.

- Se puede instalar en zonas alejadas no interconectadas, lo que la hace una solución más eficiente y útil a los problemas de iluminación
- Se pueden controlar de forma remota.
- Ciclo de vida de los módulos de iluminación es mayor a los de las fuentes convencionales.

### **3.3.3 Desventajas**

Estas soluciones también tienen una serie de desventajas que se listan a continuación:

- Requieren una inversión inicial alta en comparación con luminarias de AP convencionales.
- Su fácil montaje y desmonte y el costo de estas las hace susceptibles a hurto o vandalismo.
- El sistema de baterías debe ser reemplazadas periódicamente, por lo cual se debe incluir dentro del costo de mantenimiento dentro del ciclo de vida útil de la luminaria.
- El polvo, la humedad se acumulan en los paneles por lo que hay que limpiarlos periódicamente.

### **3.3.4 Evolución paneles solares**

Durante los últimos años se han realizado múltiples investigaciones sobre materiales utilizados como celdas en paneles solares fotovoltaicos para mejorar la eficiencia que es relativamente baja y reducir los costos de fabricación que aún son altos, entre ellos se encuentran: (Delta Volt, sección de Tipos de paneles fotovoltaicas, párrafo 1).

- Paneles solares con celdas de silicio, que pueden ser paneles solares monocristalinos y policristalinos.

- Placas solares de capa fina de (CIS) – cobre, indio y Selenio, (CIGS) – cobre, indio, galio y selenio y módulos de capa delgada a base de (CdTe) cadmio y telurio, Procesos modernos como tecnología de imprenta resultan en capas ultrafinas usando menos materia prima.
- Celdas flexibles, Portátiles, bajas cargas como celulares, se pueden llevar en la ropa o mochila.
- Celdas con capas transparentes (Uso en edificios, reemplazo de vidrios polarizados).
- Celdas orgánicas: se pueden tejer en ropa, etapa de preparación para producción industrial, ventaja, eficiencia aumenta con la temperatura, bajas cargas.
- Celdas de concentración, concentran la luz con sistemas ópticos, mejora la eficiencia a un costo alto ya que requiere ser orientadas exactamente al sol y controlar la alta temperatura generada.

La siguiente gráfica obtenida de la página la *National Renewable Energy Laboratory (NREL), Photovoltaic Research*, se muestra la evolución en materia de investigación de la eficiencia en diferentes tipos de celdas para paneles solares, aunque en laboratorios con diferentes materiales se han alcanzado eficiencias mayores al 45 %, hasta del 45 %, los altos costos de producción no permiten que este tipo de tecnologías sean comerciales a largo plazo. Hoy en días las celdas más utilizadas son las de silicio, en la actualidad los paneles mas comerciales tienen eficiencias cercanas al 16 %.

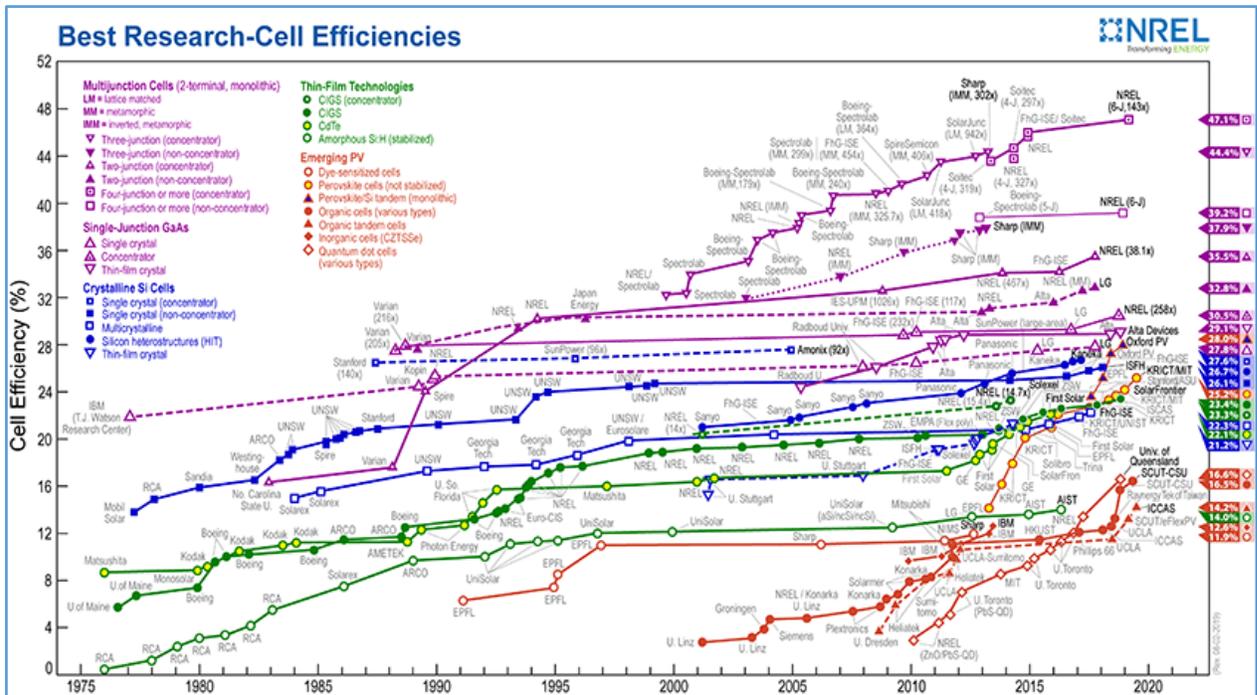


Ilustración 2 Gráfica de eficiencias en celdas fotovoltaicas

### 3.3.5 Sistema de baterías

Las baterías para sistema solar o acumuladores son los encargados del almacenamiento energético, para suministrar independientemente de la producción eléctrica del generador fotovoltaico, para este caso, en la noche.

La batería se compone de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen reacciones químicas debidas a su carga y descarga. (BLOG TECNOSOL, baterías para energía solar. Conceptos y tipos de batería).

Las siguientes definiciones nos ayudan a comprender el funcionamiento de una batería.

- **Unidad de medida de la capacidad de las baterías (Ah).**

La capacidad de una batería es la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería con carga completa, esta capacidad se mide en Amperios hora, para un determinado tiempo de descarga.

- **Profundidad de descarga de las baterías:**

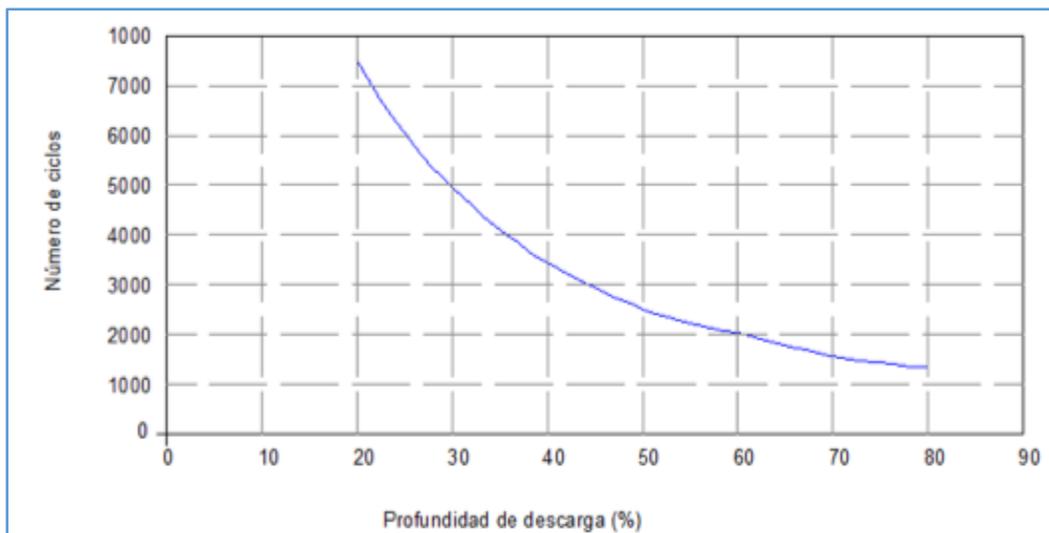
Es el cociente entre la carga extraída de la batería y su capacidad nominal en porcentaje.

- **Vida útil de la batería**

Es el número de ciclos de carga y descarga que puede ser sometida una batería a una determinada profundidad de descarga. La vida de una batería es proporcional la profundidad de descarga habitual, por ejemplo, una batería monoblock que tenga una vida útil de 180 ciclos a una profundidad de descarga del 80 %, si las descargas se reducen a un 30 %, la vida útil de la misma batería puede aumentar en más de 1000 ciclos.

Las temperaturas elevadas tienen un efecto negativo en la vida de una batería.

En el siguiente gráfico tomado del *Blog TECNOSOL Energía Solar y Sistemas de Riego*, se puede apreciar el gráfico de vida útil de la batería en función de la profundidad de descarga y del número de ciclos.

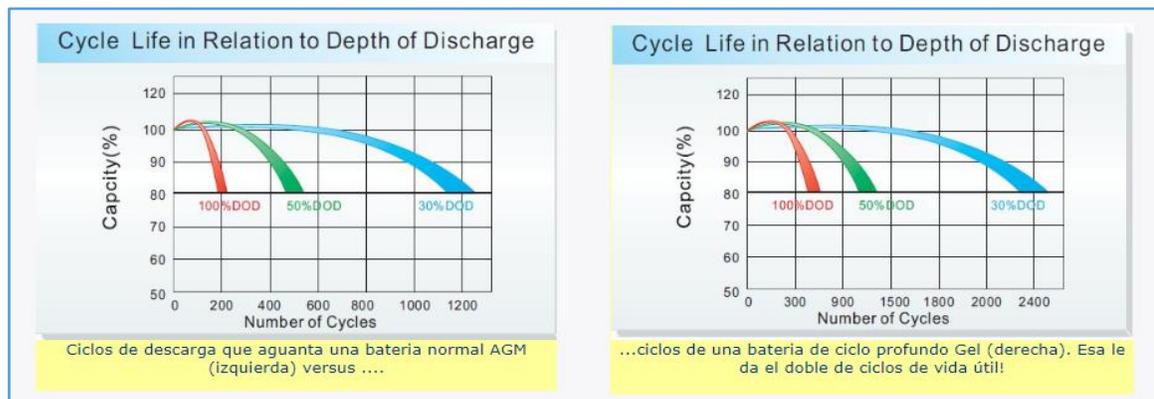


*Figura No 3 Gráfico de ciclo de vida de batería*

### 3.3.6 Tipos de batería

Las baterías para uso con paneles solares son conocidas como baterías solares o de ciclo profundo de descarga, a continuación, se especifican algunos tipos de batería de ciclo profundo.

- **Baterías Monoblock:** Baterías destinadas a pequeñas instalaciones fotovoltaicas y donde la relación calidad-precio debe ser equilibrada.  
Ideal para pequeñas instalaciones fotovoltaicas aisladas
- **Baterías AGM:** Estas baterías tienen el electrolito inmovilizado y unas válvulas de regulación de gases para evitar pérdidas, llamadas “Sin mantenimiento”. Tienen una duración media medida en un número de ciclos de carga y descarga a una misma profundidad de descarga mas elevada que las baterías Monoblock, ideal para pequeñas instalaciones fotovoltaicas donde el mantenimiento es muy difícil.
- **Baterías estacionarias:** Tienen una mayor larga vida útil, son perfectas para instalaciones que requieran un consumo diario por un largo periodo de tiempo.
- **Baterías de Litio:** Ocupan poco espacio, pesan poco y no emiten gases, se pueden poner en cualquier sitio, el tiempo de carga es el más rápido, se pueden realizar descargas totales sin verse afectada su vida útil. El costo aún es demasiado elevado.



*Figura No 4 Comparación entre ciclo de vida de baterías de ciclo profundo*



*Figura No 5 Ciclos de vida baterías litio y plomo ácido*

<i>Plomo ácido</i>	<i>Ión Litio</i>	<i>Ventajas del Ión Litio</i>
Longitud: 329 mm Ancho: 179 mm Altura: 278 mm	Longitud: 260 mm Ancho: 168 mm Altura: 212 mm	<b>77% más pequeña</b>
Peso: 40 kg	Peso: 13,6 kg	<b>194% más ligera</b>
Capacidad @ C0.5: 80 Ah Capacidad @ C1: 100 Ah Capacidad @ C5: 119 Ah	Capacidad @ C0.5: 100 Ah Capacidad @ C1: 100 Ah Capacidad @ C5: 100 Ah	<b>Potencia y Energía Constantes</b>
500 ciclos @ 80% DoD (descarga) 800 ciclos @ 55% DoD (descarga)	3.000 ciclos @ 80% DoD (descarga) 10.000 ciclos @ 55% DoD (descarga)	<b>Ciclos de Vida 6x a 10x más.</b>

*Tabla 8 Comparación características Baterías*

### 3.3.7 Tipos de luminarias solares

En la actualidad existen diferentes tipos de soluciones de luminarias con panel solar, el sistema todo en uno y el sistema integrado, descritos a continuación:

El sistema todo en uno se compone de cuatro elementos, panel solar, cofre de acumuladores, herrajes de soporte a mástil o pared y luminaria con fuentes de iluminación LED,



*Figura No 6 Luminaria LED Solar Todo en Uno*

El sistema integrado, contiene en una misma cubierta el panel solar, los módulos de batería y los módulos de iluminación LED



*Figura No 7 Luminaria LED Solar Integrada*

Las diferencias entre las soluciones varían en el ciclo de vida de las baterías, autonomía, potencia de la luminaria y costo, siendo las integradas más económicas del mercado, pero con una menor eficiencia.

