

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA I.E. PABLO VI, UBICADA EN
LA CABECERA MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE PUERTO TRIUNFO ANTIOQUIA.

ERNESTO HERNÁNDEZ GUERRA C.C.98649061

YENCY TATIANA CEBALLOS BEDOYA C.C. 1036635253

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ESUMER
FACULTAD DE ESTUDIOS EMPRESARIALES Y MERCADEO
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
MEDELLÍN

2021

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA I.E PABLO VI, UBICADA EN
LA CABECERA MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE PUERTO TRIUNFO ANTIOQUIA.

ERNESTO HERNÁNDEZ GUERRA
YENCY TATIANA CEBALLOS BEDOYA

Trabajo presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor

ELKIN DARIO RAVE GÓMEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ESUMER
FACULTAD DE ESTUDIOS EMPRESARIALES Y MERCADEO
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
MEDELLÍN

2021

CONTENIDO

TÍTULO	9
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVO GENERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
5. MARCO DE REFERENCIA	21
5.1. ESTADO DEL ARTE	21
5.2. MARCO TEÓRICO	26
5.2.1. Estudio del Sector y del Mercado	29
5.2.2. Estudio Técnico	30

	4
5.2.3. Estudio Financiero y Económico	31
5.3. MARCO CONCEPTUAL	34
6. MARCO METODOLÓGICO	37
6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN A DESARROLLAR	37
6.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	37
6.2.1. Estudio del entorno y del mercado	38
6.2.2. Estudio Técnico	38
6.2.3. Estudio Financiero	39
7. ENTREGA Y DIFUSIÓN	40
8. USUARIOS POTENCIALES Y SECTORES BENEFICIADOS	41
9. FORMULACIÓN DEL PROYECTO	42
9.1. ESTUDIO DEL ENTORNO Y DEL MERCADO	42
9.1.1. Estudio del Entorno	42
9.1.1.1. Político	43
9.1.1.2. Económico	44
9.1.1.3. Social	45
9.1.1.4. Tecnológico	47
9.1.1.5. Ambiental	47
9.1.1.6. Legal	48

		5
9.1.1.7.	Comportamiento y Tendencias del Sector	49
9.1.2.	Estudio del Mercado	51
9.1.2.1.	Descripción Del Producto	51
9.1.2.2.	Demanda	51
9.1.2.2.1.	Comportamiento Histórico Por Crecimiento Demográfico	52
9.1.2.2.2.	Situación Actual Por Consumo De Energía	53
9.1.2.2.3.	Situación Futura	56
9.1.2.3.	Oferta	57
9.1.2.4.	Precio	60
9.1.2.4.1.	Comportamiento Histórico	60
9.1.2.4.2.	Elasticidad: precio – demanda y precio – oferta	62
9.1.2.4.3.	Determinación De Las Principales Variables Para La Definición Del	
Precio	62	
9.1.2.4.4.	Proyección de Precios	63
9.1.2.5.	Plaza	64
9.1.2.5.1.	Canales de Comercialización y Distribución del Producto	64
9.1.2.5.2.	Descripción de los Canales de Distribución	65
9.1.2.5.3.	Ventajas y desventajas de los Canales de Distribución Empleados	65
9.1.2.6.	Almacenamiento	65
9.1.2.7.	Promoción y Publicidad	65
9.1.2.7.1.	Estrategias de Promoción y Publicidad	66
9.1.2.7.2.	Costos de Promoción y Publicidad	66
9.2.	ESTUDIO TÉCNICO	67

	6
9.2.1. Localización	67
9.2.1.1. Macrolocalización	67
9.2.1.1.1. Localización Geográfica Con Referencia Departamental	67
9.2.1.1.2. Localización Geográfica Con Referencia Municipal	68
9.2.1.2. Microlocalización	69
9.2.2. Tamaño	72
9.2.2.1. Parámetros para analizar el tamaño	72
9.2.2.2. Tamaño Óptimo	75
9.3. INGENIERIA DEL PROYECTO	76
9.3.1. Inversiones en maquinaria y equipo, muebles y enseres	81
9.3.2. Descripción de insumos	86
9.3.3. Determinación de mano de obra necesaria	86
9.3.4. Distribución espacial	88
9.3.6.1 Distribución Interna	89
9.4. ANÁLISIS ADMINISTRATIVO	93
9.4.1. Organigrama	94
9.4.2. Descripción Del Personal	96
9.5. ANALISIS LEGAL	97
9.5.1. Tipo de Sociedad.	97
9.5.2. Requisitos legales.	98
10. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	102

10.1.	Supuestos económicos	102
10.2.	Flujo de inversiones	103
10.3.	Activos fijos	104
10.3.1.	Activos Diferidos	104
10.3.2.	Capital de Trabajo.	104
10.4.	Flujo de Ingresos	105
10.5.	Flujo de egresos	105
10.6.	Alternativas de financiación.	106
10.7.	Estados Financieros	106
10.7.1.	Estado Integral de Resultados	106
10.7.2.	Estado situación financiera	107
10.8.	Tabla tornado	109
10.9.	Flujo de caja del proyecto	110
10.10.	Periodo de Recuperación inversión PRI	111
10.11.	Análisis de Riesgos	113
10.12.	Beneficio ambiental	117
	CONCLUSIONES	119
	LISTA DE ILUSTRACIONES	121

LISTA DE TABLAS

123

BIBLIOGRAFÍA

125

TÍTULO

Estudio de prefactibilidad de la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en la I.E Pablo VI, ubicada en la cabecera municipal del Municipio de Puerto Triunfo Antioquia.

RESUMEN

El proyecto pretende evaluar la prefactibilidad de implementar un sistema de generación de energía fotovoltaica en el colegio Pablo VI ubicado en el municipio de Puerto Triunfo, Antioquia aprovechando así, el gran potencial que tiene el municipio de generar energía solar por su posición estratégica, y de esta forma contrarrestar la problemática mundial del uso de fósiles y agua como fuentes de energía que afectan al medio ambiente, principalmente con emisiones de gases efecto invernadero que agravan el calentamiento global. Además, por medio de este proyecto de índole social se busca que el colegio pueda reducir el valor de sus facturas por concepto de energía e impactar de manera positiva la comunidad estudiantil.

La prefactibilidad del proyecto se realizó de manera descriptiva, con el método deductivo que permitió identificar el funcionamiento técnico del sistema, componentes, tamaño, costos y tiempo de recuperación de la inversión. Así mismo se usaron herramientas y datos de carácter cualitativo y cuantitativo para el análisis del entorno, del mercado, técnico, ingeniería del proyecto, legal, administrativo y la evaluación económica.

También se definió que la mejor opción era un sistema solar mezclado con la red, donde la energía solar suministra el 40% del consumo total del colegio con 18 paneles, debido a que es más económico y evita que se puedan perder energía en épocas de poco consumo.

Finalmente, se realizó el flujo de caja del proyecto a 5 años, el cual dio una TIR y VPN negativos, sin embargo, el periodo de recuperación de la inversión fue de 16 años, ya que este se

proyectó a 20 años que es la vida útil del sistema, demostrando de esta forma la viabilidad financiera de implementar el proyecto. Además, se concluyó que el proyecto reduciría en total 93.6 toneladas de emisiones de CO₂, significando un beneficio medio ambiental y social a la comunidad de Puerto Triunfo.

Palabras claves: Colegio, Puerto Triunfo, energía fotovoltaica, prefactibilidad y proyecto social.

ABSTRACT

The project evaluates the pre-feasibility of implementing a photovoltaic power generation system at Pablo VI school located in the municipality of Puerto Triunfo, Antioquia, taking advantage of their potential to generate solar energy due to its strategic location, to counteract the global problem of the use of fossils and water as energy sources that affect the environment, mainly with greenhouse gas emissions that aggravate global warming. In addition, through this project of a social nature, it is intended that the school could reduce the value of its energy bills and to impact positively its student community.

The pre-feasibility of the project was elaborated in a descriptive way, with the deductive method that allowed to identify the technical operation of the system, components, size, costs, and return on investment time. Moreover, qualitative, and quantitative methodology were used for the analysis of the following dimensions: environmental, market, technical, project engineering, legal, administrative, and economic evaluation.

The best option was a solar system mixed with the grid, where solar energy supplies 40% of the total consumption of the school with 18 panels, because it is cheaper and prevents energy waste.

Lastly, the cash flow of the project was accomplished for 5 years, with a negative IRR and NPV, however, the payback period was 16 years due to the system has a lifecycle of 20 years, showing the financial feasibility of making the project. Concluding, the project would reduce a total of 93.6 tons of CO₂ emissions, representing an environmental and social benefit to the community of Puerto Triunfo.

***Keywords:** School, Puerto Triunfo, photovoltaic energy, pre-feasibility and social project*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, cuyo título es “Estudio de prefactibilidad de la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en la I.E Pablo VI, ubicada en la cabecera municipal del Municipio de Puerto Triunfo Antioquia” está enmarcado en los criterios de la evaluación de proyectos, por lo tanto, en su desarrollo se realizarán una serie de estudios enfocados en determinar la mayor cantidad de aspectos relevantes para la ejecución, operación y control del mismo. Estos estudios, grosso modo, son: desarrollo de la idea, estudio de mercados, estudio técnico, estudio administrativo y estudio financiero.

Así mismo se tendrá en consideración, además de la gerencia y evaluación de proyectos, que en estos primeros años del siglo XXI la humanidad se ha visto con la ineludible tarea de reflexionar sobre el medio ambiente como un aspecto fundamental en el desarrollo económico y social, lo cual ha logrado que se desarrollen y mejoren tecnologías enfocadas en controlar fenómenos como el cambio climático, la producción de gases de efecto invernadero, la quema de combustibles fósiles, entre otros fenómenos que afectan el medio ambiente.

En este sentido el presente trabajo estará enfocado en plantear el estudio de prefactibilidad de un sistema de generación de energía eléctrica solar, buscando una alternativa a los sistemas tradicionales; además de buscar aliviar el costo de la factura de energía eléctrica de la I.E. Pablo VI del municipio de Puerto Triunfo- Antioquia, por medio de una única inversión.

Para atender a los objetivos, el presente trabajo se dividirá básicamente en dos partes: el anteproyecto y la formulación del proyecto. En la primera parte se presenta el desarrollo de la idea, la cual logra ser depurada mediante el trabajo de planteamiento del problema, la justificación, los objetivos y las limitaciones que se encontraron; de este modo en esta etapa se adquirió la seguridad y la claridad en todo lo respectivo al desarrollo de la idea.

Posteriormente, con el planteamiento y desarrollo del Marco Teórico se lograron adquirir los conocimientos necesarios referidos a la evaluación de proyectos y sistemas de generación fotovoltaica, todo lo cual sería indispensable para desarrollar la idea durante la etapa de formulación del proyecto.

En la segunda parte del trabajo, se hará la formulación del proyecto, enmarcada en cada uno de los estudios que recomienda la teoría de la evaluación de proyectos, así en esta etapa se logran determinar variables como la demanda y el precio del producto, con las cuales se realizará un prediseño que arrojará datos sobre el tamaño de la tecnología y los detalles de la ingeniería requerida para la ejecución del proyecto. Finalmente, se concluirá con la evaluación financiera que será de utilidad para ilustrar a los patrocinadores en su toma de decisiones respecto a la prefactibilidad del proyecto.

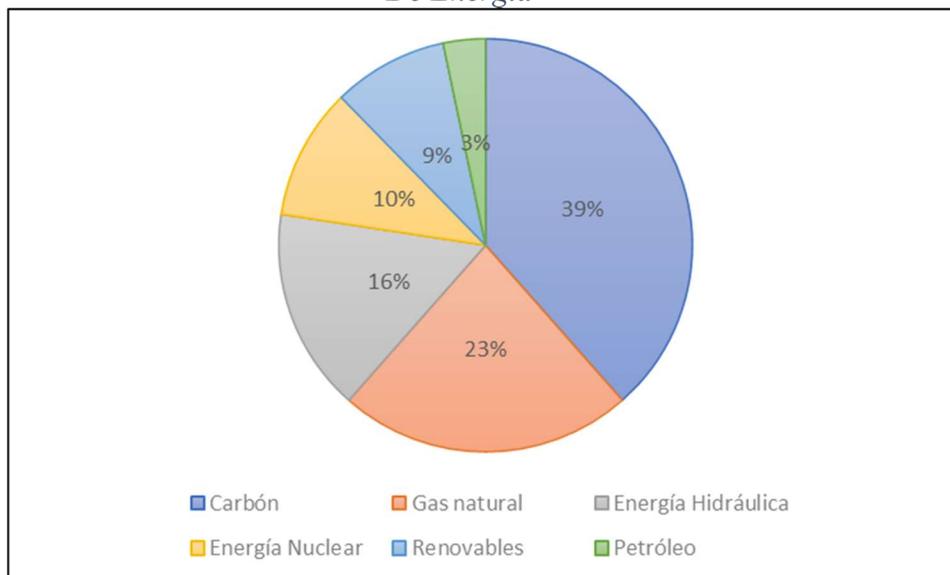
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se reúnen en un proyecto tres aspectos fundamentales en la vida de cualquier sociedad moderna, la educación, la energía y el medio ambiente, buscando brindar una solución que tanto técnica, como económicamente sea viable para que en primera instancia los gobiernos encausen el cambio hacia un desarrollo responsable y sostenible.

Se presentan a continuación las problemáticas y las oportunidades que se conjugan para resultar en el planteamiento del estudio de prefactibilidad de un proyecto enfocado a resolver y aprovechar las situaciones que serán mencionadas.

La primera problemática identificada es la generación de energía eléctrica. El uso de la energía eléctrica es de carácter esencial y masivo, el ser humano la utiliza para movilidad, iluminación, comunicación, entretenimiento, producción industrial, entre muchas otras aplicaciones. Por este carácter es de suma importancia determinar y controlar sus efectos negativos sobre el medio ambiente y buscar alternativas que permitan consumir y generar energía eléctrica de una forma más eficiente y sostenible. En la **referencia**. de realización propia con datos obtenidos en (Fernandez, 2020), se muestra que los combustibles fósiles son, por mucho, los más utilizados en la generación de energía eléctrica a nivel mundial y esto representa un reto ya que “uno de los inconvenientes del uso de combustibles fósiles son las emisiones contaminantes locales y de gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO₂)” (Laguna Monroy, 2002), de tal forma que contribuyen de manera directa al calentamiento global. (Fernandez, 2020)

Ilustración 1 *Generación De Electricidad A Nivel Mundial Por Fuente De Energía*



Fuente: Elaboración propia, 2021, utilizando datos de (Fernandez, 2020)

La segunda problemática está asociada al pago de servicios públicos de las instituciones de educación básica y media: la educación es un derecho fundamental consagrado en la Constitución Política de Colombia, además un buen nivel de educación es un aspecto primordial para disminuir la brecha de la desigualdad social, tal y como se menciona en el documento “La educación: elemento clave en la reducción de la pobreza y la desigualdad; el gasto público en enseñanza primaria es una de las herramienta más eficaces con que cuentan los gobiernos para hacer avanzar el programa de reducción de la pobreza” (Rodríguez C, 2015), esto nos lleva a vislumbrar una situación problemática que expresa (Pinto, 2017) en el artículo “Recursos de calidad-gratuidad son para pago de servicios públicos de colegios”

Los recursos destinados al mejoramiento de la calidad para las instituciones de educación básica y media son limitados y parte de este rubro se invierte en el pago de los servicios públicos de la institución. Cada año la Nación gira recursos a los municipios no certificados, destinados a la calidad educativa, los cuales según la

Directiva Ministerial No. 12 de junio 20 de 2008, en el aparte que hace referencia al uso de los recursos de calidad, expresamente establece que los dineros asignados para la calidad de la educación deben ser destinados a los siguientes conceptos de gasto, entre otros al de servicios públicos.

Una de las oportunidades que se presentan está relacionada con el costo de oportunidad de la generación de energías fotovoltaicas. La preocupación por la escasez energética que puede producir la disminución gradual de las reservas mundiales de combustibles fósiles, los problemas ambientales asociados a la generación de energía eléctrica y el fuerte crecimiento de una conciencia ambiental en la sociedad, ha logrado una disminución considerable del costo del kilovatio de energía generada por medio de paneles solares, como lo expresa (Roca, 2014) en El Periódico de La Energía

Las tecnologías utilizadas en las energías renovables son hoy día mucho más eficientes, ya que cada vez son más capaces de generar energía incluso en condiciones menos óptimas, con poco viento, bajas velocidades o bajo irradiación solar. Esto, unido a que las tecnologías de almacenamiento de energía están mejorando rápidamente y a las políticas energéticas impulsadas en la UE, Estados Unidos y China, principalmente, han posibilitado un desplome en los precios de la energía en general. Según el estudio **los precios de las placas solares fotovoltaicas han descendido entre un 65% y un 75% entre 2009 y 2013.**

La otra oportunidad está relacionada con la ubicación geográfica del Municipio de Puerto Triunfo y visión de la alcaldía actual. No en todos los puntos de la geografía nacional se puede aprovechar la misma cantidad de radiación solar, pero en el municipio de Puerto Triunfo se

reciben 4.5 kWh/m^2 (IDEAM, s.f.), lo que hace de este municipio un punto estratégico para el desarrollo de proyectos de generación de energía fotovoltaica. Además de la ventaja de su ubicación, se puede aprovechar que un punto clave del plan de gobierno es impulsar las energías alternativas, específicamente la generación fotovoltaica.

Lo que se busca entonces, es un proyecto que permita mitigar las situaciones problema y aprovechar las oportunidades ya expuestas y por consiguiente se plantea analizar todos los pormenores que permitan determinar si en la institución de educación básica y media I.E. Pablo VI del municipio de Puerto Triunfo – Antioquia, es prefactible instalar generación eléctrica fotovoltaica, buscando con esto afectar positivamente a la comunidad en tres sentidos: liberando recursos económicos del pago de servicios públicos de la institución educativa ya mencionada, cuidando el medio ambiente por medio de la migración a energías alternativas y educando técnica y culturalmente a la comunidad para que se apropie de este tipo de tecnología, dando así un gran paso hacia el desarrollo sostenible.

Por lo anterior, se plantean la siguiente pregunta de investigación: ¿será factible desde el punto de vista económico, la implantación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en la I.E Pablo VI, ubicada en la cabecera municipal del Municipio de Puerto Triunfo Antioquia?

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GENERAL

Estudiar la prefactibilidad de implementar generación de energía eléctrica por medio de la instalación de paneles fotovoltaicos en la I.E. Pablo VI del municipio de Puerto Triunfo – Antioquia.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio de mercado que permita la identificación de los diferentes sectores de la comunidad en general que serían beneficiados por el proyecto.
- Realizar un estudio técnico para la identificación de los aspectos como localización, tamaño y la ingeniería requerida para el funcionamiento del proyecto.
- Determinar desde el punto de vista administrativo, la estructura de la organización para la gestión y mantenimiento del proyecto.
- Indagar el marco normativo para generar energía fotovoltaica y los aspectos asociados beneficios tributarios, permisos y trámites.
- Evaluar la prefactibilidad económica del proyecto por medio de indicadores como: VPN, TIR, y Periodo de Recuperación .

3. JUSTIFICACIÓN

La coyuntura actual generada por el cambio climático ha invitado a la sociedad a replantear su estructura de desarrollo energético. Los adelantos tecnológicos en eficiencia, el aumento del número de fabricantes, la disminución de los costos, tanto de equipos como de instalación, entre otros, hacen que la tecnología de generación fotovoltaica sea cada vez más asequible y que pueda ser un apoyo en la necesidad de liberar recursos de la carga que representa el pago de servicios públicos en los municipios, para que estos puedan ser aprovechados con mayor eficacia.

Revisando los problemas y oportunidades, anteriormente descritos, y reconociendo la problemática que tienen algunas instituciones de educación básica y media en Colombia para hacer el pago de los servicios públicos, se hace pertinente estudiar y buscar la manera de aliviar esta carga, siendo este proyecto una propuesta enfocada en hacerlo.

La aplicación de este tipo de tecnologías que en sí mismas no pueden considerarse innovadoras por el largo tiempo que llevan en el mercado, sí generan novedad al ser aplicadas en nuevos entornos, se debe tener presente que, la ejecución de este tipo de proyectos sirve como impulso y acercamiento de las comunidades a diferentes aplicaciones que tiene la generación de energía por medio de paneles solares.

Una vez se determine la prefactibilidad o no del proyecto, será puesto a disposición de la alcaldía del municipio de Puerto Triunfo, aprovechando que un punto clave en su plan de gobierno es impulsar las energías alternativas, específicamente la generación fotovoltaica.