En la actualidad existe una amplia oferta de soluciones en el mercado, las cuales se utilizan algunas de esas soluciones en el desarrollo de esta monografía para evaluar la solución mas apropiada en funcionalidad, y retorno de la inversión esperado.

### **3.4 Aspectos legales**

El proyecto de iluminación está enmarcado dentro de los acuerdos multilaterales de la Organización Mundial del Comercio y de la Comunidad Andina de Naciones, la cual permite a los estados miembros crear Obstáculos Técnicos al Comercio, en el caso de Colombia, el Ministerio de Minas y Energía expide, mediante la resolución 180540 del 30 de marzo del año 2010, el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, y sus posteriores Resoluciones aclaratorias y modificatorias.

En el capítulo 5 del RETILAP se definen los requisitos generales del diseño que debe cumplir los sistemas de alumbrado público en Colombia a partir de la entrada en vigencia del RETILAP.

En el capítulo 6, establece los requisitos que deben cumplir los proyectos de alumbrado público, a cargo de los municipios y distritos, donde entre otras cosas se establece que se deberá realizar un plan anual del servicio de alumbrado público que contenga entre otros aspectos, la expansión del mismo a un nivel de factibilidad y de ingeniería de detalle.

En el capítulo 7, establece los requisitos que debe cumplir la interventoría de alumbrado público.

En el capítulo 3, se establecen los requisitos de producto que deben cumplir los sistemas de alumbrado público.

Este proyecto se realizará en el marco del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, y de las disposiciones establecidas en el municipio de El

Peñol. Adicional en aspectos legales también deberán contemplarse las siguientes normativas de alcance nacional y de aplicación para el alumbrado público:

- Decreto 943 de 2018 de alumbrado público emitido por el ministerio de minas y energía: El cual modifica la definición de alumbrado público como un servicio público no domiciliario, inherente al servicio de energía eléctrica, que se presta con el fin de dar visibilidad al espacio público, bienes de uso público y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito, para el normal desarrollo de las actividades.
- La ley 1715 emitida por el congreso de la república “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional”. Básicamente ofreciendo beneficios tributarios para viabilizar este tipo de proyectos.
- La Resolución CREG 030 de 2018 “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional”. Donde la aplicación se enfocará en el alumbrado público como fuente autónoma de energía.
- La resolución CREG 038 de 2018 “Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas”

Las anteriores normativas serán aplicadas en nuestro modelo financiero teniendo en cuenta el supuesto que el municipio del Peñol deberá hacer una inversión en una tecnología más eficiente como lo indica el decreto 943 y deberá seleccionar entre una tecnología led convencional o una tecnología led soportada por paneles fotovoltaicos, amparados en la reglamentación en cuanto energías renovables se está tipificado en el país.

Recientemente con la nueva administración nacional encabeza por el Dr. Iván Duque se viene implementando el nuevo plan nacional de desarrollo denominado: “Pacto por

Colombia, pacto por la equidad” en su artículo 179 “Pacto por la calidad y eficiencia de servicios públicos: agua y energía para promover la competitividad y el bienestar de todos” en PND indica: *“En alumbrado público, MinEnergía y sus entidades adscritas actualizarán la normativa y regulación pertinentes a impulsar la migración tecnológica, mediante la incorporación de proyectos de iluminación con FNCER, el uso de equipos eficientes y la exigencia de interventorías a la prestación del servicio de alumbrado público. Estas medidas se acompañarán de mecanismos para que los territorios cuenten con apoyos a la estructuración de APP de alumbrado público y contratos tipo para la negociación de la compra de energía eléctrica”*. Como impulso a estas propuesta del plan nacional de desarrollo se evidencia los cambios en la ley 1715 donde pasa de exención especial del 50% a 5 años de renta a 15 años, mejorando las condiciones para el inversionista.

### **3.5 Calidad**

El proyecto se enmarcara en políticas de calidad que se manejan a nivel nacional e internacional como las dadas en las normatividad ISO 9000, todos los procedimientos obedecerán a un plan de gestión de la calidad que minimicen las desviaciones y y proporcionen los resultados que cumplan con los requisitos especificados, como son la satisfacción del cliente, la prevención antes de la inspección, la mejora continua, la responsabilidad de la dirección, los costos de la calidad y otros a tener en cuenta.

En el aseguramiento de la calidad se tendrá que efectuar comités de cambio con el fin de ir optimizando los procesos y minimizando las desviaciones a los costos, tiempos, alcance y calidad para el proyecto de alumbrado público.

Para nuestro proyecto: “Implementación de un sistema de alumbrado público con paneles solares en el municipio del peñol” implementaremos un formato de calidad que nos ayudara a la gestión de la calidad, en él nos apoyaremos para tener claro el plan de gestión de la calidad, las métricas de calidad, el plan de mejoras del proceso, el aseguramiento de la calidad, los hallazgos, el plan de gestión de cambios, el control de la calidad, etc.

### **3.6 Comunicaciones**

El plan de comunicaciones del proyecto sirve para asegurar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados.

Por la importancia que tiene la anterior definición se deberá planificar la gestión de las comunicaciones, gestionarlas y controlarlas de acuerdo a las mejores prácticas del PMI dando como resultados las siguientes salidas:

- Los requisitos de comunicación de los interesados
- La información que debe ser comunicada
- El plazo la frecuencia de la comunicación
- Las personas encargadas de la comunicación
- El escalamiento
- Las restricciones

### **3.7 Compras y adquisiciones**

La gestión de las adquisiciones del proyecto incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir los productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera de la organización. Aquí para nuestro caso de compra de soluciones de alumbrado tipo exterior de alumbrado público con paneles solares, debemos gestionar contratos de compras emitidos por medio de órdenes de compra con un estudio previo de selección de proveedores y haciendo un buen sistema de control de las adquisiciones cuyo beneficio clave es que garantiza que el desempeño tanto del proveedor como del comprador satisface los requisitos de adquisición de conformidad con los términos de acuerdo legal.

#### **4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

El estudio de impacto ambiental se realizará sobre las consecuencias que existen sobre el medio ambiente natural y ambiente social que pueda generar la implementación de un sistema de alumbrado público alimentado de fuentes de energías alternativas como son los paneles solares, los cuales implican riesgos positivos por la ejecución del proyecto al ser una fuente de energía limpia que no permite la emisiones de dióxido de carbono, y por tanto gases de efecto invernadero.

En lo social se realizará el estudio sobre el impacto que tiene sobre la población la implementación de un sistema de alumbrado público seguro y eficiente. Pues esto determina la calidad de vida de las personas en su entorno más próximo, ya que una de las ventajas de espacios bien iluminados es ese precisamente entre otros como la seguridad vial, la disminución de la actividad delictiva, mayor percepción de seguridad, propicia las actividades nocturnas de la comunidad como la cultura, el deporte, el sano esparcimiento, etc.

##### **4.1 Medio ambiente natural**

El uso de fuentes de energías renovables como la solar, considerada como una fuente inagotable de energía, el uso de tecnología LED, con fuentes de energía de alta eficiencia hacen del proyecto amigable con el ambiente.

Desde el punto de vista ambiental tenemos que mencionar que actualmente el mundo atraviesa por una crisis energética dada por la alta demanda y que se viene incrementando inclusive proyectando una demanda al doble para el 2050 enfrentando retos tecnológicos sin precedentes; por otro lado las emisiones de gases de efecto invernadero como los consignados en el protocolo de Kioto, (ONU, 2005), (como son: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) , Metano (CH<sub>4</sub>), Oxido de Nitrógeno (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarburos (HFC), Perfluorocarburos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>) deben ser eminentemente mitigados con soluciones tecnológicamente innovadoras en un contexto de economía Circular en las cuales están enmarcadas las energías renovables.

El proyecto implementación de un sistema de alumbrado público con paneles solares en el municipio del peñol busca ofrecer solución a ambas problemáticas, ya que por un lado al ser un sistema energéticamente autónomo y desconectado de la matriz energética o sistema interconectado de energía nacional, (SIN), contribuye en un porcentaje a la generación de energía eléctrica por medio de fuentes limpias y no a la generación usando fuentes fósiles como son el carbón, el gas, o el combustible líquido.

Se debe tener en cuenta que en Colombia con su gran potencial hídrico existe un potencial energético mayoritariamente generado por hidroeléctricas que no generan en si emisiones de CO2 sin embargo si afectan los ecosistemas ambientales de su entorno, ya que una represa inunda toda la diversidad de fauna, flora y desplaza comunidades indígenas, campesinas, etc. Adicional a lo anterior en periodos de sequía como los causados por fenómenos naturales como los del Niño, dadas las altas temperatura en el océano pacifico como consecuencia del calentamiento global y que causan en Colombia disminución de las precipitaciones, y en la humedad de las regiones caribe y andina mayormente, dando como consecuencia afectaciones en el sector agrícola, posibles limitaciones de la cantidad de energía eléctrica que se puede generar (que puede incrementar la posibilidad de llevar a cabo racionamientos de agua para el consumo humano y animal), aumento en la cantidad de incendios forestales y disminución de los niveles y los caudales de los ríos.

Por otro lado, resuelve el tema de Gases de efecto invernadero ya que, por ejemplo, cuando se da un fenómeno del niño, se activan las centrales termoeléctricas generando toneladas de CO2 al medio ambiente que las energías renovables no generan, ya que estas obedecen al concepto de economía circular, cuyo concepto económico que se incluye en el marco del desarrollo sostenible y cuyo objetivo es la producción de bienes y servicios al tiempo que reduce el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y fuentes de energía. Se trata de implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía.

En otras palabras, la economía circular es una filosofía de organización de sistemas inspirada en los seres vivos, que persigue el cambio de una economía lineal (producir, usar y tirar) hacia un modelo circular, tal y como ocurre en la naturaleza. Es en este sentido que las energías renovables se consideran un aporte a las nuevas tendencias mundiales de aprovechar un recurso inagotable como las del sol.

En el enfoque ambiental se deberá calcular como el proyecto disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas al medio ambiente observando la diferencia entre no hacer el proyecto y sus emisiones asociadas y haciendo el proyecto y sus emisiones asociadas, para ellos nos basaremos en los estudios efectuados por la comisión interdepartamental del cambio climático de Cataluña, en España y en lo consignado en el documento de la UPME “Factores de emisión del sistema interconectado nacional Colombia – SIN”.

## **4.2 Medio ambiente social**

La caracterización del medio socioeconómico debe hacerse con base en información cuantitativa y cualitativa, para el proyecto del municipio del Peñol se efectuara solo de manera cualitativa y su análisis debe permitir dimensionar los impactos que el proyecto pueda ocasionar en cada uno de sus componentes. Asimismo, la información de caracterización del medio social debe permitir un análisis de la integralidad de sus condiciones y características, guardando coherencia para cada uno de sus componentes e involucrando información relevante de los medios abiótico y biótico.

Para el levantamiento de información de caracterización socioeconómica de las unidades territoriales de análisis para el área de influencia del medio socioeconómico, se puede contar con información secundaria en el caso de tratarse del municipio como es nuestro caso para el municipio del Peñol, o información primaria en el caso de las unidades territoriales (corregimientos, veredas, sectores de vereda, inspecciones de policía, u otras unidades reconocidas administrativa o socialmente), o cuando el nivel municipal potencialmente afectado no cuente con la información estadística solicitada. Los métodos, herramientas y

técnicas de recopilación de información deben estar debidamente referenciados y soportados dentro del EIA.

La información debe permitir conocer las principales características socioeconómicas de la población del área de influencia, de los componentes de este medio y su relación con el proyecto. Para tal efecto, dicha información se debe presentar conforme a lo establecido por las entidades responsables de su generación, procesamiento y análisis.

El proceso de participación y socialización con los distintos actores (institucionales, comunitarios, de organizaciones y demás involucrados) debe garantizar los siguientes propósitos:

1. Socializar la información relacionada con las características técnicas, actividades y alcance tanto del proyecto como del EIA a desarrollar.
2. Generar espacios de participación durante la elaboración del EIA, en los cuales se socialice el proyecto y sus implicaciones, con información referente a los alcances, fases, actividades, infraestructura proyectada, áreas de influencia, caracterización ambiental, zonificación ambiental y de manejo, compensaciones por pérdida de biodiversidad, permisos solicitados para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales (captaciones, vertimientos, etc.), inversiones del 1% y el plan de gestión del riesgo. Dentro de estos espacios se deben socializar los impactos y medidas de manejo ambiental identificados por el solicitante para las diferentes etapas. Asimismo, se debe promover la identificación por parte de los participantes, de aquellos otros impactos y medidas de manejo que, de acuerdo a su pertinencia, el solicitante pueda incluirlos en la evaluación de impactos y el plan de manejo ambiental.
3. Socializar los resultados del EIA, de manera previa a la radicación del mismo en la Autoridad Ambiental.

De acuerdo a lo anterior se ha elaborado una matriz de componentes sociales a analizar y como estos se ven impactados por la ejecución de desempeño del proyecto en el municipio del Peñol:

SEGURIDAD VIAL	Actualmente en varios sectores del sitio de influencia del proyecto no hay condiciones de iluminación que permitan una adecuada seguridad vial y que pueden ocasionar accidentes de tránsito, con la implementación del proyecto estos se mejorara de manera efectiva ya que se garantiza cumplir con normatividad Retilap donde prima la seguridad de las personas.
SEGURIDAD CIUDADANA	El sector 1 considerado como uno de los sectores inseguros del municipio actualmente tiene zonas que propician hechos delictivos con la ayuda de zonas oscuras que facilitan la labor de los delincuentes, con la implementación del proyecto las zonas oscuras serán anuladas y será mucho más complicado para la delincuencia cometer sus fechorías.
CALIDAD DE VIDA	Las personas actualmente consideran que su calidad de vida está disminuida por no contar con un sistema de iluminación eficiente que permita generar espacios nocturnos de esparcimiento, y con percepciones de seguridad óptimos, con la implementación del proyecto las personas consideran que el nivel de calidad de vida aumentara ya que lograra nuevos espacios de esparcimiento y socialización
AUMENTO DE ACTIVIDAD DEPORTIVA Y CULTURAL	Actualmente el municipio del Peñol no cuenta con suficientes espacios para la actividad deportiva, y sobre todo porque no se cuenta con espacios iluminados que permitan el desarrollo deportivo, con el proyecto se habilitara zonas actualmente oscuras para que se pueda ejercer el deporte y la cultura.
PERCEPCION DE SEGURIDAD	Los niveles de inseguridad en el sector 1 son altos y son considerados como un factor importante en la determinación de la percepción de inseguridad de los ciudadanos que la habitan, en el sondeo efectuado en el municipio se evidencio que las personas consideran que con un sistema de iluminación eficiente la percepción mejoraría.

*Tabla 9 Matriz de Componentes Sociales*

### 4.3 Análisis de medida

De acuerdo con los estudios de la comisión interdepartamental del cambio climático de Cataluña, en España y en lo consignado en el documento de la UPME “Factores de emisión del sistema interconectado nacional Colombia – SIN”. Se determina que las emisiones de gases de efecto invernadero a considerar en el proyecto de iluminación con paneles solares en el municipio del peñol son las emisiones consideradas en el protocolo de Kioto y particularmente para el caso del proyecto las de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

Lo anterior teniendo en cuenta que el periodo de sequía cuando los embalses del país no pueden suministrar la demanda total del sistema energético colombiano, entran a operar las fuentes de energía de origen fósil, como son, el carbón, diésel o Gas emitiendo partículas a la atmosfera de CO<sub>2</sub>.

El cálculo de la medida de los factores de emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente está dado por el documento de la UPME (Unidad de planeación minero-energética) mencionado anteriormente, y en que debe aplicarse un factor de emisión de CO<sub>2</sub> atribuible al suministro de eléctrico, también conocido como mix eléctrico dado en (g de CO<sub>2</sub>/kWh), las cuales representan las emisiones asociadas a la red nacional para cubrir el consumo. En Colombia la electricidad que consumimos, y que no hemos autogenerado, proviene de la red eléctrica nacional (SIN), sin poder distinguir exactamente en qué planta de generación de electricidad se ha producido la energía importada. Por lo tanto, se recomienda utilizar el valor del mix del SIN que refleje las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en el país para producir la energía de la red, y que tiene en cuenta que existen pérdidas de electricidad que se asocian a el transporte y a la distribución.

Para Colombia el factor de emisión resultante es de 0,367 tCO<sub>2</sub>/MWh, y este factor puede ser usado para estimar emisiones reducidas en proyectos que:

- Produzcan desplazamiento de la electricidad generada con plantas de energía renovables en un sistema eléctrico, ó

- Actividades de proyectos que resultan en ahorros de electricidad y esta electricidad ahorrada habría sido suministrada por la red (por ejemplo, proyectos de eficiencia energética uso eficiente de la energía).

De lo anterior el consumo de energía anual sin proyecto está en el orden de 15.023,40 kW/h por lo que el cálculo se determina de la siguiente manera:

<b>CALCULO SIN PROYECTO:</b>
<b>Consumo energético = 15.023,40 kWh / año</b>
<b>Emisiones de CO2 = (15.023,40 kWh/año x 0,367 tCO2 / MWh)</b>
Se debe pasar las unidades de Megavatios a Kilovatios, de la siguiente manera:
<b>0,367 ( tCO2 / MWh )x ( 1/1000 ) * ( MWh / kWh) = 0,000367 tCO2 / kWh</b>
De donde:
<b>Emisiones de CO2 = (15.023,40 kWh / año x 0,000367 tCO2 / kWh) =</b>
<b>Emisiones de CO2 al año = 5,5135 Toneladas de CO2 / año</b>

<b>CALCULO CON EL PROYECTO</b>
<b>Consumo energético = 0 kWh / año</b>
<b>Emisiones de CO2 = (0 kWh/año x 0,367 tCO2 / MWh)</b>
Se debe pasar las unidades de Megavatios a Kilovatios, de la siguiente manera:
<b>0,367 ( tCO2 / MWh )x ( 1/1000 ) * ( MWh / kWh) = 0,000367 tCO2 / kWh</b>
De donde:
<b>Emisiones de CO2 = (0 kWh / año x 0,000367 tCO2 / kWh) =</b>
<b>Emisiones de CO2 al año = 0 Toneladas de CO2 / año</b>
Por tanto, el ahorro de emisiones es de:
<b>5,5135 Toneladas de CO2 / año - 0 Toneladas de CO2 / año =</b>
<b><u>5,5135 Toneladas de CO2 / año para el primer año del proyecto.</u></b>

Para un horizonte de planificación de 10 años y con una Potencia total anual instalada acumulada y de acuerdo al análisis financiero de 308823 kWh, se tiene:

Consumo energético = 1.061.756 kWh / 10 años
Emisiones de CO2 = (1.061.756 kWh/año x 0,367 tCO2 / MWh)
Se debe pasar las unidades de Megavatios a Kilovatios, de la siguiente manera:
$0,367 (tCO2 / MWh) \times (1/1000) * (MWh / kWh) = 0,000367 tCO2 / kWh$
De donde:
Emisiones de CO2 = (1.061.756 kWh / 10 año x 0,000367 tCO2 / kWh) =
<b>Emisiones de CO2 al año = 389,66 Toneladas de CO2 en 10 años</b>

#### 4.4 Elaboración del plan

- El Plan de Manejo Ambiental (PMA) comprende:
- Programas de manejo ambiental
- Plan de seguimiento y monitoreo
- Plan de gestión del riesgo
- Plan de desmantelamiento y abandono

En la formulación del PMA se deben tener en cuenta e incorporar, en caso de ser pertinentes, los aportes que resulten de los procesos participativos con las comunidades, organizaciones y autoridades del área de influencia de los componentes del medio socioeconómico.

Como el proyecto no involucra elementos contaminantes y son elementos de fuente limpia ya que las baterías son de litio y no de plomo ácido en este proyecto no desarrollaremos un plan de manejo ambiental ya que no se generan residuos ambientales en la implementación del proyecto y las baterías que se desmontaran de sodio son propiedad del cliente y a ellos se les efectuara la respectiva entrega para que se encarguen de su disposición final.

## 5. EVALUACIÓN FINANCIERA

### 5.1 Flujos (Datos de entrada)

Para realizar el estudio de análisis financiero sobre el estudio de implementación de un sistema de alumbrado público con paneles solares en el municipio de El Peñol, se partió de los estudios técnicos y del estudio del entorno, el proyecto se realizó desde la perspectiva del inversionista, tomando algunos parámetros de beneficios sociales, como el ahorro en costo energético en el periodo de evaluación.

Del estudio de mercado se escogieron de un total de 10 alternativas, 10 propuestas de diferentes tecnologías, descritas en la siguiente tabla

Características	Solución No 1	Solución No 2	Solución No 3
Descripción	Luminaria Solar 40 W T1.3B-C	KIT Solar Street Urban 35 W	Luminaria Solar 60 W
Referencia	T1.3B-C	P37781	0300E60-01
Tipo	Todo en uno - Integrada	Con panel independiente	Con panel independiente
Potencia nominal W	40.0 W	35.0 W	60.0 W
Registro fotográfico			

*Tabla 10 Especificaciones Generales Luminarias con panel solar*

Luminaria			
Flujo luminoso Lm	4500 Lm	5040 Lm	6000 Lm
Eficacia lumínica Lm/W	150 Lm/W	144 Lm/W	100 Lm/W
Temperatura de color k	4000 K	4000 K	6000 K
Vida útil en horas	50000 horas	50000 horas	50000 horas

*Tabla 11 Especificaciones Luminaria LED*

Panel Solar			
Material	Monocristalino	Policristalino	Policristalino
Potencia W	50.0 W	100.0 W	120.0 W
Voltaje V dc	16.0 V	18.3 V	18.0 V

*Tabla 12 Especificaciones Paneles solares*

Baterías			
Tipo	Fosfato de hierro - Litio LiFePO4 Descarga Profunda	Acid Gel + Separador Descarga Profunda	Litium Ion
Capacidad en AH	17.6 Ah	100.0 Ah	60.0 Ah
Tiempo de descarga de referencia en horas	20 horas	20 horas	20 horas
Ciclos de carga y descarga	3000 + DOD 80%	1000 ciclos + DOD 50%	2000 + DOD 90%

*Tabla 13 Especificaciones Baterías*

Después de analizar las especificaciones técnicas y de costo de cada luminaria, se concluyó que el estudio se debía realizar con la luminaria correspondiente a la solución No1, correspondiente a la luminaria solar 40 W, referencia T1.38-C.

Esta referencia ofrece la mejor eficacia lumínica en la luminaria, los paneles son monocristalinos, un poco más eficientes que los policristalinos por lo tanto requiere menor tamaño para la misma capacidad de potencia y las baterías son las que garantizan un mayor DOD, al ser una luminaria tipo integrada, su instalación es la más adecuada y su costo unitario es menor a las otras dos alternativas planteadas.

### 5.1.1 Consideraciones

- Se proyectó un periodo de evaluación a 10 años considerando la vida del mayor activo, correspondiente a las baterías.
- Para el análisis financiero, se consideró la implementación de una solución por año, dentro del periodo de evaluación con un crecimiento por año del 8% en el número de luminarias a intervenir anuales.
- Para el análisis tributario se trabajó con la nueva ley de financiamiento la cual contempla una disminución en la declaración de renta a partir del año 2020 de un punto porcentual hasta estabilizarse en un 30 % a partir del año 2022.

- Se consideró un beneficio tributario establecido en el artículo 11 de la ley 1715, en el impuesto de renta por 7 años para proyectos de inversión en el ámbito de la producción y utilización de la energía a partir de Fuentes no Convencionales de Energía – FNCE.
- Se consideró aplicar a un crédito de línea verde aplicable a proyectos de FNCE, el cual considera un periodo de gracia en el abono a la deuda de dos años, Solo se pagan intereses y una tasa preferencial de DTF + 8%.
- Se consideró un anticipo del 30 % anual sobre las ventas anuales del proyecto, anticipos normales en contratación pública, este anticipo se manejó dentro del análisis financiero con préstamo a un año sin intereses.
- Los parámetros financieros se consideraron estables a partir del año 2, por la imposibilidad de predecir en el tiempo estos parámetros.
- Los costos del proyecto se calcularon a partir del costo de la solución y la mano de obra correspondiente al desmonte e instalación, en un periodo de 2 semana por proyecto, con mano de obra subcontratada.
- El valor de las pólizas para cada proyecto corresponde 8.87 % del total de los costos del proyecto, se consideran las pólizas de cumplimiento, de salarios, prestaciones sociales e indemnizaciones, de buen manejo de anticipo, de estabilidad de obra civil y de responsabilidad civil.
- Los gastos asociados al proyecto corresponden a dos meses anuales de arrendamiento, tres meses de ingeniero comercial y dos meses de auxiliares, para cada año del proyecto.
- Los activos fijos, considerados corresponden a equipos portátiles, impresoras y muebles de oficina.

- Se utilizó el método de CAPM simplificado para calcular el BL, el Ke y el WACC para diferentes valores de estructuras financieras.
- En el año uno se realiza un aporte al capital de cinco millones de pesos,
- AL final del año 10, no se considera las ventas de los activos fijos por su valor en libros, no se considera un valor de salvamento.