4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La pandemia que está enfrentando la humanidad incrementó de una manera considerable las limitaciones, insertando cambios de tal magnitud que se está generando una nueva realidad, esta conduce a replantear el marco metodológico para poder realizar el estudio con un aceptable grado de rigor.

La limitación geográfica, que se pensaba subsanar en primera instancia con unas visitas técnicas al Municipio de Puerto Triunfo, deberá ser reevaluada y utilizar sistemas de información como: fotografías, encuestas, cuentas de servicios públicos, mapas de radiación, entre otros.

Al ignorar la duración de la cuarentena y cuál será la realidad de nuestro entorno cuando pase, es difícil saber si en lo social, en el tiempo, en lo político y en lo legal se crearán nuevas restricciones que se deberán tener en cuenta más adelante.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. ESTADO DEL ARTE

Los conceptos físicos, teóricos y experimentales, estudiados y formulados en Europa durante décadas, fueron aprovechados y capitalizados por Thomas Alva Edison con la creación de la bombilla incandescente el 21 de octubre de 1887. “(...) era el advenimiento de la era de la iluminación eléctrica, y la negrura de la noche estaba a punto de alejarse.” (López Diéz, 2003) Poco más de una década después por el año de 1890, los colombianos en Bogotá pudieron disfrutar del invento de Edison y para el 7 julio de 1898 a las 7 pm en la Plaza de Berrio de Medellín, 8 bombillos se iluminaron como por arte de magia “Tenemos la luz eléctrica, la espléndida luz conque alumbran hoy los pueblos ricos y civilizados, reflejándose en los blancos muros de la hermosa Medellín” (López Diéz, 2003).

Pero, claramente, la energía eléctrica llegó mucho más allá de la iluminación en bombillas:

Aunque el alumbrado y el transporte [en tranvías] fueron los primeros usos de la energía eléctrica, pronto fueron eclipsados por la industria. (...) Las fábricas usaban la electricidad en los motores, la calefacción, las máquinas y la electroquímica, entre otras aplicaciones. (...) Los elevadores eléctricos permitieron construir altos edificios de muchos pisos para oficinas y viviendas. [Por otro lado] El consumo doméstico de energía eléctrica se incrementó a medida que se disponía de más electrodomésticos. (Dorf & Svoboda, 2003, págs. 153,154)

De este modo, más de un siglo después, en el año 2020, es difícil imaginar un mundo sin electricidad, sin iluminación artificial, sin televisores, radios, computadores o celulares, por lo que abastecer la sociedad de energía eléctrica es de primera necesidad y de suma importancia tanto para países desarrollados, como en vía de desarrollo. En aras de cumplir este objetivo la ciencia está en constante innovación y perfeccionamiento.

Para generar energía eléctrica, se requiere tomar otras formas de energía de la naturaleza y transformarlas, así que el hombre a lo largo de la historia ha encontrado muchos procesos diferentes para lograr este cometido; ejemplo de ellos son la energía termoeléctrica, hidroeléctrica, eólica, termonuclear, fotovoltaica, termo-solar, mareomotriz, entre otras. En este estudio trataremos la forma de transformar la radiación solar en energía eléctrica.

Es preciso aclarar que la generación de energía fotovoltaica, aunque tiene un aire muy actual, tal vez resaltado por los fines ecológicos, no es una innovación del siglo XXI. Ya en los años 80, aquí en Colombia, se utilizaban paneles solares para electrificar viviendas en zonas rurales. En lo personal puedo dar fe de ello, pues en la época vivía en un recóndito pueblo del departamento de Arauca, sin energía eléctrica por supuesto; pero un día llegaron unos “vidrios” que pusieron en el techo de la casa y en ese momento tuvimos energía eléctrica y todas sus comodidades: iluminación, televisión, nevera. Este recuerdo se sustenta con lo publicado en el numeral 2.3 del artículo “La Energía Solar Fotovoltaica En Colombia: Potenciales, antecedentes y Perspectivas”, (Gómez R., Murcia M., & Cabeza R., 2017) donde se identifican los años en los que Telecom introdujo a Colombia generación de energía fotovoltaica para aplicaciones particulares.

Así las cosas, y considerando las innovaciones constantes que experimentan las invenciones humanas, puede decirse que en el año 2020 es probable que un proyecto de

generación de energía fotovoltaica sea mucho más prefactible que uno presentado en el año 1980. Roca (2014) expresa que en los últimos años el precio de los equipos para sistemas fotovoltaicos ha disminuido considerablemente y la eficiencia de estos se ha incrementado, además de la creciente conciencia ambiental. Por eso es fácil encontrar en las universidades estudios de prefactibilidad realizados en los últimos años, en los que se pretende utilizar esta tecnología para solucionar diversas problemáticas.

Los diferentes estudios en las universidades son realizados como trabajos de grado a diferentes niveles, pregrados tanto para tecnología como ingeniería, posgrado tanto para especialización como maestría. De algunos de estos trabajos se realiza un corto resumen donde se presenta una síntesis de la metodología y de los resultados obtenidos.

Prefactibilidad de la implementación de sistemas de generación fotovoltaica en empresas de la zona industrial de puente Aranda en la ciudad de Bogotá:

El proceso metodológico seguido por los formuladores de este proyecto consistió en realizar los estudios pertinentes de forma secuencial; primero un estudio de los fundamentos teóricos de la generación fotovoltaica y las normas e incentivos locales para su implementación; luego un estudio sectorial, en el que recopilamos antecedentes históricos del uso de paneles solares y casos exitosos de empresas dedicadas al sector; continuaron con un análisis de mercados basados en encuestas realizadas en el lugar de estudio y recopilamos información sobre empresas dedicadas a la instalación de sistemas fotovoltaicos; por último realizaron un estudio técnico, que incluye la ingeniería del proyecto, el análisis financiero y el estudio ambiental. Se concluye que, adicionando los incentivos público-privados y el reconocimiento, para las empresas es rentable a mediano plazo la implementación de estos sistemas de generación;

además se recomienda particularizar cada sitio de implementación ya que el diseño es exclusivo y dependiente de factores exactos. (Cadena Díaz, Becerra Gaona, & Cortés González, 2016)

Estudio de factibilidad para la implementación de energía solar fotovoltaica en la zona preescolar del colegio Agustiniiano Suba:

Este es un estudio cuantitativo y deductivo en el cual los investigadores inician desde una problemática energética general y terminan en el análisis de un caso particular del cual se obtienen resultados numéricos, para lograrlo siguieron una metodología por fases donde en primera instancia se realizó un estudio de la red eléctrica a intervenir, luego realizaron el análisis de los datos para diseñar el sistema de generación pertinente, con esta información elaboraron un presupuesto, para al final realizar el análisis costo beneficio. Después de realizadas todas las fases del estudio los investigadores concluyen que es factible invertir en el proyecto ya que el sistema tiene una vida útil de 25 años y la inversión se recupera a los 9 años. (Garzón Suárez & Martínez Salamanca, 2017)

Estudio de factibilidad para impulsar el suministro energía fotovoltaica en instituciones educativas de las zonas priorizadas por el posconflicto:

Para realizar este estudio los investigadores utilizaron una metodología descriptiva-cuantitativa para lo cual utilizaron instrumentos para cuantificar y describir variables, desarrollando todos los estudios en tres fases. En primera instancia se realizó una recolección de información de fuentes primarias y secundarias, se analizó y clasificó la más pertinente para ser utilizada como insumo en la siguiente fase; en esta se ubicaron los sitios a intervenir y se consolidó su demanda de energía eléctrica, para terminar; con esta demanda se realizaron los

cálculos requeridos para dimensionar el tipo y la capacidad del sistema de generación necesario, para así poder realizar un análisis financiero con datos lo más reales posible. Una vez realizados todos los estudios los investigadores concluyen que el kW-h de energía es costoso comparado con el sistema interconectado nacional y que esto hace que el proyecto no sea viable económicamente.

Revisando estos estudios realizados entre los años 2015 y 2018, es evidente que se debe cambiar el enfoque para mejorar el atractivo de los proyectos de generación fotovoltaica, por eso a diferencia de los proyectos mencionados anteriormente, en este caso se pretende estudiar la implementación de un sistema MIXTO, que actuando en conjunto con el sistema interconectado nacional evite el uso de acumuladores de energía o baterías, buscando que la energía generada durante el día que no sea utilizada pueda ser entregada a la red del sistema nacional. Con este enfoque se pretende disminuir de forma considerable la inversión inicial sin perder los kWh sobrantes generados durante los momentos de mayor radiación solar. (Alonso Triana, 2018)

5.2.MARCO TEÓRICO

Como se expresó anteriormente, el objetivo es estudiar la prefactibilidad de realizar un proyecto que implica la implementación de generación de energía eléctrica por medio de la instalación de paneles fotovoltaicos en instituciones de educación básica y media. Para lograr este objetivo el estudio se fundamenta en bases teóricas de dos principios distantes, Gestión y Evaluación de Proyectos y Generación de Energía Eléctrica, estos dos principios permitirán construir un estudio sólido que podrá ser utilizado para tomar las decisiones pertinentes sobre avanzar o desechar el proyecto. En los siguientes renglones se presentarán las bases teóricas del principio de la Evaluación de Proyectos y más adelante en el apartado Marco Conceptual se presentarán el principio de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

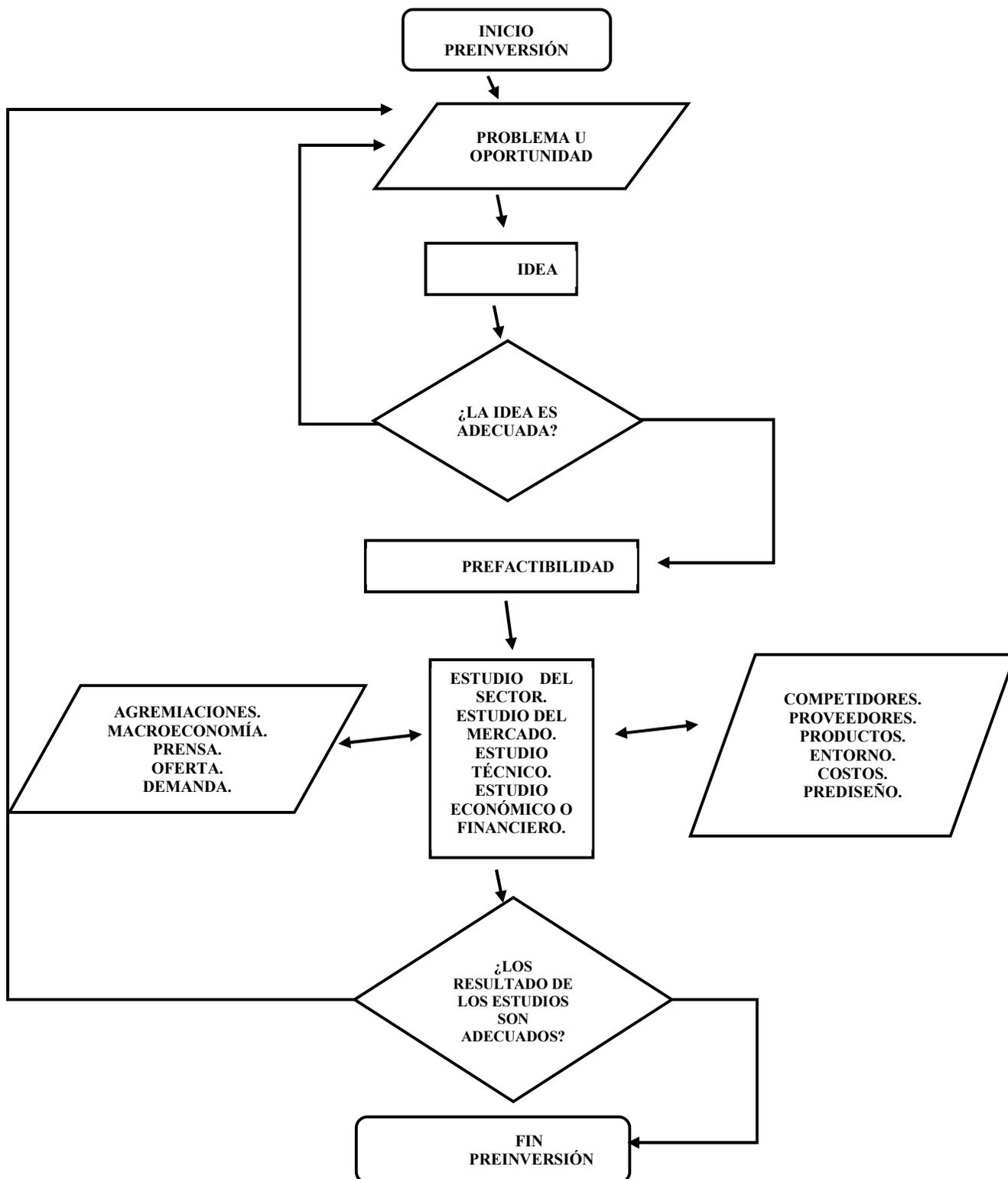
Una de las características del ser humano como especie, es la capacidad de transformar su entorno, a lo largo de su historia ha creado zonas agrícolas, domesticado otras especies, construido puentes, inventado medios de transporte, transportado agua a sitios lejanos, entre muchas otras. En principio la actividad transformadora la realizaba por instinto de supervivencia, luego por su propia comodidad, después quizá por vanidad, en todo caso el ser humano es inquieto, creativo, innovador y posee una fuerza transformadora de la realidad. Precisamente para estas actividades transformadoras es que se acuña el concepto de proyecto, que se define como “un plan que se establece para transformar la realidad, consumiendo un conjunto de recursos ya existentes, con el fin de crear una fuente de la que se deriva una corriente de bienes y servicios” (Morales Martín, 2011).

A lo largo de los años se han creado diferentes estrategias, técnicas y procedimientos para enfrentar y desarrollar estas actividades transformadoras, experiencia con la cual se determinan

algunas características particulares y se formalizan nuevas definiciones como la del (Project Management Institute., 2017) “un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. En esta definición un proyecto se enmarca en dos características esenciales: todo proyecto tiene un principio y un final por lo que es un esfuerzo temporal y al finalizar cualquier proyecto debe alcanzar una meta preestablecida y bien definida, obteniéndose así un resultado, producto o servicio único.

En la **Ilustración 2** se representa el diagrama de flujo que establecen los estudios iniciales que se realizarán en la etapa de preinversión de un proyecto, este será el derrotero que guiará los esfuerzos de esta investigación y análisis. Hasta ahora se ha realizado un análisis de la idea, con su planteamiento, justificación, limitaciones y antecedentes, se ha aceptado la idea como adecuada y como puede observarse en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en adelante se desarrollará el estudio de prefactibilidad. Este estudio está compuesto por varias etapas o subestudios, los cuales a continuación serán definidos teóricamente de una manera concisa y resumida.

Ilustración 2 Diagrama de Flujo Estudio de Preinversión.



Fuente: Elaboración propia, 2021, tomado como referencia a (Miranda Miranda, 2005)

5.2.1. Estudio del Sector y del Mercado

El estudio del sector y del mercado van de la mano, el primero consiste en realizar un estudio del entorno macroeconómico que influye directamente sobre el proyecto y el segundo con una mirada más cercana, se encarga de estudiar los por menores de la oferta y la demanda en el entorno objetivo.

Como se expresa en (Núñez Jiménez, 1997), el objetivo de estos estudios básicamente consiste en, “determinar cuál es la demanda del servicio o producto que puede esperarse sea atendida por el proyecto al entrar en operación”, adicionando a esto una mirada del entorno macroeconómico que puede afectar su libre operación.

El alcance de estos estudios debe cubrir:

- **Carácter del proyecto:** para realizar y enfocar el estudio de mercado en primera instancia se debe diferenciar si la idea nos conduce a un proyecto de inversión privada o a uno de carácter social. Los proyectos privados son generadores de ingresos, mientras los proyectos sociales son generadores de bienestar.
- Entorno macroeconómico
- Investigación del producto o servicio
- investigación de la demanda
- Investigación de la oferta
- El precio y las tarifas
- La comercialización

5.2.2. Estudio Técnico

Teniendo presente como principal insumo los resultados de los estudios del entorno y del mercado, el estudio técnico es el encargado de ubicar el proyecto en un punto espacio-temporal, además de, determinar la tecnología y modelo administrativo a utilizar en su desarrollo, y las inversiones requeridas para ponerlo en marcha. Para lograrlo el estudio técnico se subdivide en estudios particulares a saber

- **Estudio del tamaño:** “el tamaño del proyecto es la capacidad de producción de un bien o de la prestación de un servicio durante la vigencia del proyecto”. (Miranda Miranda, 2005)
- **Estudio de la localización:** “el estudio de la localización se orienta a analizar las diferentes variables que determinan el lugar donde finalmente se ubicara el proyecto, buscando en todo caso utilidad y una minimización de costos”. (Miranda Miranda, 2005)
- **Ingeniería del proyecto:** “el estudio de ingeniería está orientado a buscar una función de producción que optimice la utilización de los recursos disponibles en la elaboración de un bien o en la prestación de un servicio”. (Miranda Miranda, 2005)
- **Estudio ambiental:** el objeto de este es la construcción del estudio de impacto ambiental, “el estudio de impacto ambiental es un documento técnico de carácter inter disciplinar que está destinado a predecir, identificar, valorar y considerar medidas preventivas o corregir las consecuencias de los efectos ambientales que determinadas acciones antrópicas pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno”. (Coria, 2008)
- **Marco legal:** se orienta a la identificación del sistema jurídico completo que enmarca el desarrollo y funcionamiento del proyecto, este marco legal contiene aspectos como marco

tributario, derecho laboral, pantes, normas comerciales y todos aquellos elementos legales que de manera directa o indirecta intervienen en el proyecto.

- **Modelo administrativo:** se orienta a la identificación del modelo administrativo que mejor se adapte al proyecto, “cada proyecto de inversión presenta características específicas que permiten determinar una estructura orgánica coherente con los requerimientos propios de la etapa de ejecución y de la etapa de funcionamiento”. (Miranda Miranda, 2005)
- **Estructura financiera:** es el paso final del estudio técnico, en este se extraen los datos necesarios para construir el flujo de caja del proyecto, entre los cuales encontramos, inversión, precio de venta, demanda estimada, costos de mantenimiento, costos de administración, depreciación de activos, gastos y beneficios tributarios y todos los demás insumos que indiquen salidas y entradas de dinero.

5.2.3. Estudio Financiero y Económico

Como se expresa en las notas de clase (Orozco Posada, 2020), para realizar este estudio se toman los resultados obtenidos en los estudios anteriores, con el fin de medir y valorizar los costos y los beneficios.

“ESTUDIO FINANCIERO: es del interés del inversionista, normalmente privado y básicamente busca evaluar inversión y costos con el fin de identificar los beneficios que se generan al invertir en el proyecto”. (Orozco Posada, 2020)

“ESTUDIO ECONÓMICO: corresponde al proceso de identificación, medición y valorización de los beneficios y costos de un proyecto, desde el punto de vista del Bienestar Social, con el propósito de determinar su contribución al incremento de la riqueza nacional”. (Orozco Posada, 2020)

Cuando se trata de proyectos privados, el objeto del estudio del mercado es determinar la cantidad de bienes y/o servicios provenientes de la nueva unidad productora, que, bajo determinadas condiciones de precio y cantidad, la comunidad estaría dispuesta a adquirir para satisfacer sus necesidades. Pero si se trata de proyectos sociales, su estudio se orienta hacia la estimación de necesidades colectivas, tengan o no capacidad de pago. (Miranda Miranda, 2005)

Los insumos básicos para la correcta aplicación de este estudio son:

El flujo de caja, conformado por los ingresos y/o beneficios que genera la alternativa de solución y los costos en los que tiene que incurrir para su desarrollo durante todo su horizonte de tiempo. Para la evaluación económica y social, este flujo de caja se ve afectado por las Razones Precio Cuenta (RPC) las cuales son utilizadas para convertir el flujo de caja a precios económicos y sociales, es decir, toma el flujo de caja a precios de mercado y extrae los efectos de distorsiones y externalidades, con el fin de reflejar fielmente el valor social, medido en términos de bienestar. (Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas, 2013)

La tasa de descuento, que corresponde a la tasa de rentabilidad mínima que el inversionista espera que el proyecto le retorne con los recursos invertidos. En la evaluación financiera se habla de Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) y en la evaluación económica y social esta corresponde a la Tasa Social de Descuento (TSD) que está definida en 12% para todos los proyectos de inversión pública. (Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas, 2013)

Indicadores de evaluación, los cuales están clasificados en tres grupos:
indicadores de rentabilidad: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno

(TIR), Relación Beneficio Costo (RB/C); indicadores de costo-eficiencia: Costo por capacidad y Costo por beneficiario; e, indicadores de costo mínimo: Valor Presente de los Costos (VPC) y Costo Anual Equivalente (CAE). (Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas, 2013)

5.3.MARCO CONCEPTUAL

El objetivo principal es estudiar la prefactibilidad de la generación de energía eléctrica fotovoltaica, por medio de la instalación de celdas o paneles solares, por tanto, es de suma importancia para el desarrollo, ilustrar algunos conceptos sobre la generación de la energía eléctrica y más específicamente la generación de la energía solar.

Según la ciencia física, la energía es la capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo, dada esta definición, en la naturaleza se encuentran gran diversidad de fuentes de energía que pueden ser transformadas y utilizadas por el hombre. En su concepto más básico la energía eléctrica es un tipo de energía producido por las partículas subatómicas, electrones y protones, y la interrelación entre ellas y el medio que las rodea, se acuña la expresión generación de energía eléctrica al proceso por medio del cual se transforma algún tipo de energía existente en la naturaleza en energía eléctrica y algunos de estos procesos son; hidroeléctrico, termoeléctrico, eólico, mareomotriz, geotérmico, nuclear, combustión fósil, termo-solar, fotovoltaico, entre otros.

En este proyecto se propone utilizar un sistema de generación eléctrica fotovoltaica, el cual como puede interpretarse del documento Master profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2011 (Montoya Rasero, 2011), está basada en un fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico, el cual fue descubierto por Alexandre Edmond Becquerel (1820 – 1891). “El efecto fotovoltaico consiste en la emisión de electrones por un material cuando se ilumina con radiación electromagnética” (Montoya Rasero, 2011), para generar energía se utiliza este fenómeno transformando directamente la radiación solar en energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas, las cuales se agrupan para crear los paneles o celdas solares utilizadas hoy día, la radiación solar choca contra los paneles y es convertida en energía eléctrica de corriente

continua que puede ser; consumida, acumulada o inyectada al sistema eléctrico interconectado nacional. A grandes rasgos entonces,

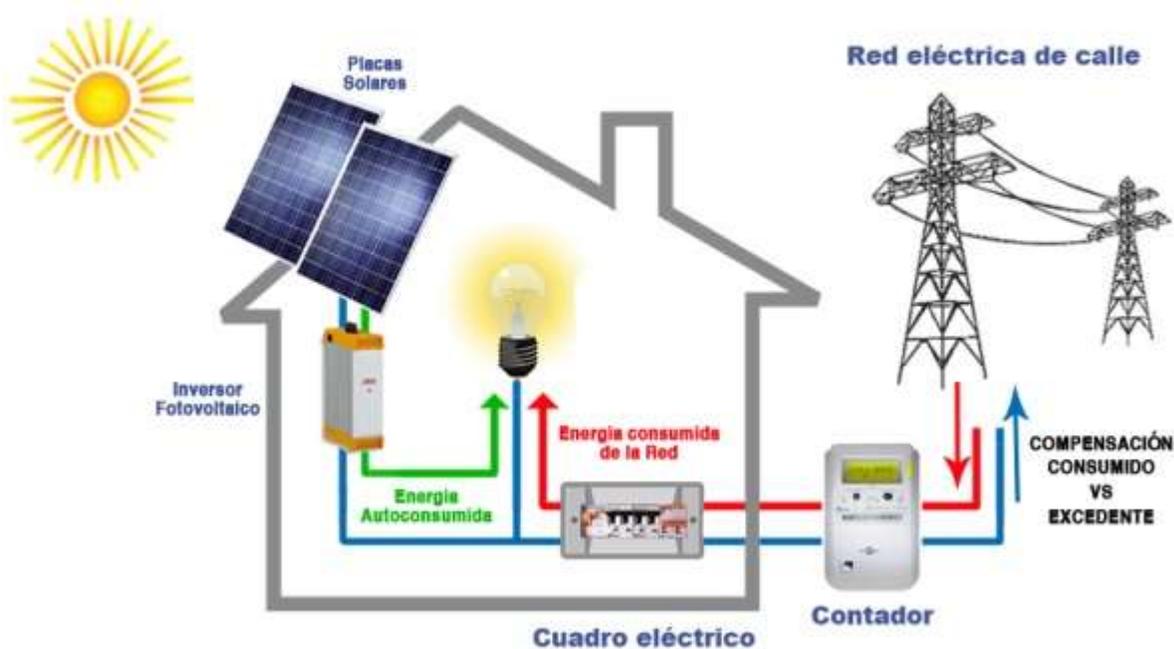
Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua. El resto de equipos incluidos en un sistema fotovoltaico depende, en gran medida, de la aplicación a la cual está destinado. Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en tres grandes grupos: de bombeo, autónomos (off-grid) y conectados a la red (grid connected). (Perpiñán, Colmenar, & Castro, 2012)

Este proyecto puede desarrollarse utilizando sistemas fotovoltaicos de conexión a la red (grid connected) o sistemas fotovoltaicos autónomos (off-grid), pero como se expuso en la justificación, la tecnología utilizada será de conexión a la red y la diferencia radica en que los sistemas autónomos utilizan acumuladores o baterías para almacenar energía, mientras los sistemas conectados a la red consumen la energía que generan y los sobrantes los inyectan al sistema eléctrico interconectado nacional. Como se observa en la **Ilustración 3** los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR) están compuestos por:

- **Paneles solares:** convierten la radiación solar en energía eléctrica. directa.
- **Inversor:** transforma la energía eléctrica generada por los paneles solares en energía eléctrica alterna, la cual es la energía que transporta el sistema interconectado nacional.

- **Tablero o cuadro eléctrico:** este es un equipo de uso común en las instalaciones eléctricas y básicamente consiste en una caja donde se instalan las denominadas protecciones del circuito.
- **Contador bidireccional:** tradicionalmente los contadores o medidores de energía utilizados son unidireccionales, solo miden la energía que entra desde la red, pero este equipo bidireccional está diseñado para medir tanto lo que entrega la red, como lo que recibe de la planta de generación fotovoltaica.

Ilustración 3 Esquema de un Sistema de Generación Fotovoltaica con Inyección al Sistema Interconectado Nacional.



Nota: se utiliza como ilustración del sistema de una planta de generación fotovoltaica conectada a la red, en ella aparecen todos los componentes básicos del sistema. Fuente: (Instalaciones Eléctricas Domiciliarias e Industriales, 2020).

6. MARCO METODOLÓGICO

La metodología que se utilizará va encaminada a realizar una apropiación del conocimiento de manera ordenada y sistemática, que después permita interrelacionar el conocimiento adquirido con los atributos del objeto de estudio, para al final lograr alcanzar los objetivos propuestos.

Los instrumentos utilizados para la toma de datos serán diseñados particularizando cada objetivo específico y su interrelación con el objeto de estudio, utilizando métodos deductivos e inductivos, estadística, electrotecnia y matemática financiera para su interpretación y análisis.

6.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN A DESARROLLAR

Se define para este estudio de prefactibilidad utilizar un tipo de investigación descriptiva, con algunos atributos cualitativos y otros cuantitativos. Utilizando como fundamento la definición expresada en el libro (Behar Rivero, 2008)

“los estudios descriptivos sirven para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Permite detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos...En la mayoría de los casos acude al muestreo para la recolección de información, la cual es sometida a un proceso de codificación, tabulación y análisis estadístico”.

6.2.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para cada uno de los estudios que se desarrollaran durante las diferentes etapas de la investigación de prefactibilidad de la generación de energía fotovoltaica en la I.E Pablo VI, se define un diseño diferente, debido a sus particularidades.

6.2.1. Estudio del entorno y del mercado

- **Estudio del entorno:** para desarrollar el estudio del entorno se considerará básicamente como variables la generación y consumo mundial, nacional y regional de energía eléctrica en kW-h, para determinar esta variable se utilizan fuentes de información secundaria y se empleará el método deductivo para identificar la relación entre las tendencias globales, nacionales y regionales.
- **Estudio del mercado:** el desarrollo del estudio de mercado considerará variables como el precio de la energía en Colombia, la demografía en del municipio de Puerto Triunfo, la cantidad de educandos, planta docente y administrativa de la I.E Pablo VI, el kW-h que es el producto, el consumo de energía eléctrica de la I.E. Pablo VI. Para determinar estas variables se utilizarán diferentes instrumentos como son, fuentes secundarias y fuentes primarias por medio de factura de servicios públicos de la institución e información específica por parte de la administración municipal. Para el análisis de los datos se empleará el método deductivo cuantitativo y el método inductivo por métodos estadísticos.

6.2.2. Estudio Técnico

Las variables que se determinarán con este estudio son la localización, el tamaño en [kW-h], los costos de producción, costos tributarios, costos de administración, impacto ambiental y el precio, para determinar estas variables se utilizarán fuentes secundarias y primarias como; prediseño del sistema de generación solar, cotizaciones en el mercado actual con diferentes

proveedores y datos obtenidos en el estudio del mercado. El análisis de los datos se realizará por el método inductivo cuantitativo y deductivo cualitativo y cuantitativo.

6.2.3. Estudio Financiero

El estudio financiero toma las variables obtenidas en el estudio técnico y con los métodos de las matemáticas financieras los procesa para obtener criterios claros de evaluación, para el caso del presente análisis se utilizarán los siguientes criterios: VPN, TIR, y Periodo de Recuperación .

7. ENTREGA Y DIFUSIÓN

Este proyecto será entregado a la Secretaría de Obras públicas y a la Secretaría de Educación del municipio de Puerto Triunfo Antioquia, para que ellos como los más interesados se encarguen de la búsqueda de recursos para su posterior ejecución.

Así mismo, este estudio de prefactibilidad será entregado a la coordinación de posgrados de la Institución Universitaria ESUMER, para ser enviado al repositorio institucional y a la biblioteca universitaria para futuras investigaciones.

8. USUARIOS POTENCIALES Y SECTORES BENEFICIADOS

Con la puesta en marcha de este proyecto se beneficiará de manera directa a los educandos y a toda la comunidad educativa de la I.E Pablo VI del municipio de Puerto Triunfo Antioquía, además de la administración municipal que al final es la encargada de pagar las facturas de servicios públicos de energía. De manera indirecta se beneficiará la administración municipal ya que el desarrollo de este tipo de proyectos aumenta el prestigio a nivel regional, nacional y mundial, por sus aportes al control del cambio climático y la utilización de combustibles fósiles.

Existe un beneficio difícil de cuantificar y cualificar, pero tal vez sea el logro más importante que se alcanzará con el desarrollo de este proyecto y es el aporte al cambio de la cultura de consumo energético mundial, guiándola hacia un desarrollo sostenible y hacia la protección medioambiental.

9. FORMULACIÓN DEL PROYECTO

9.1. ESTUDIO DEL ENTORNO Y DEL MERCADO

9.1.1. Estudio del Entorno

El análisis del entorno se realizó como lo muestra la imagen con la herramienta PESTEL por medio de la cual se plasmó dimensiones como la económica, social, tecnológica. Esta herramienta permite identificar las principales variables que pueden tener impactos positivos o negativos, es decir identifica las oportunidades y amenazas macro externas del proyecto y que son difíciles de controlar:

Tabla 1 *Matriz de Análisis PESTel*

Político	Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU	Firma del acuerdo de Paris donde Colombia se comprometió a reducir el 20% de Emisiones (GEI) para el 2030.	Plan de Gobierno Alcaldía de Puerto Triunfo 2020-2023 donde se busca apoyar la energía solar.
Económico	Crecimiento del PIB de Colombia fue del 2,8% al año 2019	El PIB de Puerto Triunfo represento el 0,12% en el PIB de Antioquia en el 2018	El 57% del PIB de Puerto Triunfo se concentra en el sector Minero
Social	17.231 habitantes en Puerto Triunfo con un crecimiento del 2.05% al año 2017	Índice de pobreza en Puerto Triunfo fue del 21% en 2019	Índice de cobertura bruta en educación primaria, secundaria y media en Puerto Triunfo fue del 83,35% en el 2018
Tecnológico	Colombia no cuenta tecnología de celdas solares así que se importan principalmente de China y Alemania	En el 2017 Thermowire fue la primera empresa colombiana en fabricar paneles solares con tecnología alemana	Baja oferta en programas de educación enfocada en tecnología de energía no convencional en Colombia
Ambiental	Temperatura global aumento en 0.8 grados Celsius en el último siglo	Uso de energías no convencionales reduce el CO2 y gases de efecto invernadero	Energía solar en una de las menos contaminantes del mundo
Legal	Ley 1715 del 2014 por medio de la cual se regula la integración de energías renovables no convencionales al sistema	Decreto 2469 de 2014 por el cual se establece lineamientos de entrega de excedentes de autogeneración	Resolución UPME 0281 por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala

Fuente: Elaboración propia, 2021, con datos tomado de (BANCO MUNDIAL et al., 2021)

9.1.1.1. Político

Colombia hace parte del Acuerdo de París del 2015, el cual se encuentra en concordancia con uno de los objetivos de desarrollo sostenible en el marco de las Naciones Unidas, creado con el principal propósito de disminuir el cambio climático y que se derivan responsabilidades que los países adquieren para dejar de usar energías convencionales. En este acuerdo Colombia se comprometió a reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030, por lo tanto, el país debe seguir implementando políticas que faciliten el uso de energías no convencionales y brindar apoyo a proyectos de esta índole. (World Wildlife Fund, 2018)

Para poder cumplir con los compromisos adquiridos en el acuerdo de París en el plan energético 2020-2050 publicado por la UPME adscrita al Ministerio de Minas y Energía se estableció la política de transición energética que se debe llevar a cabo y se definió como uno de los objetivos más importantes la diversificación de la oferta energética del país. Además, con esto se pretende cumplir con las buenas prácticas de los países miembros de la OCDE, del cual Colombia hace parte. (UPME, 2019)

Por otro lado, en el municipio de Puerto Triunfo la alcaldía actual en su plan de gobierno menciona la disposición y apoyo para la implementación de energías no convencionales, en especial la solar, lo cual demuestra el interés de la región por hacer parte del cambio energético que se tiene proyectado se realice en el país en los próximos años. (Alcaldía Municipal de Puerto Triunfo, 2020)

9.1.1.2.Económico

Para el análisis económico se mencionarán datos desde el año 2018 al 2020 y se tendrán en cuenta las proyecciones de los indicadores más relevantes para los años próximos, ya que esta información permite visualizar el entorno económico, el crecimiento del sector y tendencias que permitan la toma de decisiones en el proyecto.

El PIB de Colombia en el segundo trimestre del 2019 creció un 2.8% con respecto al del mismo periodo del 2018, este crecimiento no es suficiente teniendo en cuenta que lo presupuestado por el Banco de la Republica fue de 3.3%. Sin embargo, es importante aclarar que este crecimiento del PIB está en concordancia con el promedio mundial que al año 2018 fue de 3.035 % según datos del Banco Mundial y que en comparación con países de la región como Ecuador que solo creció un 1.4% en el mismo periodo es aceptable; además si se tiene en cuenta que la mayoría de países aun no superan la crisis del 2008 y, por lo tanto el crecimiento del PIB mundial se encuentra estancado con cifras de crecimiento que no repuntan desde hace más de 1 década. (BANCO MUNDIAL, 2021)

Asimismo, el Banco de la República proyecta un crecimiento del PIB para el año 2020 en un 3,5%, el cual se reduciría según datos de Fedesarrollo en un escenario optimista al 2,3% y en el peor de los casos con un decrecimiento del -0,4%, debido a la pandemia mundial del Covid-19, lo cual podría traer consecuencias tales como la desaceleración económica. Esto claramente va a tener repercusiones negativas en la economía nacional y mundial, pero se espera que esta crisis sea de corto plazo y con las medidas que el Gobierno actual está tomando se pueda recuperar la tendencia de crecimiento económico que estaba mostrando el país en los últimos años. (La Republica, 2020)

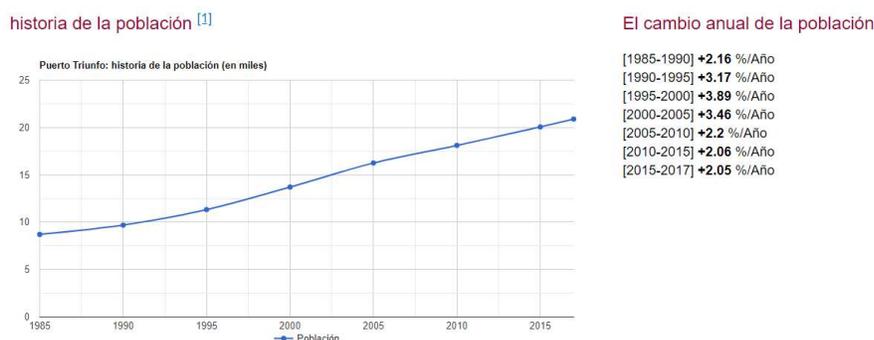
A nivel regional donde se localizará el proyecto se debe mencionar que Puerto Triunfo es un municipio que hace parte de la subregión del Magdalena Medio y se encuentra en el departamento de Antioquia a una distancia de Medellín de 109 Km. Su clima es cálido al estar en inmediaciones del río Magdalena y su economía se basa principalmente en la minería, ya que este sector represento el 57% de su PIB que para el año 2018 fue de 890 mil millones, el cual a su vez represento el 0,12% del PIB de Antioquia. (Universidad de Antioquia, 2021)

De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que el país y en general la región mostraron un buen crecimiento económico entre los años 2018 y 2019 que fomenta la creación de nuevos proyectos sociales, pero que, a causa de la pandemia en curso, posiblemente el Gobierno pueda priorizar los presupuestos destinados a otros sectores como es la salud, y en este caso la inversión para mejoramiento infraestructural de la educación deba esperar un poco a que la economía se recupere.

9.1.1.3. Social

En la **Ilustración 4** se muestra el crecimiento de la población del municipio de Puerto Triunfo, al año 2017 tenía 20.900 habitantes con un crecimiento del 2.05% según los últimos datos de los años 2015 al 2017.

Ilustración 4 *Histórico Población Puerto Triunfo (1985-2015)*



Fuente: (Population City, 2021)

Por otro lado, según lo muestra la tabla 2 correspondiente a la encuesta de calidad de vida 2019 del departamento de Antioquia el índice de pobreza para el año 2019 fue del 21% y de indigencia fue del 3.0%; cifras que, aunque con respecto a los números de otros municipios del departamento son menores, pero que aún mucha población se encuentra en condición de vulnerabilidad y que esto se debe mejorar para poder garantizar una mejor calidad de vida de sus habitantes. (Universidad de Antioquia, 2021)

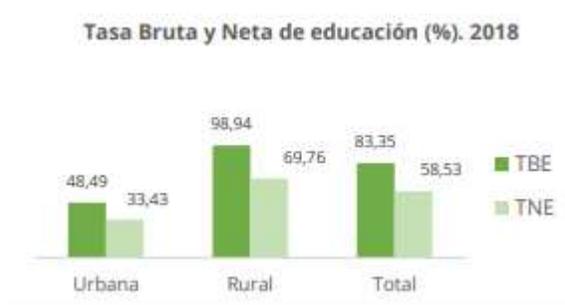
Tabla 2 *Indicadores Sociales de Puerto Triunfo 2019*

Municipio	Pobreza	Indigencia	NBI
Puerto Triunfo	21.0%	3.0%	13,9%

Fuente: Elaboración Propia con datos tomados de (Universidad de Antioquia, 2021, pág. 8)

De igual manera en el ámbito escolar la tasa de cobertura bruta (TBC) en el municipio fue del 83.35% para el año 2018 así como lo muestra la **Ilustración 5**

Ilustración 5 *Tasas de Educación Puerto triunfo 2018*



Fuente: (DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION, 2018, pág. 1)

Se debe tener en cuenta que la anterior cifra demuestra una buena cobertura porque la institución educativa se encuentra en la cabecera del municipio y esto permite que la asistencia al

colegio sea de mejor acceso que si por ejemplo estuviera en una zona rural. (DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION, 2018). Esto justifica la pertinencia del proyecto en el municipio, ya que, al contar con una buena cobertura de educación, permite que más personas se puedan beneficiar de este y vuelve más necesario para la Alcaldía el implementar este tipo de iniciativas en el sector educativo.