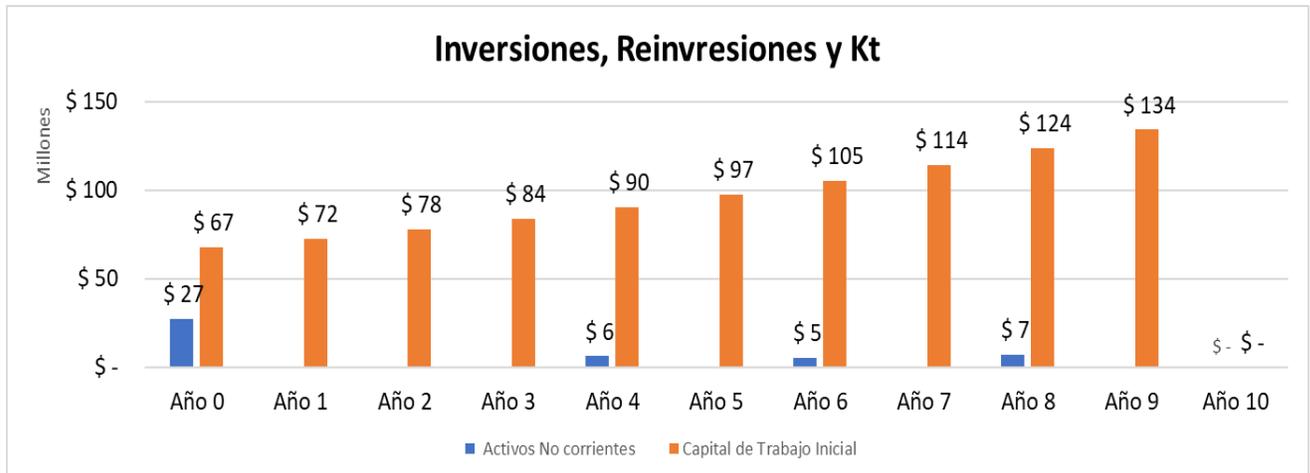
Para realizar el análisis financiero se consideraron los siguientes parámetros económicos consultados en fuentes como el Banco de la República, el DANE, Bancolombia y la página de Adamodar.

Ítem	Parámetros economicos	Valor
1	Tasa de cambio nominal promedio proyectada a octubre 2019	\$ 3'347
2	Tasa de cambio promedio proteyactada 2020	\$ 3'289
3	Inflación promedio proyectada a octubre 2019	3.80%
4	Inflación promedio proyectada 2020	3.40%
5	Rf=	6.25%
6	Rm=	14.30%
7	Bu= (Adamodar) Green & Renewable Energy	1.04
8	Impuesto de renta (según ley de financiamiento 2018)	32.00%
9	kd= DTF + 8% (credito línea verde Bancolombia)	8.00%
10	DTF patrimonio a 180 días=	3.60%

*Tabla 14 Parámetros financieros de entrada*

### 5.1.2 Inversiones, Reinversiones y Capital de Trabajo

A continuación, se presenta las gráficas de inversiones y reinversiones realizadas durante el periodo de evaluación considerado.

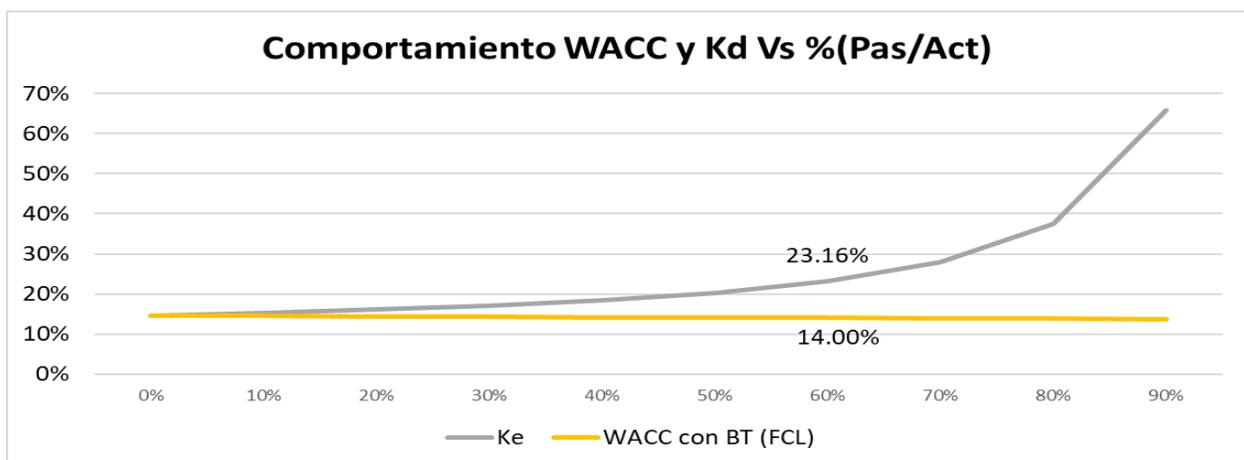


*Gráfica 1 Flujo de Inversiones y Reinversiones y Capital de Trabajo*

La inversión del proyecto es de 94 millones de pesos, considerando un anticipo del 30 % sobre la inversión inicial, el valor a financiar corresponde a 66 millones de pesos en el año cero.

### 5.1.3 Estructura de Financiamiento

A continuación, se presentan las variaciones del costo del patrimonio  $K_e$  y del WACC para diferentes valores de estructura financiera, para el caso de evaluación y considerando un anticipo del 30 % sobre las ventas anuales, se seleccionó una estructura de financiación 60 %/ 40%,



*Gráfica 2 Comportamiento WACC y  $K_d$*

### 5.1.4 Servicio a la Deuda

Se seleccionó un periodo de 10 años para el pago del crédito financiero, el cual se simuló con un crédito de línea verde con un periodo de gracia de dos años en el pago del abono a la deuda y una tasa preferencia del DTF + 8% correspondiente a 11.6 % e.a.

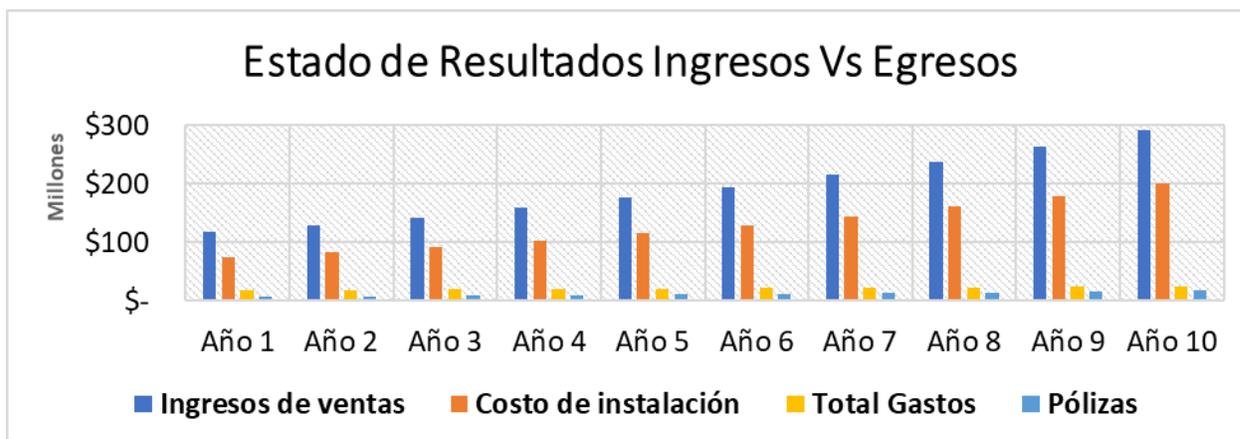
Los anticipos se simularon como un préstamo con pago anual sin pago de intereses, préstamos a corto plazo.

### 5.1.5 Depreciaciones y Amortizaciones

Las reinversiones se realizan sobre activos fijos, computadores, impresoras y muebles de oficina, depreciando a tres años por el método de línea recta los equipos de computo y a cinco años los muebles de oficina.

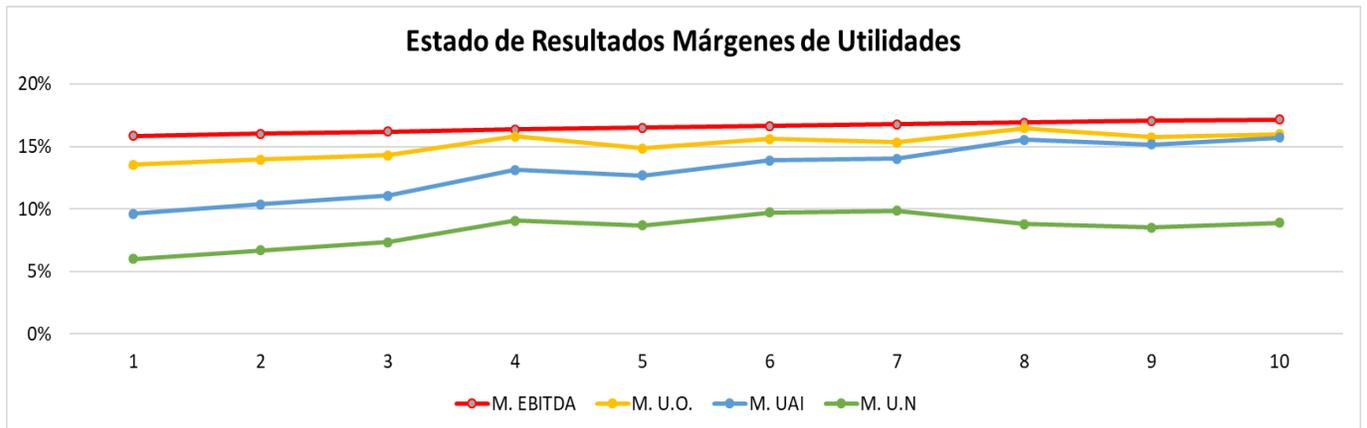
## 5.2 Estado de resultados

En la siguiente gráfica se muestran los resultados proyectados de ventas y de egresos durante el periodo de evaluación del proyecto, se observa una relación proporcional entre los ingresos proyectados y los costos de instalación.



*Gráfica 3 Relación Ingresos Vs Egresos*

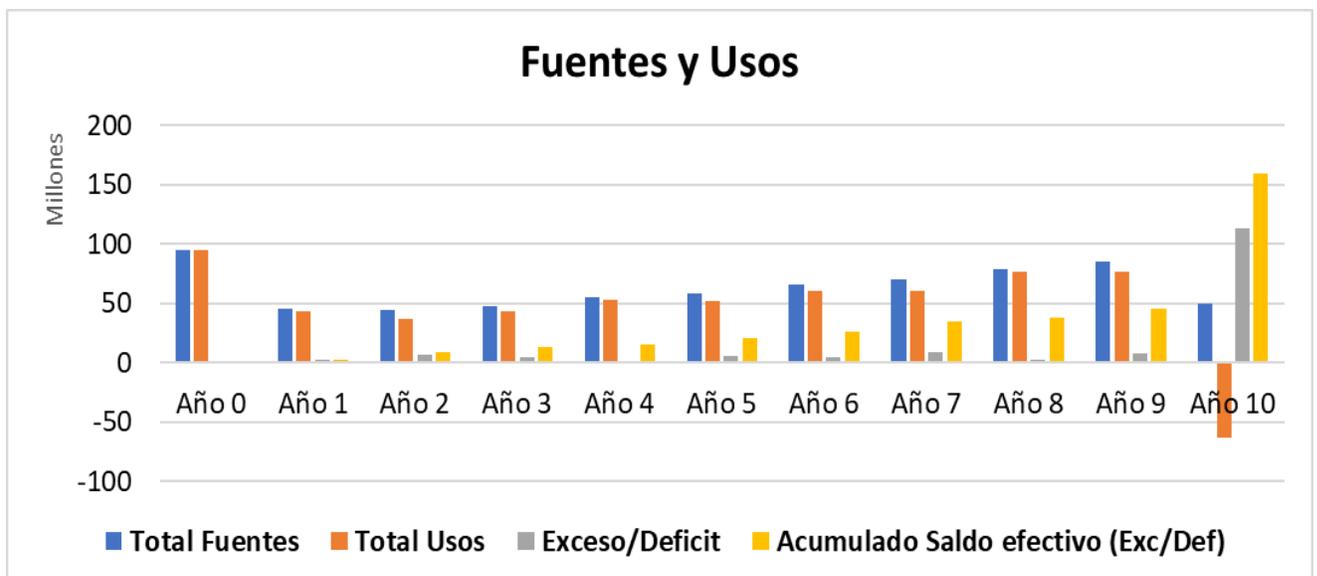
El margen de utilidades se mantiene constante durante el periodo de evaluación, se observa una reducción en el margen de utilidad neta a partir del año 8, debido a la finalización del beneficio tributario sobre el impuesto de renta establecido en el artículo 11 de la ley 1715.



*Gráfica 4 Márgenes de Utilidades del Proyecto*

### 5.3 Fuentes y Usos

Como se puede observar en la gráfica 5, el acumulado de saldo en efectivo en positivo durante el periodo de evaluación, para lograr este resultado, fue necesario realizar un aporte al capital en el año 1 de 5 millones de pesos.