9.1.1.4.Tecnológico

La producción de paneles solares se concentra en países como China, Alemania, EEUU y Japón, en Colombia la producción es casi nula, sin embargo, la empresa Thermowire que inició sus operaciones en el año 2017, se convirtió en la primera compañía colombiana en realizar paneles solares con 100% mano de obra nacional, con tecnología alemana. Lo anterior brinda una gran oportunidad para el proyecto, ya que, facilitará la adquisición de algunos de los equipos necesarios para la ejecución, sin depender de tiempos y costos de importación, además de minimizar el riesgo por las constantes fluctuaciones de la TMR. (Certecnica, 2020)

9.1.1.5.Ambiental

El impacto ambiental es uno de los motivos por los cuales se justifica el presente trabajo, debido a que, gracias a la sobreexplotación de fuentes fósiles como generadores de energía, el planeta se ha contaminado y ha aumentado su temperatura en 0.8 grados Celsius en el último siglo y se espera seguir aumentando en los próximos años según datos publicados por la NASA (Teknautas, 2015)

El calentamiento global puede traer consecuencias como el derretimiento de los polos, inundaciones, y desastres naturales provocados por los gases de efecto invernadero emitidos al momento de obtener la energía de fuentes como el carbón o petróleo, por lo tanto, se hace

sumamente importante encontrar opciones diferentes y sostenibles en el tiempo que permitan obtener la energía de una forma menos dañina para el medio ambiente.

Del mismo modo esta problemática puede afectar en general la economía de los países, especialmente los subdesarrollados, como es el caso de Colombia ya que es más propenso a los desastres naturales y no cuenta con la capacidad financiera para atender desastres de este tipo, sin contar que después el gobierno deberá afrontar problemas más complicados como lo es la propagación de enfermedades y atención de desplazamiento en las zonas afectadas. Por este motivo la comunidad internacional y el gobierno colombiano se han propuesto incluir en los objetivos a mediano plazo el cuidado al medio ambiente con la firma del tratado de París del 2015 y el cual busca la disminución de gases de efecto invernadero que agraven el calentamiento global. Sin lugar a duda la preocupación por el medio ambiente se ha convertido en una gran oportunidad para que los gobernantes del país busquen fomentar proyectos solares, debido a que se disminuyen las emisiones de gases dañinos para el medio ambiente y CO₂ en la atmosfera. (World Wildlife Fund, 2018)

9.1.1.6. Legal

El Gobierno colombiano ha tomado medidas para incentivar el uso de la energía solar como lo demuestra la implementación de la Ley 1715 del 2014 que sentó las bases para la transición de energías convencionales por las no convencionales ofreciendo incentivos tributarios a empresas que pretendan llevar a cabo alguna actividad relacionada en la cadena de suministro de la energía solar. (Republica de Colombia, 2014). Esta norma a su vez tuvo como resultado que se iniciaran estudios y proyectos de energía solar como el realizado por la empresa Enel Green Power Colombia (EGPC) en abril del 2019 en departamento del Cesar, donde se instaló hasta el

momento la planta de energía solar más grande del país, la que estará en capacidad de abastecer 102.000 hogares (PORTAFOLIO, 2019)

9.1.1.7. Comportamiento y Tendencias del Sector

La energía solar en el mundo ya es una realidad, un ejemplo de esto es Alemania, que planea al 2050 que toda su oferta energética provenga de fuentes limpias y renovables y así dejar la dependencia de fuentes fósiles como era en décadas pasadas. (El Nacional, 2017)

A nivel Colombia el auge de la energía solar también es una realidad, aunque no esté tan avanzado y promulgado su uso como en países de la Unión Europea, es una nueva alternativa que las personas y empresas están contemplando (ROJAS, 2017)

De igual manera, la energía solar hace parte del sector minero-energético de Colombia, el cual como se mencionó anteriormente ha tenido un crecimiento constante los últimos años, como por ejemplo en el 2019 creció un 4,2% con respecto al del 2018 y este represento en el año 2019 un 2,8% del PIB, lo que demuestra que es un sector fundamental para la economía del país. Seguramente este crecimiento va a verse afectado por el cierre nacional que se presentó en el primer semestre del 2020 a causa de la pandemia global, pero se espera que a medida que se vayan reactivando la económica también las empresas y el sector en general.

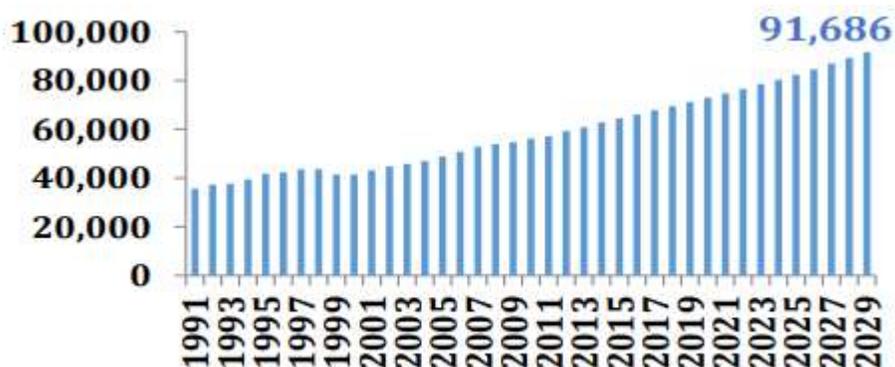
Tabla 3 *Suministro de Energía Convencional y no Convencional 2018-2019*

Actividad económica	Tasas de crecimiento		
	Serie original		Serie corregida de efecto estacional y calendario
	Año corrido	Anual	Trimestral
	2019 ^{Pr} / 2018 ^P	2019 ^{Pr} - IV / 2018 ^P - IV	2019 ^{Pr} - IV / 2019 ^{Pr} - III
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	3,3	3,0	0,3
Distribución de agua; evacuación y tratamiento de aguas residuales ³	1,7	2,0	-0,3
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado¹	2,8	2,7	0,3

Fuente: (DANE, 2020)

En la **Ilustración 6** se muestra como la demanda energética de Colombia ha tenido un crecimiento promedio anual del 3% entre el 2013 y 2019, y se proyecta que para el año 2029 este crecimiento llegue a un 4%, esto sucede debido al aumento de la esperanza de vida de las personas que contrarresta con la tasa de natalidad, es decir, al envejecer la población aun cuando la natalidad disminuya cada persona tendrá más tiempo consumiendo energía, por lo que el promedio per capital de consumo energético se aumentara también. A nivel nacional, los colombianos pasaron de tener una edad promedio de 29 años en 2005 a 33 años para 2020, este fenómeno ayuda al incremento energético porque las personas de mayor edad reducen significativamente su movilidad y su tiempo trabajando, por lo cual serían más dependientes de aparatos que usen energía para su bienestar y entretenimiento. (UPME, 2019)

Ilustración 6 *Histórico y Proyección de la Demanda de Energía Convencional y no Convencional 1991-2029*



Fuente: (UPME, 2019)

9.1.2. Estudio del Mercado

9.1.2.1.Descripción Del Producto

Al ser un proyecto de generación de energía, el producto es la energía medida en miles de vatios por hora [kW-h], esta unidad de medida de producto y su precio son los elementos utilizados para determinar la demanda y posteriormente el tamaño del proyecto. Además, no debe perderse de vista que; esta energía es generada exclusivamente por la recolección y transformación de la radiación solar, por medio de paneles fotovoltaicos.

Sin embargo, al ser un producto variable en su producción y consumo y de cierto modo intangible, por cuestiones prácticas para este estudio se toma como producto la planta de generación en su conjunto, la cual está conformada por diversos elementos como se explicó anteriormente en el marco conceptual, y a ella se le asignará una producción promedio esperada de [kW-h], su beneficio más inmediato se verá reflejado en la cuenta de servicios públicos de la I.E Pablo VI.

9.1.2.2.Demanda

Aunque el proyecto se enfoca en la generación de energía solar fotovoltaica y se esperaría que al hacer este estudio se tenga como insumo este tipo de energía, la realidad es que; la demanda histórica y actual de la I.E Pablo VI es de energía convencional del sistema interconectado nacional, por esta razón el procedimiento para analizar la demanda es determinar y proyectar el consumo de energía demandado por la institución, sin importar la fuente de energía y con esto saber de una forma acertada la demanda que debe suplir el proyecto y dimensionar así los equipos necesarios.

La demanda se analizó desde dos puntos de vista a saber: desde el comportamiento demográfico de las instituciones educativas del municipio, en este caso se estudió el

comportamiento histórico de las matrículas oficiales registradas tomadas del DANE, y, desde el comportamiento actual del consumo de la energía de la institución, tomando como insumo de investigación el histórico de la cuenta de servicios públicos de marzo de 2019. La interrelación entre estos puntos de vista es imperceptible a pequeña escala, pero es útil tener presente que una tendencia hacia una explosión demográfica implicaría cambios importantes en la infraestructura educativa para atender la nueva demanda.

Por esta razón la demanda se plantea desde los dos enfoques de manera independiente y los datos obtenidos serán utilizados dependiendo de su pertinencia.

9.1.2.2.1. Comportamiento Histórico Por Crecimiento Demográfico

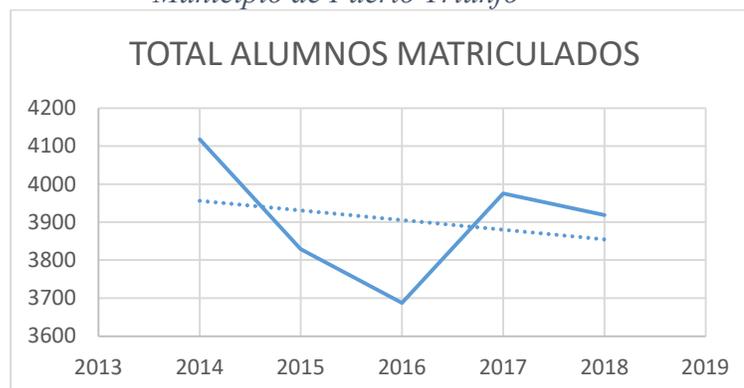
El análisis del crecimiento demográfico de la escolarización del municipio de Puerto Triunfo es relevante para el estudio de pre-factibilidad de la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en la I.E Pablo VI, debido a que el sistema que se desea instalar debe ajustarse a las necesidades actuales y futuras, evitando sobredimensionamiento o infra-dimensionamiento de sus componentes.

Tabla 4 *Histórico de Educandos Matriculados en las Instituciones Educativas del Municipio de Puerto Triunfo*

DEMOGRAFÍA EDUCACIÓN OFICIAL - PUERTO TRIUNFO / ANTIOQUIA						
AÑO	PREESCOLAR	BÁSICA PRIMARIA	BÁSICA SECUNDARIA	MEDIA	CLEI	TOTAL, ALUMNOS MATRICULADOS
2014	247	2143	1294	278	156	4118
2015	289	1975	1159	286	120	3829
2016	250	1941	1107	283	107	3688
2017	279	1892	1119	259	426	3975
2018	287	1853	1131	267	380	3918

Fuente: Elaboración propia, 2021, con datos tomados de (DANE, s.f.)

Ilustración 7 *Histórico de Educandos Matriculados en las Instituciones Educativas del Municipio de Puerto Triunfo*



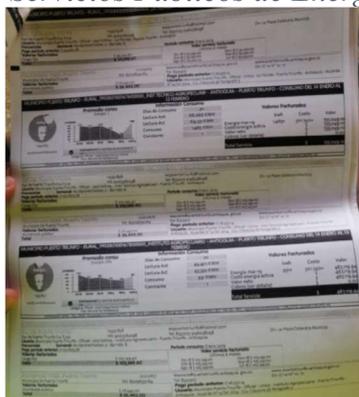
Fuente: Elaboración propia, 2021, con datos tomados de la Tabla 4

En la Ilustración 7 que fue realizada a partir de datos de la Tabla 4 obtenidos del (DANE, s.f.), se puede observar cómo existe una tendencia de crecimiento negativo, esto indica que en los próximos años no se espera una expansión demográfica acelerada y que la infraestructura que sea dimensionada teniendo como parámetro el promedio de estos datos históricos, 3906 estudiantes, será suficiente para atender la demanda presente y futura.

9.1.2.2.2. Situación Actual Por Consumo De Energía

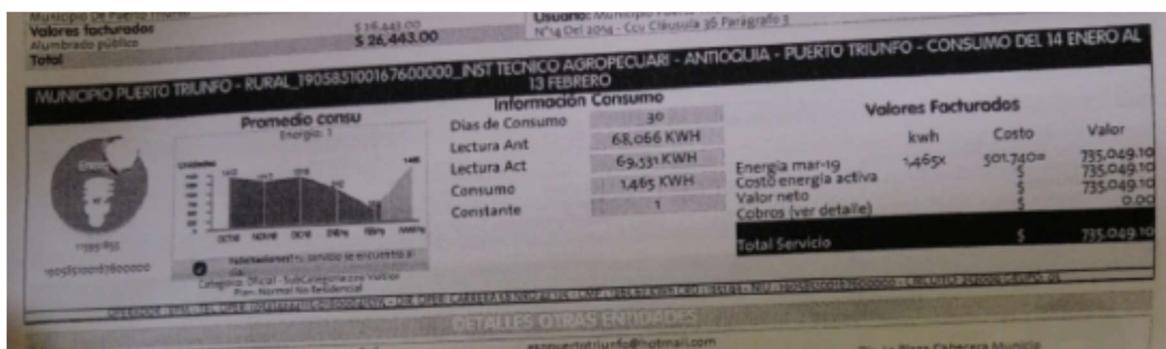
El estudio de la demanda de energía de un centro de carga (I.E. Pablo VI) se puede realizar por medio de diferentes procedimientos, pero dado que ya el Operador De Red Eléctrica (EPM) realizó las mediciones del consumo de la institución y se puede tener acceso a la información por medio de las facturas de servicios públicos, se analizó y se determinó la demanda utilizando este documento de marzo de 2019. Se utilizó este año por un motivo fundamental, la desescolarización sufrida en 2020 y 2021 por la pandemia, evita que la información revelada en las facturas de estos años sea confiable para la determinación de la demanda de energía en situaciones normales.

Ilustración 8 Factura de Servicios Públicos de Energía de Marzo De 2019



Fuente: Elaboración propia, 2021, fotografía tomada de una factura de energía de EPM

Ilustración 9 Fragmento De La Fotografía 1



Fuente: Elaboración propia, 2021, segmento de la Ilustración 8 tomada de una factura de energía de EPM

La demanda de energía de un centro de carga no puede superar la capacidad instalada en la construcción, por lo que no se estiman variaciones ascendentes importantes en los próximos años. Por tanto, a continuación, se muestra la demanda tomada de la factura de servicios públicos de un periodo tipo.

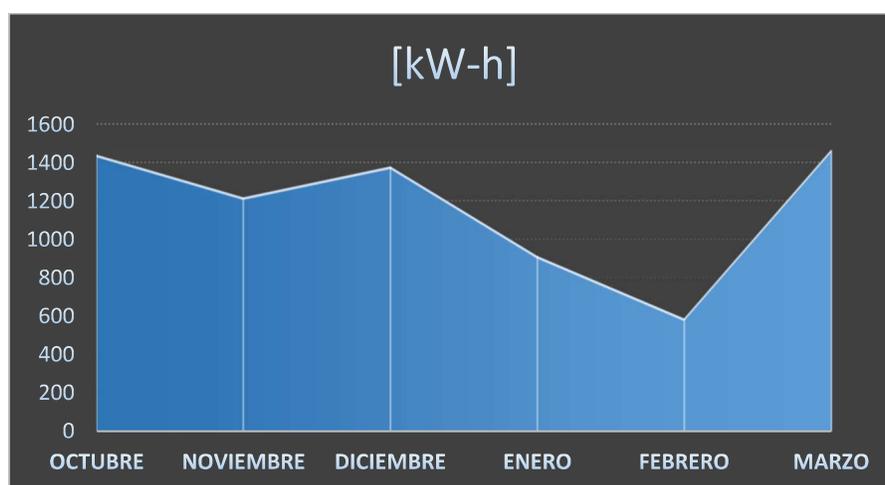
De la Ilustración 8 Factura de Servicios Públicos de Energía de Marzo De 2019, se pueden extraer los datos que aparecen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.,** donde se muestra el consumo de los 5 meses anteriores a la fecha de la factura.

Tabla 5 *Comportamiento Histórico Del Consumo De Energía - Tres últimos meses de 2018 y primeros tres meses de 2019*

PERIODO	[kW-h]	PRECIO [\$]	PRECIO MENSUAL [\$]
Octubre	1440	\$ 501,74	\$ 722.506
Noviembre	1217	\$ 501,74	\$ 610.618
Diciembre	1378	\$ 501,74	\$ 691.398
Enero	912	\$ 501,74	\$ 457.587
Febrero	586	\$ 501,74	\$ 294.020
Marzo	1465	\$ 501,74	\$ 735.049

Fuente: Elaboración propia, 2021, información tomada de la Ilustración 8 Factura de Servicios Públicos de Energía de Marzo De 2019

Ilustración 10 *Comportamiento Histórico Del Consumo De Energía - Tres Últimos Meses de 2018 y Primeros Tres Meses de 2019*



Fuente: Elaboración propia, 2021, información tomada de la *Tabla 5*

En los datos de la Tabla 5 y de la Ilustración 10 se observa que en meses como enero y febrero la demanda baja considerablemente, este hecho era de esperarse por las temporadas vacacionales, por consiguiente, se puede esperar este mismo fenómeno en los meses de julio y agosto. Por esta razón para determinar la demanda que se ajuste a los periodos de mayor consumo, se decide calcular el promedio de los meses que no se ven afectador por las temporadas de vacaciones como son: octubre, noviembre, diciembre y marzo.

Tabla 6 *Demanda de Consumo de Energía*

DEMANDAS	[kW-h]
Demanda promedio	1375
Demanda promedio vacaciones	749
Diferencia	626
Demanda promedio con factor de seguridad de 25%	1719

Fuente: Elaboración propia, 2021, información tomada de la *Tabla 5*

9.1.2.2.3. Situación Futura

Analizando la información presentada en la **Ilustración 7** Histórico de Educandos Matriculados en las Instituciones Educativas del Municipio de Puerto Triunfo y haciendo proyecciones sobre su línea de tendencia, se puede asegurar que si ningún evento extraordinario sucede, la cantidad de personas escolarizadas en el municipio de Puerto Triunfo tiende a descender o mantener una constante alrededor del promedio aritmético de los últimos años, por lo que para el estudio de pre-factibilidad de este proyecto se asumirá como un dato acertado que la cantidad de estudiantes matriculados en el municipio cada año escolar presente y futuro es y será de 3906.

Por otro lado, dado que, según las proyecciones del crecimiento demográfico, no se prevé una explosión o cambios pronunciados en el número de alumnos matriculados, entonces se puede asumir como un dato bastante aproximado que la demanda actual será bastante cercana a la demanda futura. Por tanto, la demanda determinada y apropiada para este estudio es la demanda promedio con factor de seguridad determinada en la **Tabla 6** de 1719 [kW-h], este factor de seguridad minimiza el riesgo de que el consumo de energía supere la generación en casos particulares (eventos especiales).

9.1.2.3.Oferta

La unidad de medida para calcular la generación y consumo de energía es el watt hora [Wh], que para efectos prácticos en la medición de la oferta se hará en Gigawatt hora [GW-h] o en kilowatt hora [kW-h], que equivalen a un millón y mil watts respectivamente, como lo muestra la siguiente imagen:

Ilustración 11 *Generación de Energía en Colombia 2018-2020*



Fuente: (XM, 2020)

De acuerdo a los datos de la Compañía de Expertos en Mercados (XM) filial de la firma estatal colombiana de transmisión ISA la generación de energía del país para el año 2019 fue de 70.114 GWh y tuvo un crecimiento del 1.69% con respecto al 2018 y la generación del 2020 fue de 69.324 GWh lo que represento un decrecimiento del 1.12% con respecto al 2019. Este decrecimiento se debió principalmente al paro que tuvo muchas de las industrias colombianas, a causa de la pandemia mundial que enfrento el país, pero se debe tener en cuenta que el consumo y generación de energía en los últimos años demostró un crecimiento constante. (XM, 2020)

Por otro lado, la distribución de la generación de energía en Colombia está conformada principalmente por EPM, Emgesa, Celsia, Isagen, entre otras. En el caso de EPM, es la encargada de generación y suministro de energía en el departamento de Antioquia la cual proviene principalmente de fuentes hidráulicas, ya que cuenta con más de 11 represas generadoras a lo largo del departamento. (DONCEL, 2019). Del mismo modo se muestra en la tabla 6 la representación que tuvieron estas empresas que lidera EPM con una representación del 21% sobre el total de energía generada 68.943 GWh al año 2018. (Grupo Bancolombia, 2019)

Ilustración 12 *Aportes de Empresas en Generación de Energía 2018*

Principales Agentes Generadores de Electricidad del País.						
Agente Generador	Tipo de agente	Cantidad de Centrales	Capacidad Neta instalada [MW]	Energía GWh- mes	Participación en Capacidad Neta % [MW]	Participación en Generación Eléctrica % [GWh]
Capacidad total instalada en Colombia			17326	68943	100	100
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.	Público	27	3556	15838	21	23
EMGESA S.A. E.S.P.	Privado	14	3501	14835	20	22
ISAGEN S.A. E.S.P.	Privado	7	3032	13986	17	20
CELSIA S.A. E.S.P.	Privado	15	2398	4022	14	6
AES CHIVOR & CIA	Privado	2	1020	4976	6	7
TERMOBARRANQUILLA S.A. E.S.P.	Privado	1	918	4082	5	6
GECELCA S.A. E.S.P.	Privado	2	723	1857	4	3
URRÁ S.A. E.S.P.	Público	1	340	1454	2	2
GESTIÓN ENERGÉTICA S.A. E.S.P.	Público	1	150	963.23	1	1
Aporte al Sistema Interconectado Nacional de la muestra			15638	62013.23	90	90

Fuente: (DONCEL, 2019, pág. 15)

Las plantas nacionales colombianas obtienen principalmente su energía de fuentes hidráulicas con un 68.33% de representación en la capacidad instalada al año 2019 y las fuentes no convencionales de las cuales hace parte la energía solar representaron menos del 1% de la oferta nacional (Grupo Bancolombia, 2019), en la Ilustración 12 se observa la distribución de generación por fuente de energía.

Ilustración 13 *Distribución de Capacidad por Fuente de Energía*



Fuente: (Grupo Bancolombia, 2019),

Lo anterior muestra la dependencia del agua como fuente principal de energía, sin embargo, la energía solar tiene una gran proyección de crecimiento para los próximos años, esto se demuestra con el aumento de proyectos inscritos ante la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) dato publicado por el periódico El Tiempo en el 2017, donde se menciona que 9 de cada 10 proyectos de índole energético son solares, lo que represento un crecimiento del 32% de proyectos solares con respecto al año 2016. (ROJAS, El Tiempo, 2017)

Adicionalmente la empresa EPM al ser uno de los principales ofertantes de energía convencional también ha sido pionero en la implementación de energía solar, como lo demuestra la instalación que se realizó en enero del 2018, un total de 1.568 paneles, con una capacidad de 493 kilovatios en el centro comercial El Tesoro, lo que equivale al consumo diario de 341 casas (EPM, 2018)

Otras de las empresas importantes en cuanto a generación de energía solar es Celsia, debido a que realizo uno de los principales proyectos de generación de plantas solares en el municipio de Yumbo, donde se instalaron más de 34.000 paneles solares que tienen la capacidad

de suministrar energía a más de 8.000 hogares, lo que representa hasta el momento en una de las granjas más grandes de paneles en Colombia (El tiempo, 2017).

9.1.2.4.Precio

En este proyecto se estudian tres precios, el precio del [kW-h], el precio del [kV-h] generado en centrales fotovoltaicas y el precio del sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica, cada uno de ellos se caracteriza de forma independiente y luego en el análisis financiero, dos de los precios (el precio del [kW-h] y del sistema de generación) serán de suma relevancia, ya que, el primero da información pertinente sobre el costo del consumo histórico, actual y futuro de energía eléctrica en la I.E Pablo VI, y, el segundo indica cual debe ser la inversión inicial para disminuir ese costo de energía en el futuro.

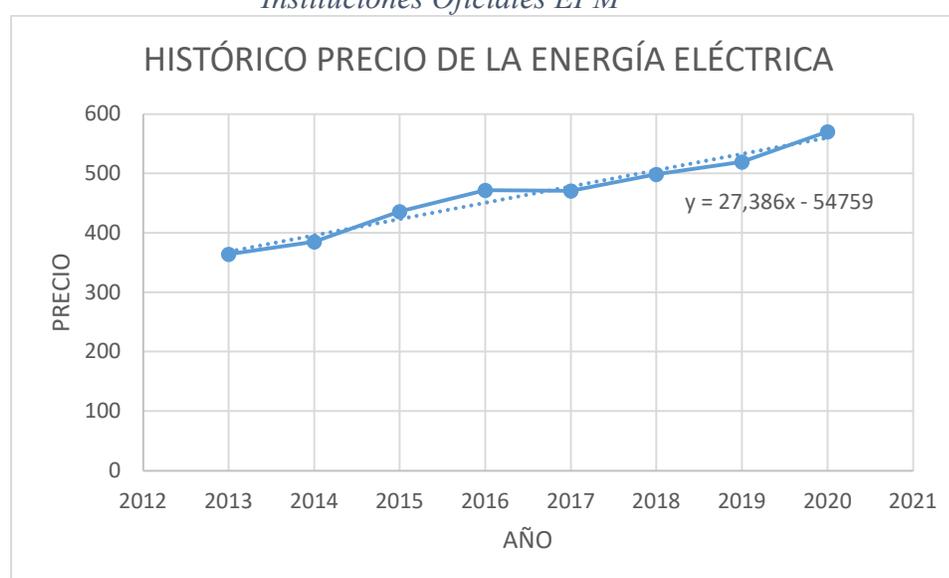
El precio del sistema de generación fotovoltaica y todos sus componentes será caracterizado en el capítulo de la ingeniería del proyecto, el precio del [kW-h] generado en centrales fotovoltaicas es irrelevante en la medida que; no existen proveedores en la región que discriminen los costos de la energía según el sistema de generación, para usuarios de consumos reducidos, por estas razones, el análisis se enfocó en el precio del [kW-h] que se cobra actualmente en las instituciones oficiales y en particular a la I.E Pablo VI, además que la reducción en la cantidad de [kW-h] pagados será lo que nos permita determinar la viabilidad del proyecto.

9.1.2.4.1. Comportamiento Histórico

El precio de la energía eléctrica en Colombia es regulado, lo que implica muy pocas variaciones entre diferentes comercializadores, y dado que, El Operador De Red Eléctrica y comercializador de energía con mayor presencia en el municipio de Puerto Triunfo – Antioquia

es Empresas Públicas de Medellín, se toma como referencia los precios de la energía cobrados por EPM y son información de libre acceso que se encuentran en (Empresas Públicas De Medellín, s.f.). En las tablas que se encuentran publicadas en el portal Web de EPM se expresan los precios históricos desde el año 2013 hasta el año 2020, de ellos se toma como referencia el mes de diciembre de cada año y el precio para entidades oficiales y exentos de contribución.

Ilustración 14 *Comportamiento Histórico del Precio de la Energía Eléctrica para Instituciones Oficiales EPM*



Nota. La ilustración 14 muestra el comportamiento histórico del precio de la energía para instituciones oficiales, con su respectiva línea de tendencia. Fuente: Elaboración propia, 2021 con datos tomado de (Empresas Públicas De Medellín, s.f.)

La **Ilustración 14** muestra que históricamente el precio de la energía presenta un crecimiento anual aproximadamente constante y no se identifican fenómenos aparentes que puedan hacer cambiar esta tendencia en el futuro cercano.

9.1.2.4.2. Elasticidad: precio – demanda y precio – oferta

El precio de la energía eléctrica para este tipo de instituciones de bajo consumo energético y en particular para la I.E Pablo VI es regulado, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) se encarga realizar la estructura tarifaria, de la cual se obtiene el precio final que debe pagar el usuario por el servicio de energía eléctrica medido en [kW-h].

Dado que es un servicio regulado por un tercero y que la I.E Pablo VI es de baja demanda, se puede deducir que no existe una relación directa entre el precio unitario y la demanda o entre el precio unitario y la oferta, por consiguiente, para la institución educativa el servicio de energía puede considerarse inelástico de primera necesidad, el cual se debe adquirir independientemente de su precio final.

9.1.2.4.3. Determinación De Las Principales Variables Para La Definición Del Precio

Para definir el precio se deben considerar tres variables preponderantes, la primera, el precio de la energía que paga la institución educativa, la segunda, será la inversión necesaria para la compra de equipos, instalación y puesta en marcha del sistema de generación fotovoltaica, además se debe tener presente el precio del mercado del [kW-h] de energía eléctrica generada por medio de paneles fotovoltaicos, el cual será el precio de venta de los excedentes de energía, que por medio del sistema la I.E Pablo VI inyectará a la RED.

El precio del [kW-h] de energía eléctrica es determinado por el comercializador u operador de red de la zona, siguiendo los lineamientos o estructura tarifaria estipulados por la CREG, por esta razón, este tipo de proyectos no tienen la capacidad de modificar los precios unitarios de la energía y para la evaluación financiera se debe utilizar el precio del operador de red de influencia en la zona (EPM). Este precio, se toma como referencia ya que, es el precio que actualmente paga la institución, sin discriminar cual sea el sistema de generación que utiliza el

proveedor y no se prevé que en un tiempo cercano entren otros actores a competir con el comercializador actual (EPM). Por otro lado, el precio de los equipos e instalación del sistema de generación fotovoltaica, será el valor del mercado actual, se determinará por propuestas económicas del mercado nacional y será presentado como la inversión inicial del proyecto.

9.1.2.4.4. Proyección de Precios

Dado que el flujo de caja del proyecto estará determinado en mayor medida por el ahorro en la factura de energía y no por ingresos, la proyección se realiza sobre los precios que actualmente está pagando la institución por el suministro de energía y con estos se estudiará la viabilidad del proyecto. Para obtener la proyección de los precios del [kW-h] se puede realizar una regresión lineal en la *Ilustración 14*, para deducir la ecuación de la gráfica de tendencia y con esta determinar una buena aproximación del precio en el futuro, este procedimiento se aplicó utilizando las funciones del paquete ofimático Excel y se obtuvo la siguiente ecuación:

$$y = 27.386x - 54759$$

Según esta tendencia, en los próximos 6 años el precio será:

Tabla 7 *Proyección del precio de la energía*

AÑO	PRECIO [S]
2021	588,11
2022	615,49
2023	642,88
2024	670,26
2025	697,65
2026	725,04

Nota. En la tabla se observa el comportamiento del precio de la energía eléctrica en los próximos años. Fuente: Elaboración propia, 2021, con datos tomados de la *Ilustración 14*.

Otro precio que debe tenerse presente es el precio del [kW-h] de energía solar, el cual es un precio de referencia dado que, cada proyecto es evaluado y avaluado por el operador de red más cercano, para este caso se utiliza como precio de referencia \$260, tomado de (Portafolio, 2019).

9.1.2.5. Plaza

En este proyecto los canales de distribución serán básicamente las redes de transmisión eléctrica existentes, que serán interconectadas con la red de energía solar, ya que esto permite tener una mayor eficiencia en costos, comparada con la alternativa, que sería adaptar un sistema completo de energía solar. Adicionalmente, para la adquisición de los paneles solares se pretende adquirirlos por un proveedor único que transporte todo el sistema y lo instale para reducir así los costos de transporte hasta el municipio de Puerto Triunfo.

9.1.2.5.1. Canales de Comercialización y Distribución del Producto

El sistema en conjunto, paneles solares, inversor, cables y demás accesorios necesarios serán adquiridos en Medellín y transportados por la vía Medellín – Bogotá y la vía secundaria Autopista Medellín - Bogotá – Puerto Triunfo, para ser instalados en la institución educativa. Para transportar la energía eléctrica medida en [kW-h], se utilizarán las redes eléctricas existentes en el colegio con algunas adecuaciones necesarias. Por otro lado, el comercializador histórico en la zona donde se ubica la I.E Pablo VI es EPM, el cual transporta la energía eléctrica hasta el consumidor final por medio de la red eléctrica interconectada nacional, por este mismo medio se transportarán los excedentes de energía generados por la I.E Pablo VI.

9.1.2.5.2. Descripción de los Canales de Distribución

Los canales de distribución son elementos propios del sistema, así una vez la planta de generación fotovoltaico sea instalada en la I.E Pablo VI, la distribución de la energía eléctrica será realizada a través de sus redes eléctricas internas y los [kW-h] no utilizados serán inyectados al sistema interconectado nacional por medio de los cables de abastecimiento existentes.

9.1.2.5.3. Ventajas y desventajas de los Canales de Distribución Empleados

Se utilizan en su gran mayoría redes eléctricas internas y externas existentes, con esto se logra bajar el monto de la inversión inicial, pero debe prestarse especial atención en el estado de dichas redes, ya que, si no es adecuado, pueden disminuir la eficiencia del sistema.

9.1.2.6. Almacenamiento

El proyecto está pensado para que los [kW-h] generados sean consumidos inmediatamente, y lo restante sea inyectado al sistema interconectado nacional; por esta razón no se requiere ningún tipo de equipo que sirva para almacenar energía eléctrica, mientras que, los equipos que conforman la planta de generación serán almacenados dentro de la I.E Pablo VI, hasta que sean instalados en sus lugares definitivos.

9.1.2.7. Promoción y Publicidad

Lo más importante en este tipo de proyectos es la sensibilización del público objetivo, para que exista una buena acogida por la comunidad directamente afectado y por los entes administrativos del municipio, por esta razón en este sentido se deben enfocar los esfuerzos de promoción y publicidad.

9.1.2.7.1. Estrategias de Promoción y Publicidad

Sensibilización: consiste charlas dictadas por un experto en generación de energía renovable y medio ambiente, dirigidas a toda la comunidad de la I.E Pablo VI y al personal pertinente de la administración municipal.

Pautas WEB y redes sociales: se proyecta tener pautas publicitarias en la paginas Web y las redes sociales de la alcaldía y de la institución educativa, antes de empezar ejecución del proyecto, durante la ejecución con avances y terminado el proyecto con la puesta en servicio.

Folleto: se deja como material de consulta un manual de funcionamiento impreso del sistema de generación en la biblioteca de la institución educativa.

9.1.2.7.2. Costos de Promoción y Publicidad

Tabla 8 Presupuesto BTL

PRESUPUESTO BTL				
	Cantidad	Duración [mes]	Precio Unitario	Precio Total
Pauta Pagina Web Alcaldía	1	1	\$ 300.000	\$ 300.000
Pauta Pagina Web Institución Educativa	1	1	\$ 300.000	\$ 300.000
TOTAL				\$ 600.000

Nota. En la tabla 8 estan designados los costos de las páutas publicitarias, para la divulgación del proyecto. Fuente: Elaboración propia, 2021, con precios comerciales.

Tabla 9 Presupuesto Sensibilización

PRESUPUESTO SENSIBILIZACIÓN				
	Cantidad	Duración	Precio Unitario	Precio Total
Honorario Profesional	3	1 día	\$ 250.000	\$ 750.000
Folletos	20		\$ 10.000	\$ 200.000
TOTAL				\$ 950.000

Nota. En la tabla 9 esta designados los costos del material y el personal necesario para la sensibilización de la comunidad ante el proyecto. Fuente: Elaboración propia, 2021, con precios comerciales.

9.2. ESTUDIO TÉCNICO

9.2.1. Localización

Los sistemas de generación fotovoltaica pueden instalarse en lugares de diferentes características y su ubicación depende básicamente de la capacidad y la aplicación requerida, cuando se trata de plantas de generación dedicadas a suministrar energía a una sola instalación lo más pertinente a nivel técnico y económico es que la instalación de los paneles solares y equipos queden lo más cerca posible del centro de carga de la instalación que se desea alimentar.

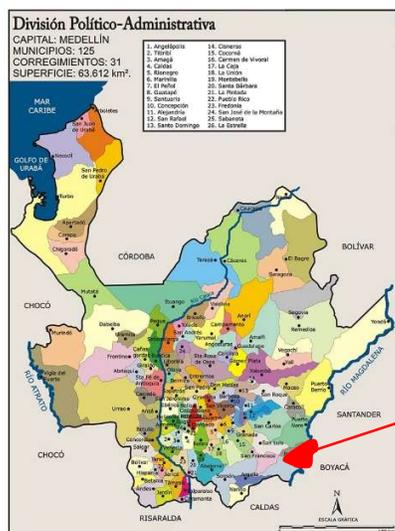
Como el caso de este estudio es la generación de energía dedicada exclusivamente a alimentar la I.E Pablo VI, la ubicación óptima será en las inmediaciones o en la institución misma.

9.2.1.1. Macrolocalización

9.2.1.1.1. Localización Geográfica Con Referencia Departamental

El municipio de Puerto Triunfo se encuentra ubicado en el departamento de Antioquia - Colombia, localizado en la subregión del Magdalena Medio, sobre la rivera izquierda del río Magdalena y limitando con los municipios antioqueños de Puerto Nare, Sonsón, San Francisco y San Luis y con el departamento de Boyacá. Tiene una extensión de 361 km² y se encuentra a una distancia de 180 km de Medellín y 188 km de Bogotá, con una altitud en la cabecera municipal de 150 m sobre el nivel del mar y con una temperatura media de 23° (Puerto Triunfo, 2021).

Ilustración 15 *Ubicación Geográfica Del Municipio De Puerto Triunfo – Antioquia*



Puerto Triunfo – Antioquia –
Subregión Magdalena Medio

Nota. En la ilustración se muestra la ubicación del municipio de Puerto triunfo en el mapa del departamento de Antioquia. Fuente: (TodaColombia, 2019).

9.2.1.1.2. Localización Geográfica Con Referencia Municipal

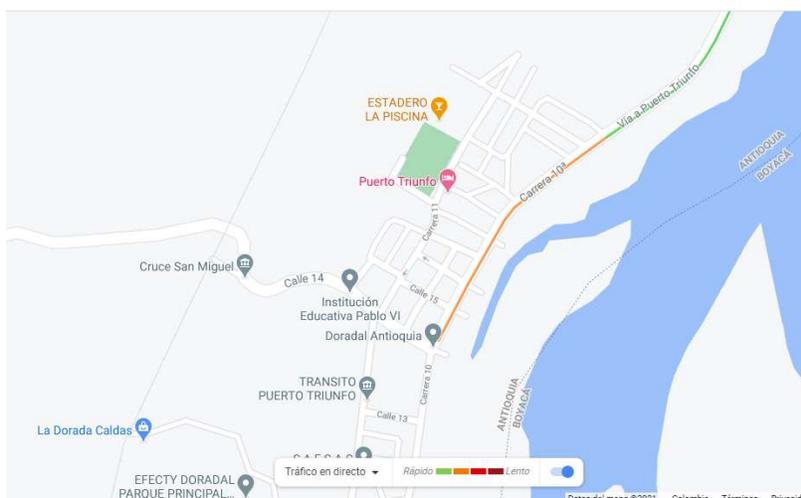
La IE Pablo VI se encuentra ubicada en la cabecera municipal del municipio de Puerto triunfo – Antioquia, en la calle 14 con la carrera 12 de la zona urbana.

Ilustración 16 Ubicación de la I.E Pablo VI en la Cabecera Municipal - Puerto Triunfo



Nota. La ilustración muestra la vista satelital de la cabecera municipal del municipio de Puerto Triunfo y ubicación de la I.E. Pablo VI, esta vista es tomada de la aplicación Google Earth. Fuente: (Google, s.f.)

Ilustración 17 Ubicación de la I.E Pablo VI del Municipio De Puerto Triunfo



Nota. La ilustración muestra el mapa bidimensional por GPS de la cabecera municipal del municipio de Puerto Triunfo y ubicación de la I.E. Pablo VI, esta vista es tomada de la aplicación Google Maps. Fuente: (Google, s.f.)

9.2.1.2. Microlocalización

Los sistemas de generación fotovoltaica pueden instalarse en diferentes sitios; sobre el nivel del piso, en los tejados, en las azoteas o terrazas, en estructuras construidas y dedicadas exclusivamente para este fin, la elección adecuada depende del tamaño y la aplicación. Para el caso de la I.E Pablo VI, se toma la decisión de ubicar los paneles en el techo de alguno de los bloques que conforman la institución, para esta elección se tuvo como criterio evitar el acceso de los educandos a las celdas fotovoltaicas y eludir la construcción de nuevas estructuras.