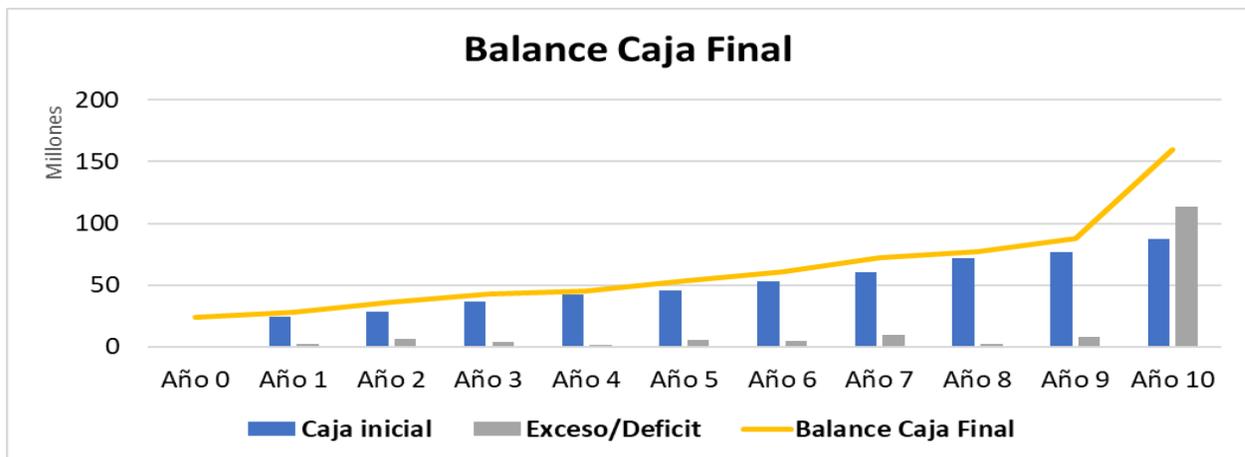


*Gráfica 5 Distribución Fuentes y Usos*

## 5.4 Balances

### 5.4.1 Balance de Caja Final

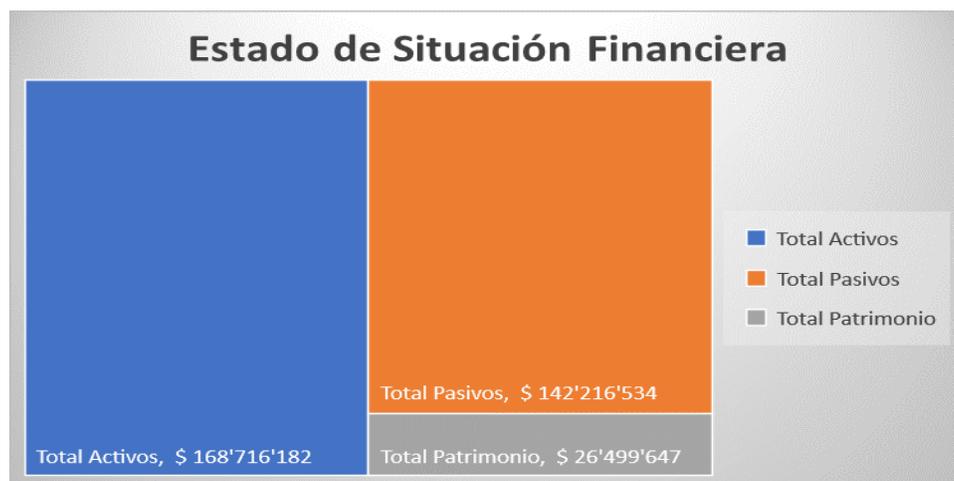
El balance de caja final fue calculado a partir del estado de fuentes y usos, información requerida para el Balance de Situación Financiera.



Gráfica 6 Balance de Caja Final

### 5.4.2 Balance de Situación Financiera (BSF)

Balance de Situación Financiera

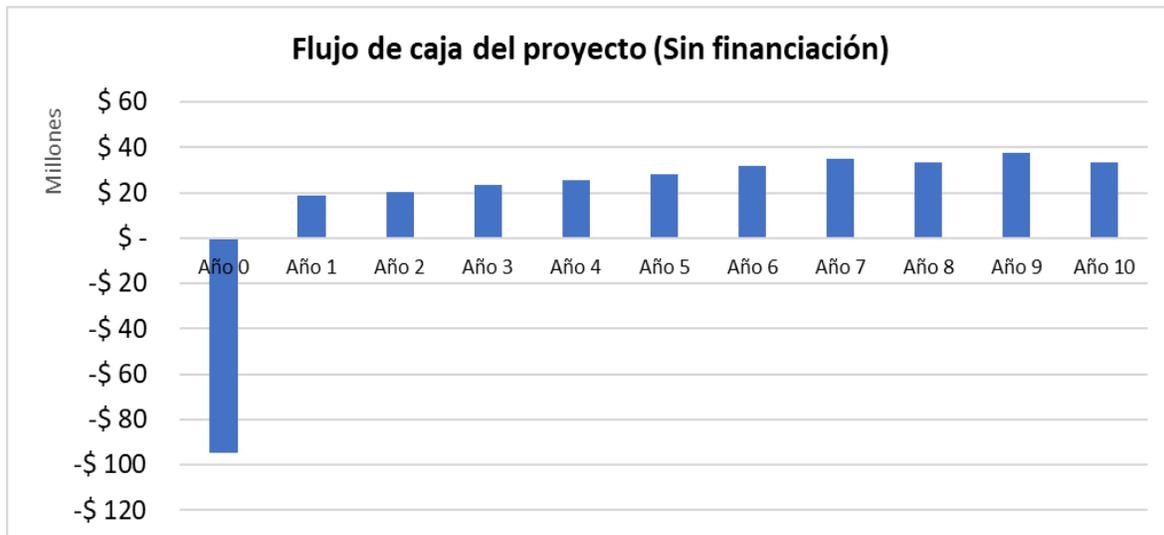


Gráfica 7 ESF Balance General Año Cero

## 5.5 Flujos de caja con y financiación

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de los flujos de caja libre (De la empresa y los flujos de caja del inversionista:

### 5.5.1 Flujos de caja del proyecto, Sin financiación



*Gráfica 8 FCL Flujo de Caja del Proyecto*

A continuación, los cálculos de rentabilidad del proyecto sin financiación:

<b>VPN</b>	<b>\$ 71'696'936</b>
<b>CK = WACC sin BT FCL</b>	<b>14.00%</b>
<b>Kd</b>	<b>11.60%</b>
<b>TIR Empresa</b>	<b>23.42%</b>
<b>TIRM</b>	<b>18.40%</b>

*Tabla 15 Parámetros de evaluación del Proyecto*

De la tabla anterior se concluye que se cumple la esencia de los negocios, en VPN es positivo, y la TIR de la empresa es mayor al WACC y al Kd.

### 5.5.2 Flujos del inversionista, Con financiación



*Gráfica 9 FCI, Flujo de caja del inversionista*

A continuación, los cálculos de rentabilidad del inversionista, con financiación:

<b>VPN</b>	<b>\$ 164'748'682</b>
<b>Ke</b>	<b>23.16%</b>
<b>TIR Inversionista</b>	<b>43.51%</b>
<b>TIRM</b>	<b>30.86%</b>

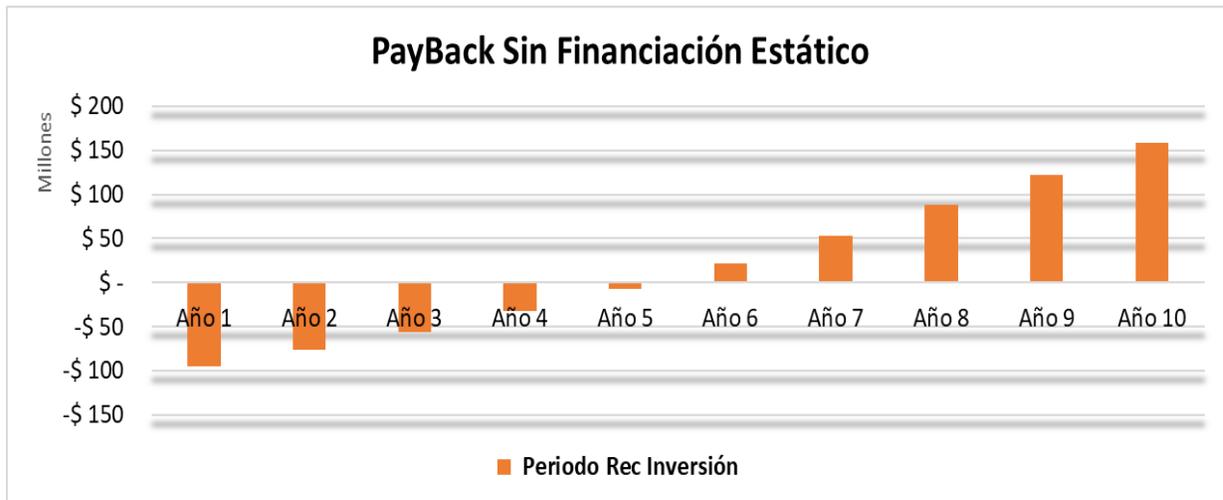
*Tabla 16 Parámetros de evaluación del inversionista*

De la tabla anterior se concluye que se cumple la esencia de los negocios, en VPN es positivo, y la TIR del inversionista es mayor al WACC y al Ke.

### 5.6 Periodo de Recuperación de la Inversión, con y sin financiación

A continuación, se muestran los resultados del periodo de recuperación de la información, con y sin financiación, bajo los supuestos simulados:

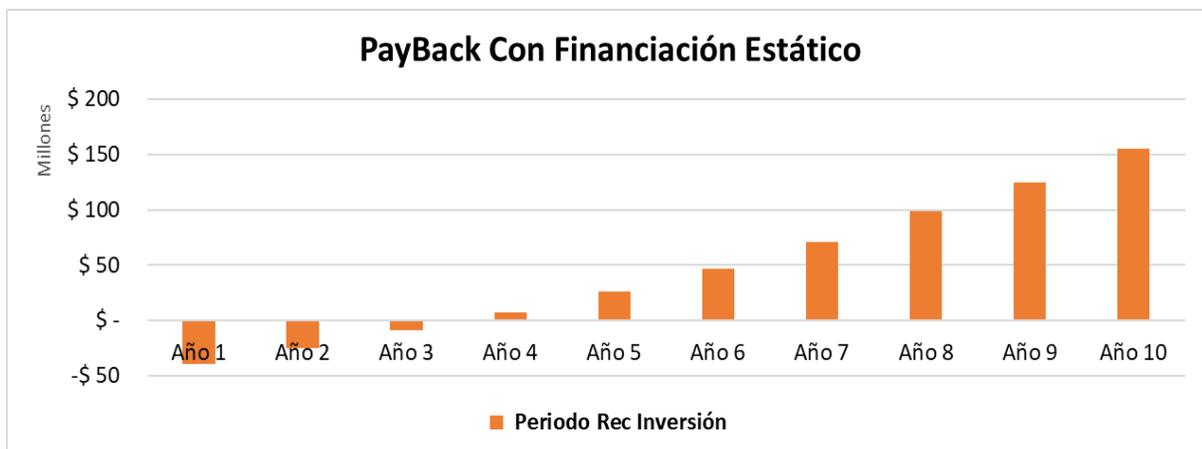
### 5.6.1 Periodo de Recuperación de la Inversión, sin financiación



*Gráfica 10 PRI Sin Financiación*

De la gráfica anterior, se concluye que la inversión sin financiación se recupera a partir del año 6.

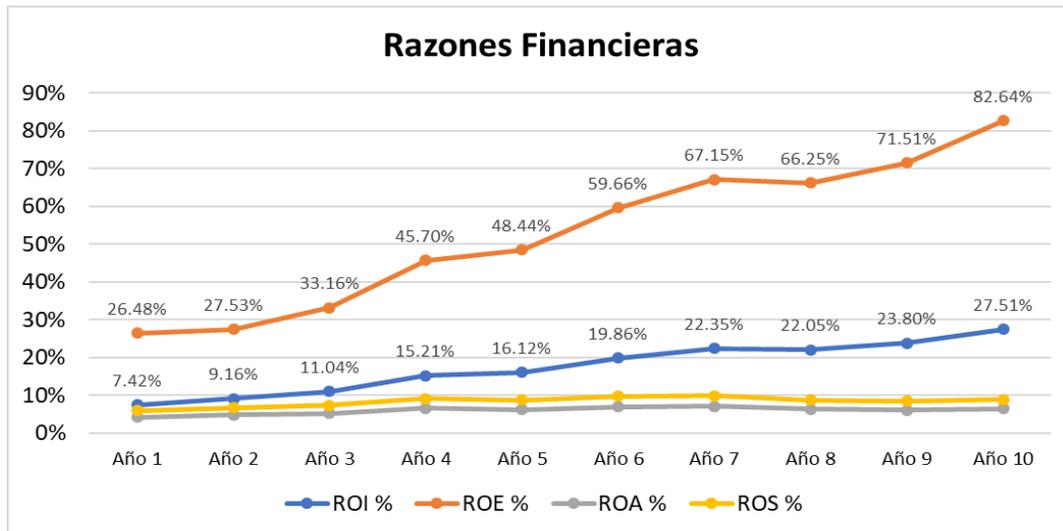
### 5.6.2 Periodo de Recuperación de la Inversión, con financiación



*Gráfica 11 PRI Sin Financiación*

De la gráfica anterior, se concluye que la inversión sin financiación se recupera a partir del año 4.

## 5.7 Razones



*Gráfica 12 Razones Financieras*

Este como cualquier otro proyecto que se emprenda está sometido a un gran número de riesgos que pueden o no impactar los objetivos de este, en nuestro caso los objetivos del proyecto los podemos enunciar de la siguiente manera:

## 6. ESTUDIO DE RIESGOS

Este como cualquier otro proyecto que se emprenda está sometido a un gran número de riesgos que pueden o no impactar los objetivos de este, en nuestro caso los objetivos del proyecto los podemos enunciar de la siguiente manera:

### **OBJETIVO GENERAL:**

Identificar, analizar, formular y promover proyectos de energía solar como solución al sistema de alumbrado público en el municipio del Peñol en el oriente de Antioquia buscando alinearse con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, y aprovechando las leyes y reglamentación que hay sobre ellos.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- a. Recopilar, procesar y analizar la *información* acerca de alumbrado público existente y como este *impacta en los indicadores* de eficiencia energética, calidad, cobertura, financieros, técnicos y ambientales del municipio.
- b. Analizar los *costos* asociados a la *implementación* de un proyecto de energía no convencional aprovechando los *beneficios tributarios* otorgados por la ley 1715 y la resolución CREG 030 y otra normatividad asociada a las fuentes de energía no convencional solar fotovoltaica.
- c. Formular un proyecto de energía no convencional solar fotovoltaica aplicado al sistema de alumbrado públicos del municipio del Peñol con análisis de *cierres financieros* y *ambientales* que permitan la *inversión* del sector privado en este tipo de iniciativas.
- d. Elaborar un *análisis comparativo* de alternativas de *inversión* por los métodos tradicionales financieros que permitan tomar decisiones acerca de la asignación de presupuestos para una de las alternativas.

e. Promover en el sector privado el interés en la *inversión* de iniciativas de energía solar para mitigar los impactos ambientales y buscando márgenes de *rentabilidad* atractivos.

La metodología usada que definirá el enfoque del análisis de riesgos se basará en la propuesta en el PMBOK capítulo 11 de la 6ta edición y donde se propone como herramientas de análisis: en un juicio de expertos, ya que se han trabajado proyectos similares con diferentes tecnologías como son proyectos de iluminación de alumbrado público, adicional a reuniones entre los del equipo del proyecto con el fin de identificar los riesgos asociados de acuerdo a sus categorías.

Los roles y responsabilidades se definirán en el formato de riesgos que hemos elaborado para este proyecto donde se define a los mismos del equipo con roles y responsabilidades, esto se efectuará para cada uno de los riesgos, definiendo quien será el responsable, cuál es su función y que actividad deberá ejecutar para dar respuesta al riesgo.

Los presupuestos asignados dependerán de los riesgos asociados, así por ejemplo para un riesgo como el de daño de un equipo deberá tener en cuenta un presupuesto de repuestos que cubra dichas contingencias, mientras que la negación de un trámite o dilatación de este no es un ítem representativo en temas presupuestales.

Estos proyectos por ser de tiempo de ejecución rápida los tiempos deben ser inmediatos, así si se materializa un riesgo, las personas y sus tiempo deben actuar de manera inmediata, así como el seguimiento de los riesgos debe ser continuo, para no dejar que una desviación nos desenfoque de los objetivos.

Se efectúa una categorización de riesgos asociados a un sistema del grupo terciario de prestación de servicios, entre ellos estas los financieros, técnicos, de la Organización, macroeconómicos, legales, ambientales, de orden público, políticos, de Interesados, de cadena de suministro, y del mercado.

Se considera dentro de la metodología propuesta las matrices de probabilidad e impacto las cuales nos ayudan a priorizar los riesgos de acuerdo con sus implicaciones en los objetivos del proyecto, para cada uno del riesgo se efectúa el análisis de probabilidad e impacto y se determinan los niveles de riesgo financiero y de calidad en el proyecto.

Se anexa un documento tipo Formato de riesgos que nos ayuda a evidenciar toda la metodología al plan de sistemas de riesgos del proyecto y que involucra tanto las salidas como el seguimiento a los riesgos.

Con lo anterior podemos identificar algunos ejes centrales hacia donde se debe desenvolver el estudio de riesgos y como estos se deben gestionar de manera integral desarrollando una respuesta para cada uno de los conocidos e inclusive de los desconocidos. Las palabras como Información, beneficios tributarios, cierres financieros, cierres ambientales, inversión, rentabilidad.

## **6.1 Identificación**

Para el proceso de identificación se deben determinar los riesgos que puedan afectar el proyecto y documentar sus características principales, que por medio de un proceso iterativo se deben ir monitoreando con el fin de identificar nuevos riesgos que se van dando en el transcurso del proyecto y en el que deben participar todos los interesados.

Uno de los pasos importante en la identificación de los riesgos es la categorización de los mismos, que es el proceso de proporcionar un medio agregar las causas potenciales de riesgo. Una estructura del desglose de riesgos, RBS, ayuda al equipo del proyecto a tener en cuenta las numerosas fuentes que puedan dar lugar a riesgos, lo podemos representar por medio de una estructura jerárquica como se muestra a continuación:

IDENTIFICADOR	CLASIFICADOR	RIESGO	CAUSA	CONSECUENCIA
1,1	FINANCIERO	VOLATILIDAD DE LA TASA DE INTERES	FLUJOS NO FAVORABLES	NO SEA VIABLE
1,2	FINANCIERO	VOLATILIDAD EN LA TASA DE CAMBIO	NO APLIQUE BENEFICIOS	PERDIDA DE INTERES
1,3	FINANCIERO	ALTA INVERSIÓN INICIAL	ALTOS COSTOS	INCAPACIDAD DE EJECUCION
1,4	FINANCIERO	BAJA RENTABILIDAD	IMPREVISTOS Y OTROS	PERDIDA DE INTERES
2,1	TECNICOS	CAMBIO TECNOLÓGICO	NUEVOS ENTRANTES	PRODUCTOS QUE REEMPLAZAN
2,2	TECNICOS	EFICIENCIA DE EQUIPO	CALIDAD DEL EQUIPO	RECHAZO DEL PRODUCTO
2,3	TECNICOS	VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS EN AÑOS	CALIDAD DEL EQUIPO	ALTA OBSOLECENCIA
2,4	TECNICOS	DAÑOS DE LOS EQUIPOS	CALIDAD DEL EQUIPO	LUMINARIAS FUERA DE SERVICIO
2,5	TECNICOS	CONTINUIDAD DEL SERVICIO EN HORAS	CALIDAD DEL EQUIPO	INSATISFACCION DEL USUARIO
3,1	ORGANIZACIÓN	PROYECTO NO PRIORITARIO	MOTIVOS ESTRATEGICOS	POSTERGACION
3,2	ORGANIZACIÓN	FINANCIAMIENTO	RECURSOS ESCASOS	NO SEA VIABLE
5,1	LEGALES	ESTABILIDAD JURÍDICA	CAMBIOS EN LAS REGLAS	IMPACTA LOS BENEFICIOS
6,1	AMBIENTALES	NEGACIÓN DEL PERMISO	GESTION	NO SEA VIABLE
6,2	AMBIENTALES	CONDICIONES AMBIENTALES ADVERSAS	FENOMENO NATURAL	MENOR AUTONOMIA
7,1	ORDEN PUBLICO	VANDALISMO, luminarias afectadas año	CULTURAL	LUMINARIAS FUERA DE SERVICIO
7,3	ORDEN PUBLICO	EXTORSION	CULTURAL	AFFECTA EL COMPONENTE FINANCIERO
8,1	POLITICOS	CAMBIO EN LA ADMINISTRACION	FIN DE CICLO DE GOBIERNO	CONTINUIDAD DEL PROYECTO
8,2	POLITICOS	CORRUPCION	COIMAS POR ADJUDICACIONES	AFFECTA EL COMPONENTE FINANCIERO
9,1	INTERESADOS	ENEMIGOS DEL PROYECTO	SESGOS SOCIO/CULTURALES	CONTINUIDAD DEL PROYECTO
10,1	CADENA DE SUMINISTRO	FALLAS EN LAS ENTREGAS DE IMPORTACION	MAL SELECCION DE PROVEEDORES	RETRAZOS EN EL PROYECTO
10,2	CADENA DE SUMINISTRO	FALLAS EN EL TRANSPORTE	DAÑOS EN LOS EQUIPOS	RETRAZOS EN EL PROYECTO
11,1	MERCADO	SOBREFERTA COMPETENCIA	POLITICAS DE PROMOCION	BAJOS PRECIOS DE VENTA

*Tabla 17 Tabla de Identificación de Riesgos RBS*

Los anteriores son los riesgos que una vez categorizados se logran identificar como riesgos conocidos y que cada uno de ellos tienen una probabilidad y un impacto que es lo que revisaremos en el análisis cualitativo con el fin de priorizarlos.

## 6.2 Riesgos cualitativos

El objetivo del análisis cualitativo de los riesgos SEGÚN (PMBOK, 2013). “es priorizar los riesgos para su análisis y respuesta a ellos de manera posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto e dichos riesgos”. Aquí nos daremos cuenta en cuales riesgos debemos enfocarnos y concentrarnos en riesgos de alta prioridad.

Por lo anterior centraremos el análisis en los riesgos identificados en la sección anterior por medio de las matrices de probabilidad e impacto y conociendo su nivel de riesgo que es

la multiplicación de la Probabilidad P por el impacto I, (PxI). De esta manera da como resultado las matrices relacionadas en el anexo 2:

En la siguiente tabla, se visualiza el Rankin de los principales riesgos identificados en el proyecto:

RANKING	REF	CATEGORIA	RIESGO	CAUSA	CONSECUENCIA
1	5,1	LEGALES	ESTABILIDAD JURÍDICA	CAMBIOS EN LAS REGLAS	IMPACTA LOS BENEFICIOS
2	1,2	FINANCIERO	VOLATILIDAD EN LA TASA DE CAMBIO	NO APLIQUE BENEFICIOS	PERDIDA DE INTERES
3	1,4	FINANCIERO	BAJA RENTABILIDAD	IMPREVISTOS Y OTROS	PERDIDA DE INTERES
4	8,1	POLITICOS	CAMBIO EN LA ADMINISTRACION	FIN DE CICLO DE GOBIERNO	CONTINUIDAD DEL PROYECTO
5	8,2	POLITICOS	CORRUPCION	COIMAS POR ADJUDICACIONES	AFECTA EL COMPONENTE FINANCIERO

*Tabla 18 Rankin de Riesgos Identificados en el Proyecto*

### 6.3 Riesgos cuantitativos

Para determinar los riesgos cuantitativos se realizaron análisis de sensibilidad, análisis de equilibrio, Análisis de escenarios y análisis de probabilidad de ocurrencia por el método de Montecarlo en software @RISK., considerando las principales variables que pueden afectar el proyecto.

### 6.4 Medición

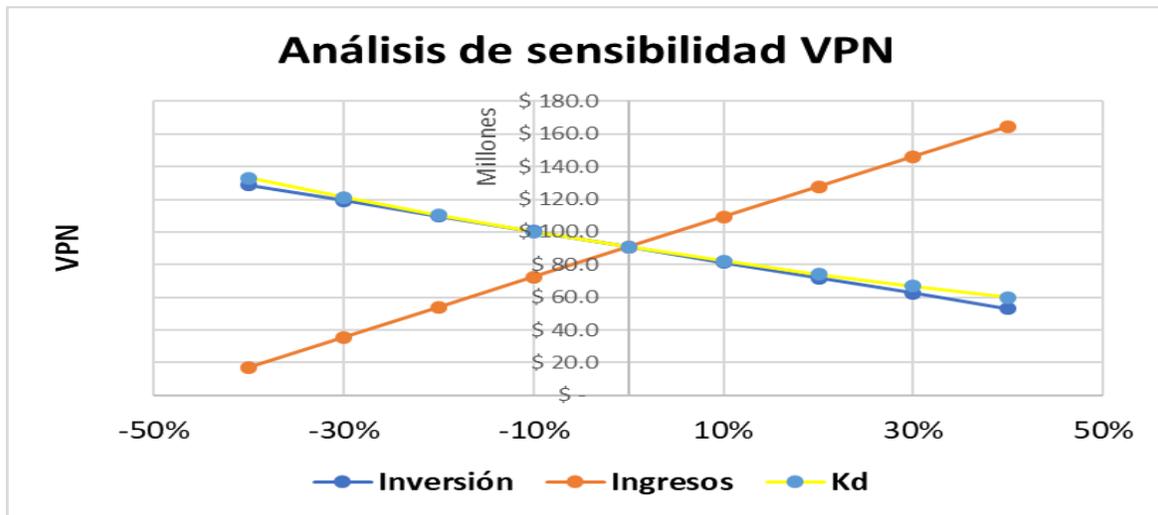
A continuación, se describe cada uno de los análisis para determinar los riesgos y las variables más sensibles que puedan afectar el proyecto y a las cuales hay que administrar.