Para determinar el lugar exacto se utiliza el método cualitativo por puntos, los parámetros y resultados se muestran en las tablas:

Tabla 10 *Criterio de valoración*

VALORACION	
1	Malo
2	Deficiente
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Nota. En esta tabla se definen la valoración de cada criterio de evaluación. Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 11 *Criterios de evaluación*

CRITERIO DE EVALUACION	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Distancia al Centro De Carga [m]	55	8	28
Cercanía De Objetos Que pueden Producir Sombras: (1) existen objetos (0) no existen objetos.	0	1	1
Capacidad De Carga De La Estructura Del Bloque: (sólida) la estructura es capaz de cargas los paneles, (frágil) la estructura debe ser reforzada para poder instalar los paneles.	Sólida	Frágil	Sólida

Nota. En esta tabla se definen los criterios de evaluación, los cuales determinarán la elección más adecuada para la localización del proyecto. Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 12 *Método cualitativo por puntos*

MÉTODO CUALITATIVO POR PUNTOS							
FACTOR	% DE IMPORTANCIA	Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Distancia al Centro De Carga [m]	45%	2	0,9	5	2,25	3	1,35
Cercanía De Objetos Que pueden Producir Sombras: (1) existen objetos (0) no existen objetos.	20%	5	1	1	0,2	1	0,2

Capacidad De Carga De La Estructura Del Bloque: (solida) la estructura es capaz de cargas los paneles, (frágil) la estructura debe ser reforzada para poder instalar los paneles.	35%	5	1,75	1	0,35	5	1,75
	100%		3,65		2,8		3,3

Nota. En esta tabla se organizan la valoración de cada criterio de evaluación y se totalizan los resultados finales. Fuente: Elaboración propia, 2021

Tras evaluar con El Método Cualitativo Por Puntos se concluye que la mejor ubicación para los paneles fotovoltaicos es la mostrada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, que corresponde al techo del bloque 1 y desde allí se distribuye la energía generada hasta el centro de carga de la institución educativa.

Ilustración 18 Vista lateral bloque 1, I.E Pablo VI



Nota. En la fotografía se observa el bloque 1 de la I.E Pablo VI, lugar donde se ubicarán los paneles solares y se le adicionan unas figuras para tener claridad de la ubicación según el comportamiento del sol durante el día y la ubicación exacta de los paneles solares. Fuente: Elaboración propia, 2021.

9.2.2. Tamaño

9.2.2.1. Parámetros para analizar el tamaño

Para este tipo de proyecto el tamaño óptimo se obtiene a partir de los siguientes parámetros:

- **Tamaño y Mercado:** está determinado por la demanda, la cual fue obtenida en la **Ilustración 10** Comportamiento Histórico Del Consumo De Energía - Tres Últimos Meses de 2018 y Primeros Tres Meses de 2019, indica el consumo de energía de la institución educativa y este valor es el que limita la capacidad en [kW-h] del sistema de generación fotovoltaica que se va a instalar, en este caso 1375 [kW-h]_{MES}.
- **Tamaño y Tecnología:** los paneles solares son fabricados con diferentes características, las cuales se conocen en el medio técnico como valores nominales, estos valores varían entre fabricantes y están en constante evolución. Los valores nominales utilizados en este trabajo fueron tomados de la ficha técnica de los paneles solares de la marca RISEN, referencia JÄGER Plus RSM144-6-390M-410M, los principales valores nominales de los paneles solares tenidos en cuenta para la elección son: potencia nominal 400 [Wp], dimensiones 2015x996x40 [mm] y peso 23 [kg].
- **Tamaño y Localización:** la ubicación de los paneles en I.E Pablo VI agrega restricciones al momento de diseñar la planta de generación fotovoltaica en cuanto a que no se debe exceder el área disponible, ni el peso que puede soportar la estructura del lugar seleccionado, para este análisis son de vital importancia los valores nominales de los paneles de dimensiones 2015x996x40 [mm] y peso 23

[kg]. En el apartado del tamaño óptimo, se retomará el análisis del tamaño y localización, para verificar que el lugar elegido para instalar los paneles solares sea el adecuado y cumpla todos los requerimientos técnicos.

- **Tamaño e Inversiones:** para determinar el tamaño teniendo presente las inversiones necesarias, se deben tener presentes múltiples factores, entre ellos los más determinantes son:

- El precio que paga la institución por la energía y el que recibirá por la energía inyectada a la red: en la resolución CREG 119 de 2007 la estructura tarifaria está determinada por

$$\mathbf{Costo\ Ser. = (G + T + D + PR + R + Cv) \times consumo + Cf}$$

G → costo de producción

T → costo de transporte desde la planta de generación hasta las redes regionales.

D → costo de transporte desde las redes regionales hasta el usuario final

PR → costos de pérdidas de energía

R → costos por restricciones y servicios asociados a la generación

Cv → remunera la actividad de comercialización

Cf → costo fijo base de comercialización

De los términos que aparecen en la ecuación el único que será reconocido para el pago de la energía inyectada a la red es el consumo, los demás son factores de producción, transporte, perdidas, distribución, entre otros. En este sentido lo que se paga por la energía inyectada a la red es mucho menor a lo que el consumidor paga por la energía recibida de la red.

- Costo del sistema de generación: dado que no es un buen negocio intercambiar energía con el operador de red por la diferencia de precios, la eficiencia de un sistema de generación On Grid¹ radica en suplir la mayor cantidad de energía demandada por la institución, inyectando la menor cantidad posible a la red. Por lo que es necesario realizar un análisis aproximado de los consumos reales durante el día y con ellos calcular cual será el porcentaje del consumo óptimo que se debe suplir con la planta de generación y que de este modo la inversión sea más atractiva. En el apartado del tamaño óptimo, se analiza nuevamente esta situación, se toman las decisiones pertinentes, determinando allí el porcentaje de consumo óptimo.
- Horarios de funcionamiento de la institución: al ser un sistema On Grid no se acumula energía, por lo tanto, la energía generada debe ser de consumo inmediato, entonces debe tenerse presente que, necesariamente en las primeras horas de la mañana, en las horas de la tarde y en la noche se deberá consumir energía del operador de red, por esta razón resultaría absurdo dimensionar el sistema de generación para suplir el 100% de la demanda.

¹ Los sistemas de generación de energía fotovoltaica conocidos como On Grid, son aquellos sistemas que están conectados a la red de energía nacional.

9.2.2.2. Tamaño Óptimo

- Determinación de porcentaje de demanda de energía que se desea suplir con generación propia:** dado que las dinámicas del funcionamiento de la institución, presenta disminución considerable del consumo durante los fines de semana, días festivos y adicionalmente tres meses en el año por temporada vacacional, y sabiendo que la reducción de consumo promedio en los meses vacacionales es de 46% según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se considera que un sistema de generación dimensionado para suplir entre el 40% y 60% de la demanda total, será el sistema óptimo para el proyecto. En la **Tabla 13**, se calcula la demanda diaria que se usa para dimensionar el sistema de generación.

Tabla 13 Cálculo de la Demanda de Energía en [kW-h] día Según Porcentajes de Generación Óptimos

DEMANDA [kW-h]	1375	DEMANDA FIN DE SEMANA [kW-h]	25	DEMANDA [kW-h] DÍA	53,4
		Porcentaje diseño 60%	15,0	Porcentaje diseño 60%	32,0
		Porcentaje diseño 40%	10,0	Porcentaje diseño 40%	21,4

Nota. Se utilizan los datos obtenidos en el análisis de la demanda en la **Tabla 6**, para determinar la demanda de energía al día de la I.E. Pablo VI y con esta dimensionar la planta de energía solar. Fuente: Elaboración propia, 2021

- Cálculo del Tamaño de la Planta de Generación:** para el cálculo de la cantidad de paneles se utiliza una ecuación que es resultado de extrapolar los conceptos teóricos reunidos de los libros (Perpiñán, Colmenar, & Castro, 2012) y (Montoya Rasero, 2011):

$$N = \frac{\text{Consumo} \times FVC \times FPE \times FPI \times PAE}{W_p \times HSP \times \eta}$$

$N \rightarrow$ Número de paneles

$FVC = 1.25 \rightarrow$ factor de variación de consumo

$FPE = 1.05 \rightarrow$ factor de pérdidas eléctricas

$FPI = 1.1 \rightarrow$ factor de pérdidas en el inversor

$PAE = 60\% \text{ o } 40\% \rightarrow$ porcentaje de ahorro energético

$W_p =$ potencia nominal del panel

$HSP = 6.2 \rightarrow$ horas solares pico

$\eta = 70\% \rightarrow$ eficiencia de los paneles solares

$N_{60\%} \approx 27$

$N_{40\%} \approx 18$

Técnicamente las dos plantas de generación, una de 27 paneles y la otra de 18 paneles, cumplen las especificaciones y reducen considerablemente el consumo de energía de la red, contribuyendo con esto a un ahorro económico y un importante aporte al control del calentamiento global y a la producción de gases efecto invernadero. Dado que los dos sistemas sugeridos cumplen las expectativas, en el análisis financiero se evaluará la opción de 18 paneles, para suplir el 40% de la demanda total, esta decisión es tomada con el fin de reducir los costos del proyecto.

9.3.INGENIERIA DEL PROYECTO

9.3.1. Descripción técnica del producto

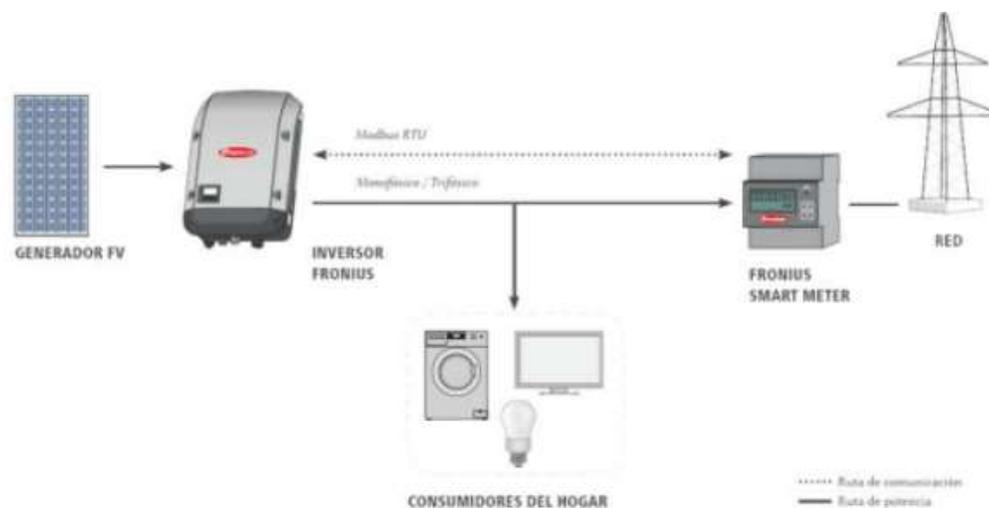
El sistema solar a instalar está conectado a la red, es decir que se trata de un sistema llamado On Grid, esto significa que la energía producida por los paneles solares se mezcla con la energía eléctrica proveniente de la red existente.

Este sistema se eligió, ya que permite su instalación sin necesidad de adquirir baterías que representan un mayor costo para el proyecto, además de que su instalación es más fácil que si se optara por un sistema Off Grid (Autónomo a la red eléctrica). Sin embargo, es importante aclarar que el sistema On Grid no funciona en caso de que la red eléctrica tenga fallas y no produce energía en la noche (Wega Lighting, 2021)

Los paneles solares tienen en promedio una vida útil de 20 a 25 años, y cada año su rendimiento de generar energía va disminuyendo, por lo tanto, es importante tener en cuenta esta reducción de generación al momento de realizar el análisis económico que permite identificar la factibilidad del proyecto.

A continuación, se visualiza la Ilustración 19 la cual muestra en conjunto como sería el funcionamiento del sistema completo. El inversor por su parte debe estar conectado desde ambas fuentes (eléctrica y solar), ya que el inversor es el puente que permite identificar cuando no hay producción de energía solar y automáticamente se conecta a la red eléctrica. Por lo tanto, el sistema solar suministraría la energía en el día mientras se reciba radiación solar a los paneles y la red eléctrica seguiría suministrando energía a través de la red convencional.

Ilustración 19 *Esquema del Sistema Solar On Grid (Conectado a la Red)*



Fuente: Ilustración tomada de oferta proveedor Grupo Saldarriaga,2020

9.3.2. Identificación y selección del proceso de producción

Como primera instancia para la ejecución de la instalación del sistema solar, se debe verificar que se tengan los documentos requeridos para la instalación, como es el certificado de Reglamento Técnico de Instalaciones (RETIE)², diseños y planos aprobados y demás documentación que sea necesaria para la instalación. Estos documentos se enviarán anexos a la solicitud de conexión simplificada que se realiza por medio de la página web de EPM.

Posteriormente el personal técnico encargado de la instalación hará un chequeo previo para verificar las medidas y pesos soportados del techo, orientación de los paneles, posibles sombras, inclinación y en general todos los requisitos para una adecuada instalación del sistema.

²Certificado RETIE: El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, establece los requisitos de diseño y construcción de las instalaciones eléctricas para garantizar la seguridad de las personas, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Incluye instalaciones de energía solar. Obtenido de <https://www.elhospital.com/temas/Certificado-RETIE,-Por-que-lo-necesita-para-habilitacion>

La primera parte que se instale serán los perfiles de la estructura metálica, los cuales se unirán por medio de arandelas y tornillería de gran resistencia que permitan una adecuada fijación de la estructura al techo y que pueda soportar condiciones de intemperie, fuertes vientos y obstrucción de elementos que puedan caer en el techo.

Así mismo, se procederá con la instalación del cableado, que permitirá transmitir la energía obtenida de los paneles al inversor y este a su vez enviar la carga obtenida a los diferentes puntos de carga del colegio.

Después de tener la estructura y cableado listos se procederá con la fijación de la cubierta e instalación de los paneles solares con la inclinación elegida de acuerdo con el nivel de sombra, clima y otras variables que se explicaran más adelante en la Ilustración 27.

Es importante que los módulos se adecuen de manera continua formando filas o columnas y de forma paralela, ya que esto permitirá conectar las filas entre sí y configurar los paneles con el inversor.

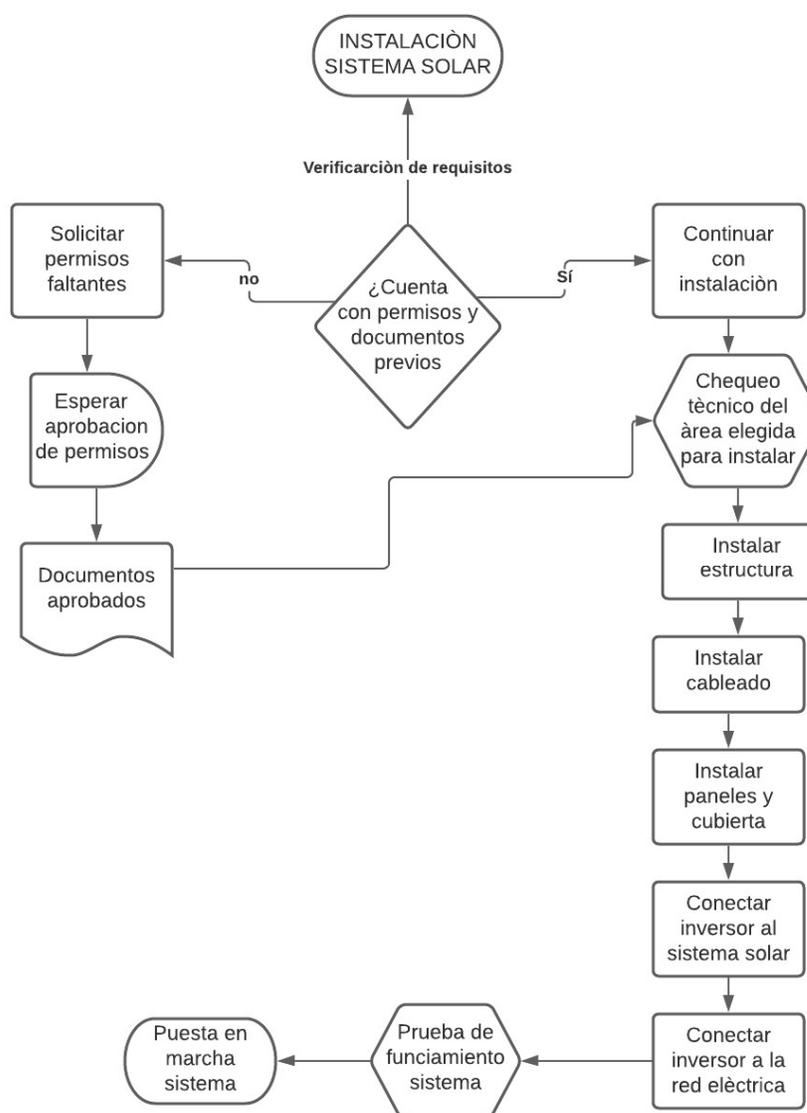
La conexión del inversor es uno de los pasos más importantes en la instalación, ya que este es el que convierte la corriente continua que recibe de los paneles y la transforma en corriente alterna que es la que se consume generalmente a nivel doméstico e industrial. Su conexión debe ser preferiblemente en un punto cercano donde se ubican los paneles, pero procurando que este en un lugar donde no le dé el sol directamente y se pueda recalentar, ya que esto puede ocasionar reducciones en el funcionamiento del inversor.

Luego, el inversor se conectará a la red eléctrica como si se tratara de un circuito diferenciado, esto permitirá que cuando no exista generación solar el inversor pueda enviar la

señal a la red eléctrica y conectarse para seguir suministrando energía sin ninguna interrupción.

Por último, se procederá a realizar la lectura de valores eléctricos de cada uno de los equipos instalados para comprobar su correcto funcionamiento y asegurarse que reflejen los rendimientos de acuerdo con las fichas técnicas y seguido de esto se procederá a poner en marcha el funcionamiento del sistema, teniendo en cuenta que se debe realizar mantenimientos preventivos para asegurar un rendimiento adecuado en el ciclo de vida del sistema (Hilcu, 2021)

Ilustración 20 Diagrama de Flujo de la Instalación de un Sistema Solar



Fuente: Creación propia tomando como referencia a (Hilcu, 2021)

9.3.1. Inversiones en maquinaria y equipo, muebles y enseres

La cantidad de paneles a instalar es de 18 unidades, que generarán aproximadamente el 40% del consumo del colegio entre 600 a 650 kW/h mensuales. Se eligió esta opción debido a que la intención principal es que la generación producida por los paneles se consuma inmediatamente por el colegio, y al no contar con baterías, no se podría almacenar esta energía para un consumo posterior, así que se inyectaría a la red del proveedor EPM los excedentes, que como se explicará más adelante estos tienen un costo de venta menor al que se paga hoy la energía eléctrica, entonces estos ingresos no serán muy representativos. Además, esta opción es más económica y permite recuperar la inversión en un menor tiempo.

Los elementos necesarios para la instalación del sistema On Grid son: paneles solares, inversor, contador bidireccional y estructura. A continuación, se relaciona las características técnicas de cada elemento:

- Panel solar: Panel monocristalino 400W Risen Energy, ref: RSM144-6-390M-410M, marca más vendida de paneles solares en el mundo; cuenta con una capacidad máxima de producción de 410 Wp, eficiencia máxima de 20,4%, garantía de 10 años por defectos de fabricación y 25 años por reducción en la eficiencia del sistema.

Ilustración 21 Panel Monocristalino 400W



RSM144-6-390M-410M

144 CELL Mono PERC Module	390-410Wp Power Output Range
1500VDC Maximum System Voltage	20.4% Maximum Efficiency

KEY SALIENT FEATURES

- Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing**
- Industry leading lowest thermal co-efficient of power**
- Industry leading 12 years product warranty**
- Excellent low irradiance performance**
- Excellent PID resistance**
- Positive tight power tolerance**
- Dual stage 100% EL inspection warranting defect-free product**
- Module Imp binning radically reduces string mismatch losses**
- Warranted reliability and stringent quality assurances well beyond certified requirements**
- Certified to withstand severe environmental conditions**
 - Anti-reflective & anti-soiling surface minimise power loss from dirt and dust
 - Severe salt mist, ammonia & blown sand resistance, for seaside, farm and desert environments
 - Excellent mechanical load 2400Pa & snow load 5400Pa resistance

RISEN ENERGY CO., LTD.
Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1998, was publicly listed in 2016, compares status generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovator, underpinned by

Fuente: Ficha técnica oferta proveedor Grupo Saldarriaga-2020

- Inversor: Fronius Primo con capacidad de 15 Kw, uso residencial y garantía de 3 años por defecto de fabricación.

Ilustración 22 Inversor Fronius Primo 15 KW

FRONIUS PRIMO
GENERACIÓN DE POTENCIA QUE DURA.