#### 6.4.1 Análisis de sensibilidad

En el análisis de sensibilidad se requiere conocer como varía el VPN al modificar una variable y Ceteris Paribus - Los demás iguales.

Para realizar el análisis de sensibilidad, se promediaron las variables medidas en el periodo de evaluación, información sacada del estado de resultados, con el fin de determinar un valor promedio el cual se pudiera modelar, }.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad.

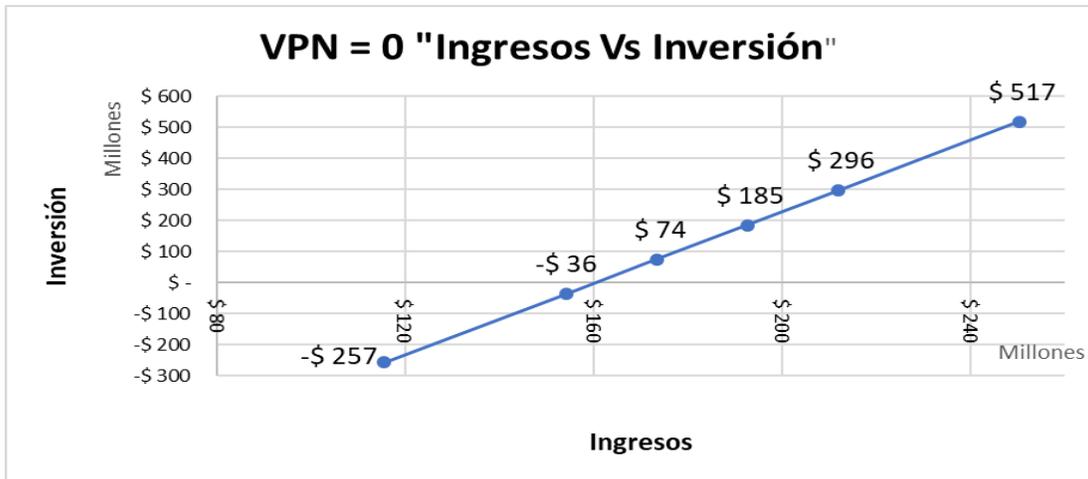


*Gráfica 13 Análisis de Sensibilidad del Proyecto*

Como se observa en la gráfica anterior, una variación en la inversión y en el kd es directamente proporcional al incremento en el valor del VPN, una variación en los ingresos es inversamente proporcional al incremento en el VPN, por lo tanto los ingresos son una variable sensible al proyecto.

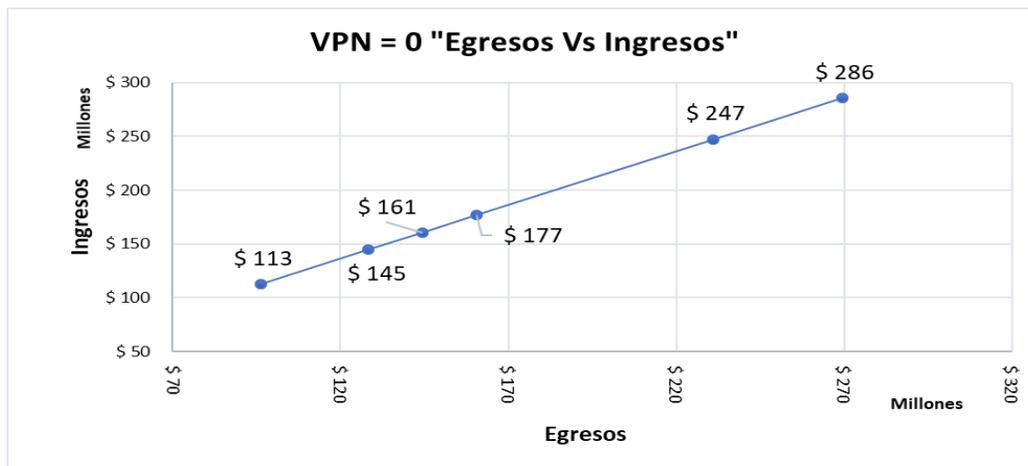
#### 6.4.2 Análisis de equilibrio

Iguals consideraciones que en el análisis de sensibilidad, lo que se busca es identificar los cambios de una variable con respecto a la variación de otra, dejando las demás constantes, donde el VPN sea igual a cero., a continuación, se presentan tres gráficas de análisis de equilibrio.



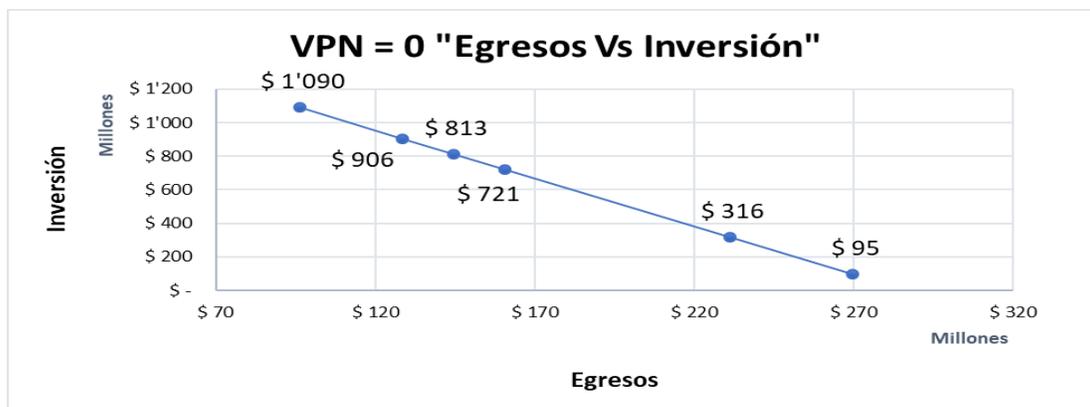
*Gráfica 14 Análisis de Equilibrio Ingresos Vs Inversión*

En esta gráfica se observa que para que el VPN sea positivo, la reducción en los ingresos debe ser proporcional a la reducción de la inversión.



*Gráfica 15 Análisis de Equilibrio, Egresos Vs Ingresos*

En esta gráfica se observa que para que el VPN sea positivo, la reducción en los egresos debe ser proporcional a la reducción de los ingresos.



Gráfica 16 Análisis de Equilibrio Egresos Vs Inversión

En esta gráfica se observa que para que el VPN sea positivo, el aumento en los egresos debe ser inversamente proporcional a la reducción en la inversión.

#### 6.4.3 Análisis de escenarios

En el análisis de escenarios, lo que se busca es recrear diferentes tipos de escenarios con el objeto de verificar como se afecta una variable financiera en este caso el VPN, al simular diferentes tipos de escenarios, en este análisis se pueden variar las variables de entrada.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el análisis de escenarios.

Resumen del escenario								
	Valores actuales:	Escenario Moderado	Escenario Pesimista	Escenario Optimista	Escenario Optimista Tasa Inte	Escenario Pesimist TI		
<b>Celdas cambiantes:</b>								
Inversión	-\$ 94'641'598	-\$ 94'641'598	-\$ 94'641'598	-\$ 94'641'598	-\$ 94'641'598	-\$ 94'641'598	-\$ 94'641'598	-\$ 94'641'598
Ingresos	\$ 192'516'612	\$ 192'516'612	\$ 150'000'000	\$ 210'000'000	\$ 192'516'612	\$ 192'516'612	\$ 192'516'612	\$ 192'516'612
Egresos	-\$ 160'425'488	-\$ 160'425'488	-\$ 180'000'000	-\$ 165'000'000	-\$ 160'425'488	-\$ 160'425'488	-\$ 160'425'488	-\$ 160'425'488
Salvamento	\$ 3'430'151	\$ 3'430'151	\$ 3'430'151	\$ 3'430'151	\$ 3'430'151	\$ 3'430'151	\$ 3'430'151	\$ 3'430'151
Vida	10	10	10	10	10	10	10	10
Tasa	11.60%	11.60%	15.00%	11.60%	10.10%	15.00%	15.00%	15.00%
<b>Celdas de resultado:</b>								
VPN	\$ 90'832'964	\$ 90'832'964	-\$ 244'356'776	\$ 164'980'946	\$ 103'010'727	\$ 103'010'727	\$ 103'010'727	\$ 67'264'208

Tabla 19 Análisis de Escenarios del Proyecto

Como se observa en este gráfico, las variables de ingresos y egresos son las que mas afectan el VPN, la variable tasa de interés es poco sensible al cambio en el VPN.

#### 6.4.4 Análisis de riesgos método de Montecarlo

Simulando en software @Risk, utilizando las mismas consideraciones del análisis de sensibilidad, y utilizando las siguientes distribuciones de probabilidad

- Inversión: Distribución de probabilidad uniforme
- Ingresos y egresos: Distribución triangular
- Kd, Distribución uniforme

Se obtuvieron los siguientes resultados

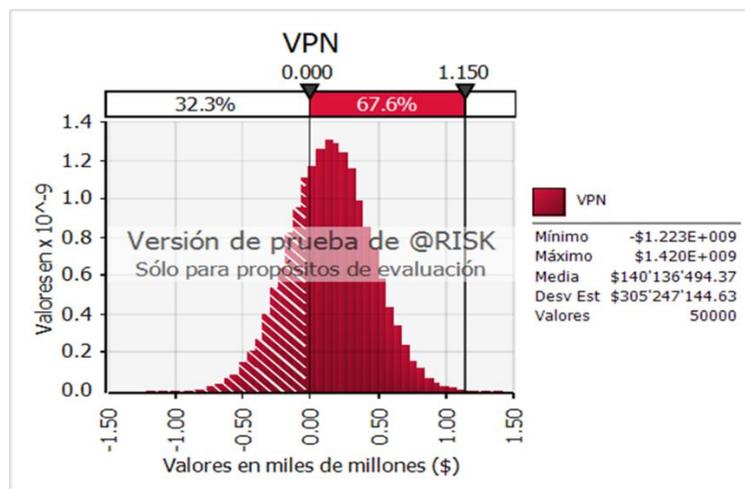


Tabla 20 Gráfica de probabilidad VPN Negativo versión 1

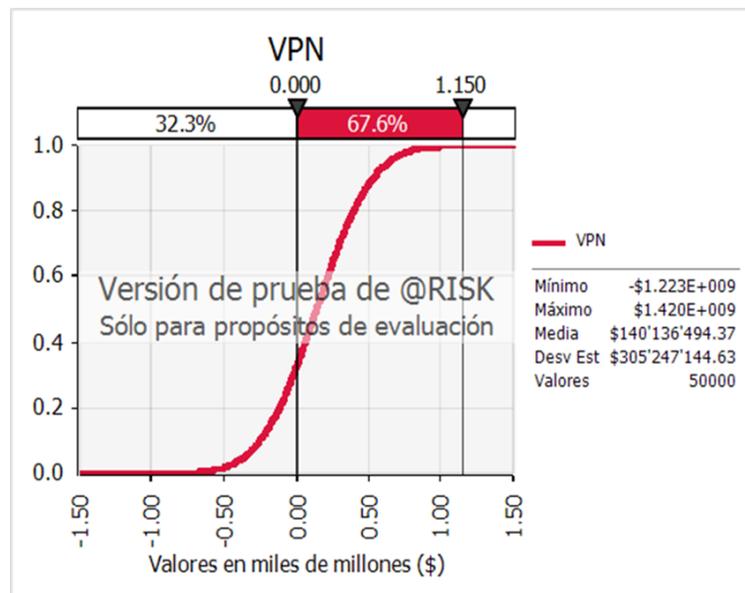


Tabla 21 Gráfica de probabilidad VPN negativo Versión 2

Para este análisis la probabilidad de que el VPN sea negativo es del 32.3 %, es una probabilidad alta, teniendo en cuenta que las variables mas sensibles son los ingresos y egresos, se deberá prestar especial atención en estas dos variables en el periodo de evaluación con el fin de minimizar este riesgo.

## **6.5 Plan de administración del riesgo**

Dentro del plan de administración de los riesgos identificados y cualitativos y cuantitativos se plantean diferentes alternativas de mitigación, seguimiento y control durante el periodo de evaluación del proyecto.

- Estrategia de Evasión del Riesgo: Para los riesgos identificados como inestabilidad jurídica y corrupción, se recomienda no ejecutar el proyecto.
- Estrategia de transferir el Riesgo: Posibles incumplimientos de terceros en cuanto a materias primas o garantías, adquirir las diferentes pólizas, que cubran el proyecto en caso de materializarse un riesgo.
- Estrategia de Mitigación del riesgo: Para el caso de los riesgos cuantitativos, se deberá realizar mediciones constantes de los flujos de caja del proyecto, realizar negociaciones con proveedores y asegurar precios en mercancías, con el fin de controlar los costos del proyecto, como el proyecto es conservador, ya que plantea solo una solución anual, una manera de mitigar posibles riesgos es abrir el mercado hacia otros municipios incluso hacia otros proyectos privados como parque industriales, parques residenciales o áreas no interconectadas, con el posible cambio de administración se deberá realizar una estrategia comercial para mostrar las bondades del proyecto y presentar el proyecto al municipio para gestión por regalías, debido a que por este medio no se le cargaría costos a los usuarios y se obtienen beneficios como el ahorro por el no pago del consumo de energía en kW hora, además de los beneficios en impacto ambiental, reducción del efecto invernadero y mejoramiento en la calidad de la iluminación.