Fronius Primo, con clases de potencia de 3.8 a 15.0 KW, es el inversor solar residencial ideal para un diseño limpio de sistema fotovoltaico. Con alta seguridad DCFF y un amplio rango de voltaje, Fronius Primo garantiza fiabilidad de decenas de años. El elegante diseño del inversor ofrece al instalador un sistema de montaje de energía simplificado y un producto de alto nivel para un cliente exigente y profesional. Por razones de sostenibilidad, el inversor es fabricado en Austria. Incluye la tecnología líder en la industria Air-Fault-Circuit-Interrupter y un sofisticado sistema de gestión de energía. El sistema de gestión de energía es un complemento para la serie SUN-DC que ayuda a implementar la capa de almacenamiento de energía y tiene la tecnología para las necesidades futuras del consumidor, siempre que se posibilite de regular un servicio para la gestión más sostenible.



Fuente: Ficha técnica oferta proveedor Grupo Saldarriaga-2020

- **Contador bidireccional:** Fronius Smart Meter es un contador bidireccional que registra el consumo de energía y también permite visualizar los excedentes de energía que genere el sistema, en caso que se pretenda vender estos excedentes al proveedor de energía eléctrica. Es compatible con las referencias anteriormente descritas de paneles e inversor.

Ilustración 23 *Fronius Smart Meter*




Fronius Smart Meter

El Fronius Smart Meter es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo y registra la curva de consumo de su hogar. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia remota, cuando hay límites impuestos, es más rápida y precisa que con el controlador SO.

Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar. Para la solución de almacenaje Fronius Energy Package basada en el Fronius Symo Hybrid, el Fronius Smart Meter permite realizar una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía, optimizando así la energía total. Es perfecto para su uso junto al Fronius Symo, Fronius Symo Hybrid, Fronius Galvo, Fronius Primo, Fronius Eco y Fronius Datamanager 2.0.

Características principales

- Limitación de potencia remota rápida y precisa
- Junto con el Fronius Solar-web ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar
- Optimiza la gestión de energía con la solución de almacenaje Fronius Energy Package

Fronius Smart Meter	63 A-3	50 kA-3 ¹	63 A-1
Datos técnicos			
Tensión nominal	400-415 V	400-415 V	230-240 V
Máxima corriente	3 x 63 A	3 x 50,00 A	1 x 63 A
Sección de cable de entrada	1 - 16 mm ²	0,005 - 4 mm ²	1 - 16 mm ²
Sección de cable de comunicación y neutro		0,005 - 4 mm ²	
Consumo de energía	1,5 W	2,5 W	1,5 W
Intensidad de inicie		40 mA	
Clase de precisión		1	

Fuente: Ficha técnica oferta proveedor Grupo Saldarriaga-2020

- **Estructura:** Estructura con inclinación marca Alusinsolar compuesta por perfiles de aluminio, tornillería en acero inoxidable y material 100% reciclable. Este tipo de materiales son recomendables en lugares con mucha humedad o con altas temperaturas como es Puerto Triunfo ya que evita se oxiden las estructura y sus

componentes con facilidad. Además, se puede instalar sobre superficies de madera, hormigón y metal y resiste cargas de viento hasta 240km/h.

Ilustración 24 Estructura Alusinsolar

Sistema BULNES
ESTRUCTURAS ANGULARES

Garantías

- ☑ Diseño según cargas climáticas locales
- ☑ Fijación universal de paneles
- ☑ Alta versatilidad y adecuable
- ☑ Grapas especiales película fina y frameless
- ☑ Plazo de entrega rápido
- ☑ Cómoda instalación
- ☑ 25 años garantía de materiales
- ☑ 2 años garantía de obra

Características Técnicas

- Perfiles, grapas y accesorios en aluminio extruido de primera fusión.
- Tornillería en acero inoxidable A2/A4 según la agresividad del ambiente, con opción a tratamientos superficiales.
- Transmisión directa de cargas a la estructura principal. Fijación directa a las cerreas.
- Fijación con Juntas EPDM y adhesivo a doble cara, asegurando estanqueidad y resistencia a gradientes térmicos y a los rayos UV
- Opción de Tuercas antirrobo, sistema de ranuras para tornillo.
- Multitud de configuraciones disponibles.
- Material 100% reciclable.

Para instalación sobre los siguientes tipos de correa

Para todo tipo de cerramientos

Cubierta plana de hormigón

Cierre sandwich

Cierre sin pile

Cargas

Viento	Nieve
Hasta 240 kmh (150mph)	Hasta 2 kN/m ²

Cálculo de las estructuras de acuerdo con las cargas climáticas dependientes de la ubicación del proyecto

Pesos

Para panel en horizontal	Para panel en vertical
3.25 kg/m ²	2.49 kg/m ²

Pesos aproximados incluyendo tornillería

Los pórticos se suministran preensamblados

Fuente: Ficha técnica oferta proveedor Grupo Saldarriaga-2020

Adicional a los anteriores equipos requeridos para la instalación se deberá poner un refuerzo en el área total de 150 m² del techo, esto con el fin de asegurarse que el peso de los paneles, perfiles y demás componentes que van a ser instalados no vaya a debilitar esta superficie, que está fabricada en hormigón y madera y estos materiales pueden ceder, entonces para evitar posibles accidentes, se optara por poner el refuerzo.

El resumen de las cantidades y costo de cada elemento requerido para la instalación del sistema se detalla en la **Tabla 14**

Tabla 14 Cotización Sistema Completo

ITEM	CANTIDAD	VALOR UND	VALOR TOTAL SIN IVA	VALOR TOTAL CON IVA
Panel monocristalino 400W	18	\$ 540,000.00	\$ 9,720,000.00	\$ 9,720,000.00
Inversor Fornius Primo 15 Kw	1	\$ 11,440,000.00	\$ 11,440,000.00	\$ 11,440,000.00
Fronius Smart Meter	1	\$ 1,120,000.00	\$ 1,120,000.00	\$ 1,332,800.00
Refuerzo del techo	1	\$ 7,563,025.00	\$ 7,563,025.00	\$ 9,000,000.00
Estructura Alusinsolar	1	\$ 4,890,000.00	\$ 4,890,000.00	\$ 5,819,100.00
Certificado RETIE	1	\$ 950,000.00	\$ 950,000.00	\$ 1,130,500.00
Cableado	1	\$ 3,190,000.00	\$ 3,190,000.00	\$ 3,796,100.00
			TOTAL SIN IVA	TOTAL CON IVA
			\$ 38,873,025.00	\$ 42,238.500

Fuente: Elaboración propia basado en precios de cotizaciones Grupo Saldarriaga y RETIE Ingeniera y Gestión (RIG)-2020

Como se pudo observar los equipos que está exentos de IVA son los paneles solares e inversor, que en este caso son los que mayor costo representan en el sistema con respecto a los otros materiales. Además, estos equipos son considerados como activos fijos del colegio, lo cual representa que se devaluaran por año de acuerdo a los criterios de depreciación elegidos.

Además, se debe aclarar que el certificado RETIE, se contratará por medio de la empresa RIG, debido a que la empresa que certifique el sistema solar con RETIE no puede ser la misma que vende estos equipos, por lo tanto, se hace necesario contratar a un proveedor externo que pueda verificar la idoneidad de los equipos sin conflictos de intereses; y el costo del certificado se sumara al valor del sistema, ya que hace parte de la inversión de este.

9.3.2. Descripción de insumos

En este proyecto los insumos requeridos serian principalmente la tornillería y demás herrajes para la instalación del sistema, pero como se pudo observar en el punto anterior cada equipo esta cotizado con la instalación y herrajes incluido, por este motivo el proveedor asumirá el valor de los herrajes necesarios.

9.3.3. Determinación de mano de obra necesaria

La contratación de la mano de obra para la instalación del sistema solar no genera responsabilidades de índole laboral, ya que se harán por medio de un tercero que envíe su personal necesario, y este es el que debe asumir los costos de prestaciones sociales de dicho personal.

De este modo, se contratará al mismo proveedor que cotizo el sistema, ya que si ocurre una garantía se gestionaría de mejor manera si el sistema e instalación la realiza la misma empresa.

Se debe tener en cuenta que las personas necesarias para ejecutar la instalación son: técnicos con curso de alturas avanzado vigente, coordinador de alturas y técnicos instaladores.

Asimismo, se contratará un ingeniero eléctrico externo con tarjeta profesional que realice interventoría durante el tiempo que dure la instalación, que es de aproximadamente un mes y que se necesita para que verifique que el montaje y ejecución este quedando de forma correcta. La contratación se hará por prestación de servicios, pago por única vez de \$2.222.222 y esta persona debe aportar la seguridad social exigida por Ley y realizar la respectiva cuenta de cobro para la legalización de la contratación de su servicio.

Aunque los encargados de suministrar la mano de obra serán los proveedores contratados se debe tener en cuenta los puntos anteriores, debido a que si falta algún permiso o no se tiene el aval del operador de red la instalación no se podrá ejecutar.

En la siguiente tabla se relaciona el costo de la mano de obra, donde se incluye la instalación, certificados necesarios para la instalación, coordinador de alturas, líneas de vida, arnés y demás elementos de seguridad.

Tabla 15 *Costo mano de obra*

ITEM	CANTIDAD	VALOR UND
Mano de obra instalación	1	\$ 6.352.941
Asesor Externo	1	\$ 2.222.222
TOTAL		\$ 8.575.163

Fuente: Elaboración propia basado en precios referentes del mercado de energía eléctrica

En resumen, el costo total con la instalación incluida del sistema, certificados y contratación del personal suma \$50.813.6063. El sistema tendrá una capacidad instalada de generación máxima de 650 kW/h mensual que equivale al 40% del consumo mensual del colegio.

Se debe tener en cuenta que adicional al costo del sistema y la mano de obra se debe destinar un prepuesto anual de aproximadamente el 1% del valor del sistema, que sería \$560.000 para realizar mantenimiento preventivo y técnico a los paneles y sistema en general, con el fin de conservar su debido funcionamiento.

Por otro lado, según datos publicado por el periodo económico Portafolio, el precio promedio de venta de la energía solar en el país era de \$260 Kwh al año 2019, que puede variar de acuerdo al tamaño y ubicación del proyecto, pero que para efectos prácticos se tomara como

referente para calcular los ingresos que generen los excedentes de energía en épocas de poco consumo. (Portafolio, 2019)

9.3.4. Distribución espacial

Para la ubicación y diseño del sistema solar se usó el Software Helioscope, que es una herramienta en línea que permite diseñar de una manera sencilla la instalación de sistemas de paneles solares en cualquier parte del mundo y se puede generar informes del sistema seleccionado (Helioscope, 2021)

La ubicación de la instalación del sistema solar como se mencionó anteriormente será el techo del bloque 1 del colegio Pablo VI, ubicado sobre la CLL 14 de Puerto Triunfo, el cual tiene un área aproximada de 150 mts y 7 mts de altura, por lo tanto, el espacio es suficiente para la instalación de los 18 paneles, debido a que el área que ocuparían los paneles es de 45.7 m².

Además, las ilustraciones 26 y 27 muestran como los paneles se adecuarían en la parte sur del techo, para evitar que la sombra de los árboles pueda obstruir la generación de energía.

Ilustración 25 Resumen proyecto solar-HelioScope

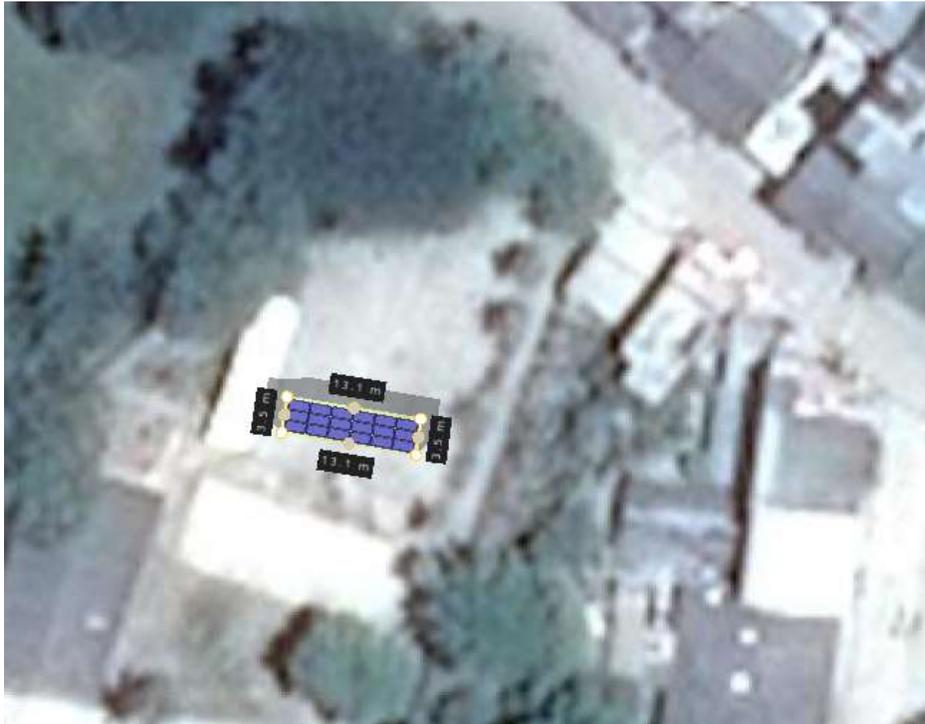
Diseño 1 Proyecto Puerto Triunfo, COLEGIO PABLO VI PUERTO TRIUNFO

Report		System Metrics	
Project Name	Proyecto Puerto Triunfo	Design	Diseño 1
Project Address	COLEGIO PABLO VI PUERTO TRIUNFO	Module DC Nameplate	7.02 kW
Prepared By	YENCY CEBALLOS yencyt@hotmail.com	Inverter AC Nameplate	15.0 kW Load Ratio: 0.47
		Annual Production	7.559 MWh
		Performance Ratio	61.3%
		kWh/kWp	1,076.8
		Weather Dataset	TMY, 10km Grid, meteonorm (meteonorm)
		Simulator Version	a531a704d4-acbd214a9b-f77fe81ef7-e9a506aed3

Project Location

Fuente: Elaboración propia con Software HelioScope

Ilustración 26 *Diseño de sistema desde el techo-HelioScope*

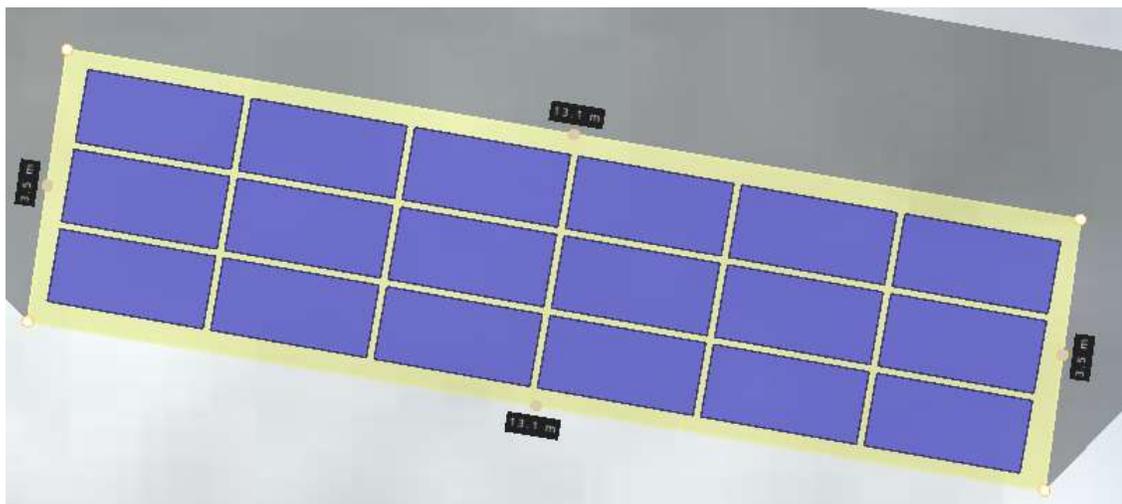


Fuente: Elaboración propia con Software HelioScope

9.3.6.1 Distribución Interna

A un nivel más detallado la ubicación de los módulos solares encima del techo se ubicará en 3 filas de 6 módulos cada una, o también conocida como string, que se refiere a la hilera de módulos solares en una misma línea. En este caso los 3 strings se ubicarían de forma horizontal, debido a que de esta manera se puede obtener una mayor radiación solar y alejada de los bordes del techo que pueda tener sombra por los árboles y con una inclinación de 20°. En la ilustración 28 se muestra el diseño que se realizó por medio del software Helioscope.

Ilustración 27 Diseño sistema solar por módulos



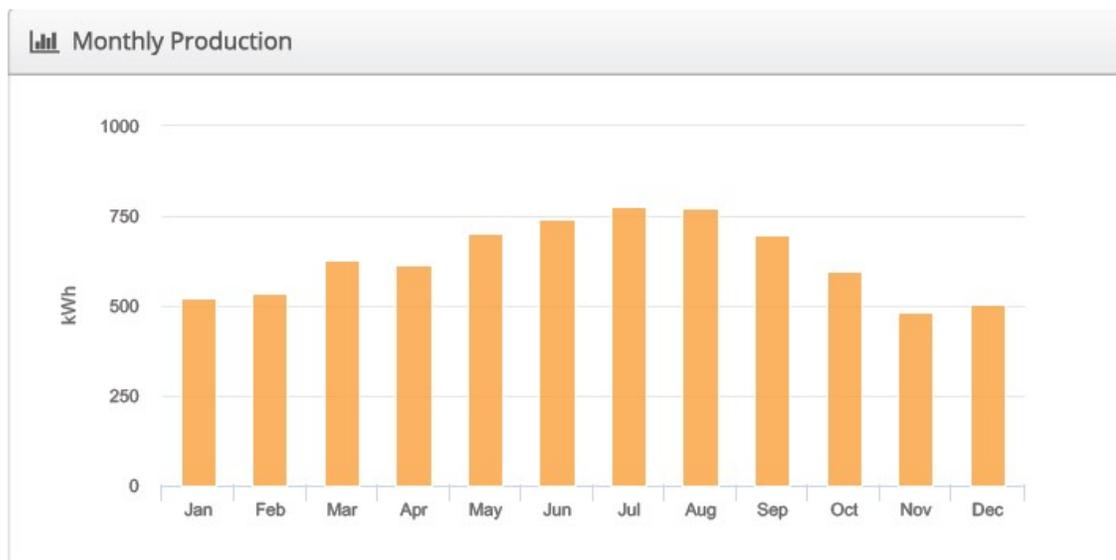
Fuente: Elaboración propia con Software HelioScope

Para el cálculo del área que ocuparan los 18 paneles se tuvo en cuenta que cada uno mide 2.015 mts x 0.996 mts lo que representa un área por unidad de 2.007 m² por panel y por los 18 el área bruta sería de 36.13 m². Si bien, el área bruta es de 36.13 m², el espacio real que se necesitaría para la ubicación de los 18 paneles sería de 45.7 mts, ya que se debe incluir unas medidas de tolerancia para la instalación en cada extremo y sumar una distancia de 10 cms para poner cada panel, ya que sin este espacio se podrían chocar entre sí.

Por último, el software HelioScope de acuerdo con la información ingresada para la simulación del sistema instalado en el techo del colegio Pablo VI arrojó datos como la generación mensual de energía solar esperada y los porcentajes por fuentes de pérdida del sistema como se puede visualizar en las gráficas 1 y 2.

La figura 28 muestra los valores nominales de la generación mensual por mes del sistema diseñado, que en promedio por año sería de 650 kWh mensuales suficiente para cubrir el 40% del consumo del colegio que está entre 600 y 650 kWh incluido el factor de seguridad.