## 7. CONCLUSIONES

El presente informe se elabora bajo el supuesto que se aprovecha los beneficios de ley tributarios de la ley 1715, la aprobación del concepto de la ANLA en temas ambientales, la aprobación de un crédito de línea verde de Bancolombia con tasas preferenciales y plazos flexibles hasta de 10 años con periodos de gracia hasta de 2 años. En los anteriores supuestos se debe indicar que en Colombia aún sigue siendo complejo adelantar trámites tributarios por los tiempos de respuesta, por lo que se recomienda adelantar dichos proyectos con la suficiente anticipación y evitar riesgos en los cronogramas.

Las tendencias mundiales en energías renovables, el mercado de oferta y demanda, la conciencia por la conservación del medio ambiente, las leyes regulatorias emitidas por el gobierno central, los beneficios tributarios son vectores que permiten favorecer este tipo de proyectos por lo que combinado con estudios financieros con flujo de caja libre y flujos de inversionista permiten que sean viables, como se demostró en el presente informe.

Se resalta la importancia del seguimiento de las directrices de la ONU por parte de las entidades territoriales a lo que concierne al artículo 7 de los objetivos de desarrollo sostenible con miras al año 2030, de Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos; en este sentido el gobierno nacional viene ya desarrollando desde hace ya varios años legislaciones que favorecen este tipo de proyectos como los expuestos en el presente informe.

La demanda de energía eléctrica a nivel mundial en el año 2050 se duplicara y ya actualmente estamos viendo los efectos de una escasa oferta energética en el país que trae como consecuencia sobrecostos en las tarifas del kWh, por tanto las energías renovables son una solución indispensable a ingresar en el mercado energético para dar cobertura a las necesidades actuales en materia energética.

Actualmente el país está atrasado tecnológicamente en materia de alumbrado público y gran porcentaje del país usa tecnologías obsoletas como el sodio para iluminar espacios

públicos. Existe un reto importante para migrar hacia tecnologías eficientes como la led y en el caso nuestro respaldado por fuente de energías renovables, como ya se está haciendo en varias partes del país.

El mercado de las soluciones renovables esta sobre ofertado de productos como paneles solares, luminarias tipo Led, inversores y controladores, nuestro proyecto decide por un sistema integrado de iluminación para el análisis del proyecto ya que nos evita costos como los certificados del producto, mano de obra calificada para su ensamble y nos permite mejores flujos operativos, como se evidencia en el estudio financiero.

En el sondeo de percepción a la comunidad se muestra la tendencia que hay entre la iluminación y la seguridad y de lo necesario que es tener en el entorno una buena iluminación para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. Adicional, se deberá tener en cuenta que un sistema de iluminación autónomo con fuente de energía renovable bajaría la tarifa de cargo fijo en el tributo que deben hacer los ciudadanos al municipio.

En el sistema integrado es importante una buena solución que combine eficiencia en paneles solares, con una la vida útil de las baterías ya que esto permite avizorar el horizonte del proyecto y saber cuándo tomar las decisiones de inversión y reinversión. En este sentido la solución del proyecto se da con paneles mono cristalinos y baterías de litio.

En Colombia se han logrado grandes avances en aspectos legales para proyectos que tengan que ver con fuentes de energía renovable, estos logros con jerarquías de leyes de la republica permiten articular proyectos que antes parecían imposibles para países como el nuestro, ahora gracias a estos beneficios Colombia le está apostando a pasar del 1% de participación en la matriz energética a 10% para el año 2030 y de esta manera cumplir con los requerimientos de las organizaciones unidades.

Los proyectos de energías renovables contribuyen con la mitigación del impacto ambiental a consecuencias de las emisiones de CO2 catalogadas en el protocolo de Kioto como emisión de gas invernadero, para el proyecto del presente informe en el primer año

donde se hace una implementación piloto con tan solo 47 luminarias la disminución de emisión de CO<sub>2</sub> a la atmosfera supera las 5 toneladas y para años subsiguientes va incrementando su mitigación hasta llegar a 390 Toneladas en el horizonte del proyecto de acuerdo al número de luminarias que son reemplazadas por la nueva tecnología.

A nivel de riesgo estos son múltiples y diversos, se deberá tener en cuenta la implementación de un plan de respuesta a los riesgos que resulte efectivo, dada la probabilidad superior al 30% de que el VPN sea negativo, lo que implicaría la inviabilidad del proyecto y de la decisión de inversión.

La estrategia nos permitirá crear un espacio en el mercado del sector; la estrategia consiste en los siguientes criterios, los cuales son considerados de importancia en este tipo de proyectos; Se debe Aprovechar las necesidades que tienen las entidades territoriales encabezadas por la gobernación en cumplir con los ODS promulgados por la ONU, también debemos considerar la formulación de proyectos con recursos de las regalías generales de la nación por medio de entidades institucionales como el DNP o la gobernación, donde los recursos actualmente no se están utilizando, por otro lado se debe lograr sinergias entre la cadena de suministro que permita tener precios competitivos en los componentes de los activos y así eliminar competencia, Crear ambientes de negociación con los clientes potenciales en un ejercicio comercial de estudio de mercado y por ultimo Persuadir a las diferentes comunidades de interés que deben migrar a fuentes de energía no convencional solar fotovoltaica como suministro de solución energética.

Con este proyecto se satisface la a las necesidades del municipio en particular, en el primer año de acuerdo a las soluciones básicas en servicios insatisfechas se toma como alcance del proyecto las 47 luminarias del sector 1 (Barrios Santa Maria) donde es evidente que la comunidad tiene soluciones básicas insatisfechas y como se muestra en el documento del proyecto se pretenden resolver.

El tamaño de mercado es inmenso ya que los requerimientos de proyectos como estos se pueden dar a nivel nacional por las soluciones insatisfechas en un país como el nuestro, la

demanda del mercado se da por criterios del plan nacional de desarrollo donde se requieren incrementar la participación del componente de energías renovables en los próximos 10 años pasando del 1% que existe actualmente a un 10% al año 2030

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Colombia una potencia en energías alternativas (2019). Recuperado el 1 de abril de 2019 de <https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>.
- Unidad de Planeación Minero-Energética (2018). Boletín Estadístico de Minas y Energía 2016 – 2018, 79-80
- Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas – IPSE (2015), recuperado el 1 de abril de 2019 de : <https://es.slideshare.net/ccenergia/instituto-de-planificacin-y-promocin-de-soluciones-energicas-ipse>
- [Resolución 18-0540 del 2010 del Ministerio de Minas y Energía – por la cual se expide el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP.](https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23931303/RES180540_2010.pdf/a8e7e904-dc75-41a3-be82-9b990dd6ddb6)  
[https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23931303/RES180540\\_2010.pdf/a8e7e904-dc75-41a3-be82-9b990dd6ddb6](https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23931303/RES180540_2010.pdf/a8e7e904-dc75-41a3-be82-9b990dd6ddb6)
- [Resolución 90-708 del 2013 del Ministerio de Minas y Energía – por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.](https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13)  
<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>
- Resolución CREG No 030 de 2018 “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional”l.  
<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191?OpenDocument>
- Resolución CREG No 038 de 2018 “Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas”  
<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/71e64d5b21da40e8052582830078b66e?OpenDocument>
- Organización de Naciones Unidas (2019). Recuperado 12 de abril de 2019.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

- *World Energy Council* (2019). Energías renovables, subastas de largo plazo, cargos por confiabilidad y mercados estandarizados. Recuperado el 13 de marzo de 2019 de <https://www.worldenergy.org>
- Resolución CREG 020 (2019). Condiciones de competencia y formula para el traslado de precios del mecanismo de contratación a largo plazo del ministerio de minas y energía. Recuperado el 10 de abril de 2019 de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/f10ebb8f815d3c58052583a5007b11f7?OpenDocument>
- Resolución CREG 114 (2018). Mecanismos para la comercialización de la energía eléctrica. Recuperado el 20 de abril de 2019 de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/85c415a6b92296ab0525818f00035dfd?OpenDocument>
- Ley 1715 del 13 de mayo (2014). Por medio de la cual se regula la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Recuperado el 2 de abril 2019 [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)
- Porter, Michael Eugene, (2015). Análisis de Porter, las cinco fuerzas. Mexico. Patria.
- Santana Arango, J.E. (2012). Estudio estratégico sectorial aplicado en cinco hospitales universitarios IV nivel de complejidad en la ciudad de Bogotá D.C. Tesis de grado obtenido para la Universidad del Rosario. Bogotá. Colombia.
- Integración de la energía renovables no convencionales en Colombia, Convenio ATN/FM-12825-CO, 2015.
- Project Management Institute: Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, guía del PMBOK. (2013).
- La energía solar fotovoltaica en Colombia: Potenciales, antecedentes y perspectivas. Jhonatan Gómez Ramírez, Jairo Murcia, Iván Cabeza Rojas, facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas (2017).
- <https://es.solarlightsmanufacturer.com/las-ventajas-y-desventajas-del-alumbrado-publico-solar/>
- Alvarado E. & Jaramillo J. Sistemas fotovoltaicos para iluminación: sistemas de iluminación en 12 V, recuperado el 17 de agosto de 2019, de

<https://www.utpl.edu.ec/jorgeluisjaramillo/wp-content/uploads/2010/06/renlux-sistemas-de-iluminacion-12V.pdf>.

- Delta Volt SAC. Paneles solares, tipos y eficiencias. Recuperado el 18 de agosto de 2019, de <https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>.
- NRLE Transforming Energy. Best Research-Cell Efficiencies, recuperado el día 12 de agosto de 2019, de <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>
- BLOG Tecnosol. Baterías para energía solar. Conceptos y tipos de baterías, recuperado el 08 de septiembre de 2019, de <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/>
- SUNMASTER Solar Light Manufacturer. Ventajas y desventajas del alumbrado público solar, recuperado el 18 de agosto de 2019, de <https://es.solarlightsmanufacturer.com/las-ventajas-y-desventajas-del-alumbrado-publico-solar/>.
- Atlas Solar Ideam: [http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/6.Anexo\\_Promedios-mensuales-de-brillo-solar.pdf](http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/6.Anexo_Promedios-mensuales-de-brillo-solar.pdf)
- <http://www.banrep.gov.co/es/encuesta-proyecciones-macroeconomicas>
- <http://www.hybridsteingroup.com/rentabilidad-y-funcionalidad-de-el-litio-frente-a-otros-tipos-de-baterias/>
- Bustamante, G. (2017), Pautas para la iniciación y planificación de proyectos de inversión en bienes de capital, capítulo 5: estudio del impacto ambiental y de la salud. Serie Publicaciones PyP.
- Blandón, A., Ramírez, J., Vásquez, A., (2014). Implementación de tecnologías SSL en sistemas de iluminación, estudio de pre factibilidad, UdeA.
- Ortiz, J., (2018), Estudio de evaluación financiera para el cambio de tecnología de iluminación en la oficina Perú de Coninsa Ramón H. s.a. por iluminación led, UdeA.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, autoridad nacional de licencias ambientales, Bogotá D.C. 2017 Recuperado el 18 de agosto de 2019, de <https://www.minambiente.gov.co/>
- Guía practica para el cálculo de emisiones de gases para efectos invernadero (gei), comisión interdepartamental del cambio climático , oficina Cataluña, España. Recuperado el 11 de marzo de 2011 en la página web <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>

- Tovar, A. (2014), Evaluación del impacto ambiental de la energía solar y eólica en la biota de Colombia, universidad militar nueva granada, facultad de ingeniería 2014 Bogota-
- Bonilla, M., Madriñan, H., Herrera, Y., (2017), Factores de emisión del sistema interconectado nacional Colombia SIN, Recuperado el 15 de octubre de 2017 de <https://www1.upme.gov.co> › Documents › Proyectos normativos › Factor\_de\_Emisión
- <https://globalsolarsolution.co/product/luminaria-solar-40w/>
- <https://melexa.com/wp-content/uploads/2019/04/SYLVANIA-Catalogo-Solar-2019.pdf>
- <https://gigasistemassas.com/project/lampara-solar-alumbrado-publico-50w/>
- <https://www.banrep.gov.co/es/encuesta-proyecciones-macroeconomicas>
- [http://obieebr.banrep.gov.co/analytics/saw.dll?Dashboard&PortalPath=%2Fshared%2FDashboards\\_T%2FD\\_Subastas%20P%2FSubastas&page=TES&lang=es&NQUser=publico&NQPassword=publico](http://obieebr.banrep.gov.co/analytics/saw.dll?Dashboard&PortalPath=%2Fshared%2FDashboards_T%2FD_Subastas%20P%2FSubastas&page=TES&lang=es&NQUser=publico&NQPassword=publico)
- [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol\\_PIB\\_Itrim19\\_produccion.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_Itrim19_produccion.pdf)
- <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/productos-servicios/creditos/fomento/bancoldex>
- <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas/indicadores>
- <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>