Ilustración 28 Generación mensual estimada del sistema

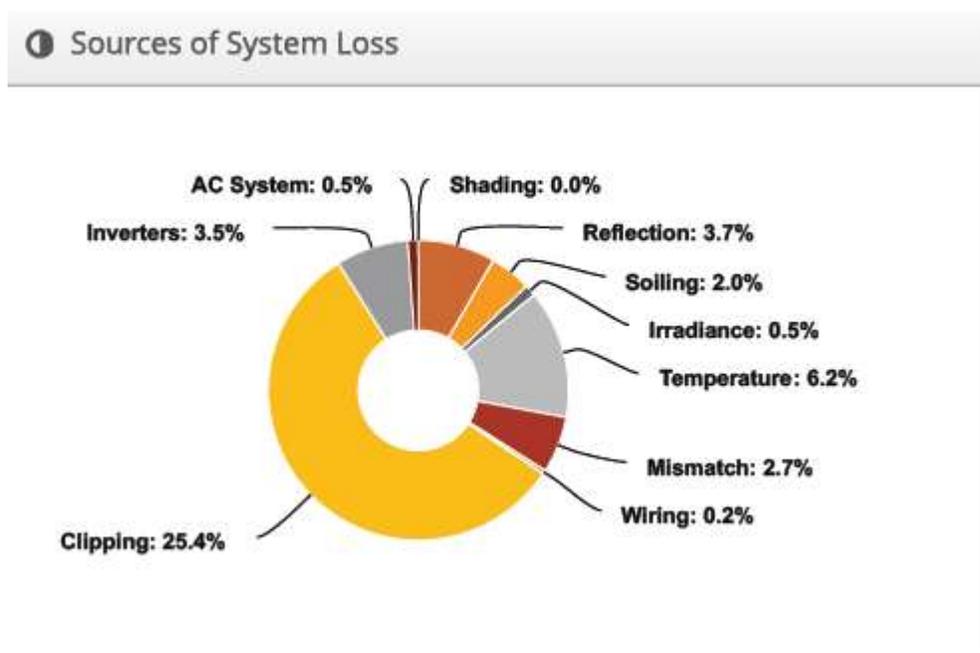


Fuente: Elaboración propia obtenido de Informe Software HelioScope -2021

Por otro lado, la figura 26 muestra los porcentajes de pérdidas del sistema por cada tipo de fuente que para el presente proyecto se establece en un 3% anual de la capacidad de generación total del sistema (234 kwh por año).

Esto se debe a que los paneles con el tiempo van perdiendo un poco su capacidad de generación, pero en este caso los paneles elegidos están fabricados con células solares monocristalinas que significa mayor pureza en el silicio y por este motivo su rendimiento es mejor que por ejemplo los paneles policristalinos. (Soty Solar, 2020)

Ilustración 29 Fuentes de Perdidas del Sistema



Fuente: Elaboración propia obtenido de Informe Software HelioScope -2021

La fuente que representa el mayor porcentaje es “clipping” o recorte con un 25,4% que generalmente pasa cuando los paneles solares generan más energía de la que el inversor puede soportar, por este motivo se eligió un inversor que tenga una buena capacidad y minimizar las perdidas por esta razón. La segunda fuente con mayor representación es la temperatura con un 6,2%, variable que también se tuvo en cuenta en el estudio que, según el clima de Puerto Triunfo, favorece que el sistema no tenga muchas perdidas por esta razón, ya que es una región con un clima cálido sin muchos registros de altas lluvias y vientos que puedan bajar significativamente el rendimiento los paneles solares.

9.4. ANÁLISIS ADMINISTRATIVO

Este análisis administrativo es de carácter informativo, ya que, este proyecto será ejecutado por medio de contratos a todo costo, donde los contratistas tendrán bajo su responsabilidad el suministro de equipos, el transporte, el montaje e instalación, la puesta en marcha, la interventoría, las certificaciones, gastos administrativos, incluyendo gastos para contratación de personal requerido, prestaciones sociales, seguridad y salud en el trabajo, en fin todos los gastos necesarios hasta la puesta en marcha y entrega a satisfacción del sistema de generación eléctrica fotovoltaica.

El proyecto de la instalación de una planta de generación fotovoltaica en la I.E. Pablo VI, ubicado en la cabecera municipal de Puerto Triunfo – Antioquia, requiere dos etapas administrativas, una para el montaje y otra para la operación y control del sistema. En este proyecto en particular se utilizará una administración mixta para las dos etapas, en la cual tanto la administración de la alcaldía municipal, como la administración de la institución educativa tendrán funciones que permitan el desarrollo y funcionamiento del proyecto. De esta manera el sistema de generación se convierte en un activo de la institución educativa, pero la carga administrativa será compartida entre el colegio y la administración municipal.

Tabla 16 Descripción general de los estamentos administradores del proyecto.

Alcaldía Municipal De Puerto Triunfo	Institución Educativa Pablo VI
De acuerdo con el Artículo 311 de la actual Constitución Política de Colombia y la Ley 136 de junio 2 de 1994, un Municipio es la entidad territorial fundamental de la división político-administrativa del Estado, con autonomía política, fiscal y administrativa dentro de los límites que le señalen la Constitución y las leyes de la República. Sus objetivos son la eficiente prestación de los servicios públicos a su cargo, la construcción de las obras que	Código: 105591000027

demande el progreso local, la ordenación de su territorio, la promoción de la participación comunitaria en la gestión de sus intereses y el mejoramiento social y cultural de sus habitantes.	
Entidad: Alcaldía Municipio De Puerto Triunfo	Estado: antiguo - activo
	Tipo: institución educativa
	Calendario: A
	Sector: oficial
	Jornada: completa
	Género: mixto
	Carácter: académico y técnico
	Especialidad: académico y agropecuario

Nota. En la tabla se describen las instituciones encargadas de la financiación y administración del proyecto. Fuente: Elaboración propia, 2021, con información tomada de (educaciónencolombia.com.co, 2019) (DANE, s.f.)

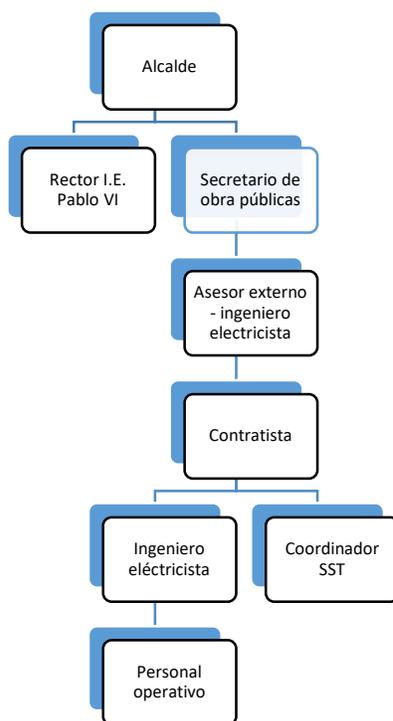
9.4.1. Organigrama

El primer organigrama muestra la organización encargada de la ejecución del proyecto, dado que, la alcaldía del municipio de Puerto Triunfo-Antioquia es la entidad que impulsa el proyecto con recursos propios, esta delegará a la dependencia de obras públicas los por menores del montaje del sistema de generación de energía solar. Sin embargo, en el organigrama se vincula también a la administración de la I.E Pablo VI, por medio del Rector o sus delegados, ya que, los trabajos se realizarán en las instalaciones del colegio y ellos serán los principales beneficiarios. Los demás actores serán contratistas externos, los cuales no tendrán vínculo laboral con ninguna de las dos instituciones y serán contratados a todo costo para una labor plenamente definida.

En el segundo organigrama, aparece la organización encargada de la operación y el control de la planta de generación de energía, de la misma manera que en la ejecución, aquí está vinculada la Alcaldía y la rectoría de la institución educativa, en este caso, se realizará un trabajo

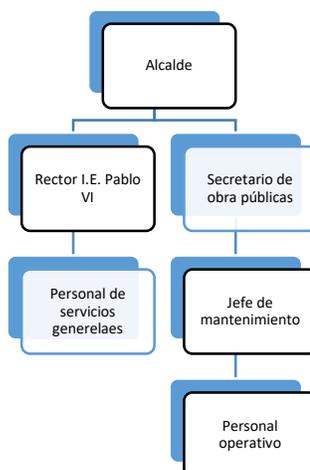
mixto, con personal ya vinculado a una de las dos instituciones y que se encargará del mantenimiento preventivo y limpieza del sistema de generación fotovoltaico.

Ilustración 30 *Organigrama de la etapa de ejecución del proyecto.*



Fuente: Elaboración propia, 2021

Ilustración 31 *Organigrama etapa de operación y control*



Fuente: Elaboración propia, 2021

9.4.2. Descripción Del Personal

El alcalde es un cargo de elección popular, el secretario obras públicas, jefe de mantenimiento y personal operativo de la alcaldía son cargos de libre nombramiento y remoción de lo cual se encarga el alcalde, el rector es un cargo por concurso de méritos (DANE, s.f.). Estos cargos ya están definidos y para el desarrollo del proyecto no es relevante conocer su perfil, experiencia y funciones. Sin embargo, cada uno de estos cargos tiene unas funciones determinadas para el desarrollo, ejecución y operación de la planta de generación de energía fotovoltaica del colegio.

Alcalde: se encarga de conseguir los recursos y hacer la contratación de la empresa que va a ejecutar el proyecto.

Secretario de obras públicas: es el encargado de la alcaldía para velar por la correcta ejecución, operación y mantenimiento del proyecto.

Rector: aunque obras públicas se encarga de la ejecución del proyecto, el rector es el administrador del entorno y espacio físico que será intervenido, por tanto, debe ser concertada con rectoría cualquier acción que se desee realizar en las instalaciones de la I.E Pablo VI.

Jefe de Mantenimiento: se encarga de enviar personal idóneo para realizar la labor de limpieza y mantenimiento del sistema de generación de energía solar.

Personal Operativo: son los directamente encargados de realizar la limpieza y mantenimiento básico del sistema de generación fotovoltaico, pero no son exclusivos para ello, son personal vinculado a la administración municipal. El único requisito particular que exige el proyecto para este personal es que se certifique con un curso avanzado para trabajo seguro en alturas.

Personal de Servicios Generales: este personal no es nuevo, está asignado a la I.E Pablo VI y al igual que el personal operativo de la alcaldía son los directamente encargados de realizar la limpieza y mantenimiento básico del sistema de generación fotovoltaico, pero no son exclusivos para ello y el único requisito particular que exige el proyecto para este personal es que se certifique con un curso avanzado para trabajo seguro en alturas.

Asesor Externo: es un cargo temporal y será contratado por prestación de servicios como asesor externo, este se encarga de hacer interventoría durante el montaje y puesta en marcha del sistema de generación fotovoltaica. Debe ser un ingeniero electricista con conocimiento en diseño y montaje de sistemas de energía solar y tendría una única remuneración de 2'000.000 de pesos.

Contratista: el contratista será el encargado de hacer todo el montaje, instalación y puesta en marcha del sistema, debe ser una empresa legalmente constituida y se le exigirá que tenga en su nómina y designados para el proyecto mínimo el siguiente personal; ingeniero electricista con matrícula profesional vigente, coordinador en salud y seguridad en el trabajo con tarjeta profesional vigente y con certificado de coordinador en alturas y personal operativo que incluya por lo menos dos operarios con matrícula CONTE.

9.5.ANALISIS LEGAL

9.5.1. Tipo de Sociedad.

El presente trabajo al ser un proyecto interno de una institución pública ya existente no tendrá en cuenta el tipo de sociedades bajo las cuales se podría poner en ejecución, sino que se revisaran aspectos legales de su naturaleza y las leyes o normas que se deben cumplir para la puesta en marcha del sistema solar.

El colegio es público de educación formal con operación en la cabecera municipal en Puerto Triunfo de orden territorial. Su nombre oficial es Institución Educativa Pablo VI y suscrito ante el Ministerio de Educación. (Educacion en Colombia, 2021).

9.5.2. Requisitos legales.

Como se pudo observar en el punto anterior el colegio pertenece al sector público, por lo tanto, se debe regir bajo las normas que regulan a este sector, es especial en tema de contratación pública, que finalmente es lo que se va a hacer, debido a que el proyecto también incluye la búsqueda del proveedor más conveniente que realice la venta e instalación del sistema.

En este sentido, la norma más importante de contratación pública es la Ley 80 de 1993 donde se disponen las reglas y principios que rigen los contratos de terceros con entidades estatales, en este se constatan los lineamientos que se deben tener en cuenta para que un proveedor pueda ofrecer sus productos o servicios a alguna entidad estatal. (Congreso, 1993)

En el caso del colegio, el proveedor ofertante debe contar con algunos requisitos como lo menciona la Ley 1150 de 2007:

Por regla general para contratar con el Estado, es necesario estar inscrito en el Registro Único de Proponentes-RUP- que llevan las cámaras de comercio (numeral 6.1, Artículo 6° de la Ley 1150 de 2007) y con el que se muestra la experiencia, capacidad jurídica, capacidad financiera y capacidad organizacional. (Vallejo, 2021).

Ahora bien, a través de la página de SECOP (Sistema Electrónico para la Contratación Pública), se podrán conocer cada uno de los procesos abiertos que adelantan las entidades

estatales, por lo tanto, el colegio en su momento publicará la convocatoria para participar en el proceso, mencionando los documentos y requisitos que debe reunir para contratar con este.

Por otro lado, la Ley 1715 del 2014 tiene como objetivo incentivar el uso de energías no convencionales, especialmente las renovables como es la solar (CONGRESO DE LA REPÚBLICA, 2014). Para esto el Gobierno sacó varios beneficios tributarios como se explican a continuación;

- **Deducción especial en el impuesto sobre la renta:** Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que desarrollen inversión para la producción y utilización de energía a partir de FNCE (Fuentes No Convencionales de Energía) o gestión eficiente de energía, tendrá derecho a deducir en un período no mayor a 15 años, contados a partir del año siguiente a aquel en el que se efectúe la inversión, hasta un 50% del valor de la inversión realizada.
- **Depreciación acelerada** que es un gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el impuesto sobre la renta, por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual.
- **Incentivo es la Exclusión de bienes y servicios de IVA** por la compra de bienes y servicios. Y el cuarto y último incentivo es la exención de gravámenes arancelarios Exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión en proyectos con FNCE (Duarte, 2021)

El único beneficio que podrá ser usado en el proyecto es el de la exclusión en compras de bienes correspondientes a los equipos y materiales para la implementación del sistema solar,

porque como se pudo visualizar tabla 14 de los precios de la cotización del proveedor los paneles e inversor están exentos de este impuesto, precisamente gracias a la Ley 1715.

Los demás beneficios correspondientes a deducción del impuesto de renta y depreciación acelerada de los equipos no aplican al proyecto, debido a que el colegio no es declarante al impuesto de renta, entonces no tendría ningún beneficio por este concepto.

Asimismo, la Resolución 030 del CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) regula las actividades de generación a pequeña y grande escala. Del mismo modo se menciona la figura denominada AGPE (Auto generadores a Pequeña Escala) que se refiere a cualquier persona natural o jurídica que opta por producir energía principalmente para su propio consumo y que el tamaño de la instalación de generación sea igual o inferior a 1.000 kW (1MW) y uno de los beneficios de esta figura es de poder recibir ingresos adicionales por la venta de la energía que produce y no consume, es decir los excedentes que serán entregados al operador de Red (Ministerio de Minas y Energía, 2018)

La figura AGPE es la que aplica al colegio en cuestión, porque la capacidad instalada del sistema está por debajo de los 1.000 kw y la intención principal es consumir su propia generación eléctrica y no comercializarla. Sin embargo, en épocas de receso o inactividad el colegio estos excedentes se podrán facturar a EPM y así obtener un ingreso adicional.

Al sistema estar conectado a la red de EPM, este último es el que tiene la competencia para definir los criterios necesarios que los AGPE deben cumplir para autorizar la conexión a la red de otra fuente de energía eléctrica.

En su página web, EPM relaciona los siguientes pasos y requisitos que los AGPE necesitarían para la conexión (EPM, 2021).:

- Estudio de conexión simplificada con la información técnica requerida por EPM

- Diligenciar formulario de solicitud de conexión simplificada y anexar memorias de cálculo y selección del sistema de medida, esquema de protecciones de voltaje y frecuencia del punto de conexión, tipo de conexión a tierra tanto para la tecnología de generación como para punto de conexión y diagrama unifilar.
- Certificación de conformidad con el RETIE (Dictamen y Declaración de Cumplimiento).
- Certificado de conformidad de producto y certificados de calibración vigentes para el sistema de medición (cuando se realice cambio de medidor).
- Especificaciones técnicas de inversores y sistemas de generación.
- Suscribir un contrato de conexión y respaldo.
- Plan de pruebas de los equipos donde se debe suministrar certificación de conformidad con el RETIE, certificado de conformidad de producto del sistema de medición y certificados de calibración del sistema de medición.
- Registro de proveedor para pago de excedentes y adjuntar Formato creación de proveedor, RUT y certificación bancaria no mayor a 30 días

10. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

10.1. Supuestos económicos

La evaluación económica permite evaluar la viabilidad del proyecto y si este representa beneficios económicos y sociales para la comunidad que se pretende impactar, que en este caso serían principalmente los estudiantes y personal administrativo del colegio pablo VI.

Los indicadores macroeconómicos permiten visualizar el estado actual de la economía del país, por lo tanto, se tendrá en cuenta indicadores como el Índice de Precios al Consumidor (IPC), PIB, entre otros presentados en la tabla 17 que se usó para la proyección de los costos asociados del proyecto.

Tabla 17 *Proyección IPC 2022-2026*

	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026
IPC / inflación	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Re / Devaluación	-2.4%	-1.9%	0.0%	1.1%	1.1%
Tasa de interés (Ref. BR)	2.00%	3.50%	4.50%	4.75%	4.75%
PIB	5.5%	4.5%	4.5%	4.0%	4.0%

Fuente: Grupo Bancolombia, macroeconómicos proyectados septiembre 2021; Banco de la Republica; 2021

Por otro lado, la tabla 18 se muestran los supuestos microeconómicos que se tuvieron en cuenta para realizar las proyecciones de los flujos de ingresos. El factor de crecimiento de KW/h es decreciente, debido a que los paneles con el paso de los años van reduciendo su eficiencia y esto hace que cada año su generación de energía sea menor (SOLIDEO, 2021), y que para los paneles monocristalinos es menor a la de los policristalinos y en conjunto con las pérdidas por causas como el clima, sombra y otras variables se situara en un 3% anual.

Así mismo, el factor de crecimiento de precios se estableció en el estudio de mercado (ver tabla 7) que muestra el cálculo teniendo en cuenta el histórico de precios de energía que pago el colegio los últimos 5 años.

Tabla 18 Factores Crecimiento Oferta y Precios 2022-2026

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	2022	2023	2024	2025	2026
FACTOR CRECIMIENTO ENERGIA KW/H		-3.00%	-3.00%	-3.00%	-3.00%
FACTOR INCREMENTO PRECIOS		4.26%	4.09%	3.93%	3.78%

Fuente: Elaboración propia, 2021

10.2. Flujo de inversiones

Tabla 19 Inversión Activos

INVERSIÓN ACTIVOS	
MAQUINARIA Y EQUIPO	
Panel solar monocristalino de 400 W	9,720,000
Inversor Fronius Primo de 15 kW	11,440,000
Medidor de energía bidireccional, Fronius Smart Meter	1,332,800
Estructura en aluminio Alusinsolar	5,819,100
Refuerzo estructura del techo	9,000,000
Cableado y accesorios	3,796,100
Instalación	6,352,941
Interventoría general	2,222,222
Certificación RETIE	1,130,500
SUBTOTAL	50,813,663
TOTAL INVERSIÓN INICIAL	50,813,663

Fuente: Elaboración propia, 2021

10.3. Activos fijos

Como lo mostro la tabla 19 la inversión total de activos fijos del proyecto es de \$50.813.663 que corresponde el 100% de la inversión inicial y hace parte de esta los equipos, certificados, instalación y demás servicios necesarios para la instalación completa del sistema, que en conjunto constituye el activo fijo único del proyecto y que tiene una vida útil de 20 años.

Si bien los activos fijos por su naturaleza se deprecian con el tiempo para este caso no se tendrá en cuenta las depreciaciones de los equipos porque el colegio el único impuesto que debe asumir para la ejecución del proyecto es el IVA en alguno de los equipos del sistema solar, pero este impuesto se incluyó en el valor total de dichos equipos, ya que no se puede descontar al momento de su compra y por lo tanto, no es necesario incluir las depreciaciones en los flujos de caja para reducir la base gravable con la que se liquidan los impuestos.

10.3.1. Activos Diferidos

El presente trabajo no tendrá activos diferidos, ya que como se mencionó en el punto anterior el 100% de su inversión inicial se destinará a los activos fijos.

10.3.2. Capital de Trabajo.

Las inversiones en capital de trabajo no aplican en el proyecto porque, aunque la instalación del sistema solar va a permitir que el colegio pueda seguir realizando su actividad, este se considera una mejora en la infraestructura y no como activos corrientes que se puedan representar un ingreso económico sino un beneficio para el colegio y sus partes interesadas.

10.4. Flujo de Ingresos

Tabla 20 Ingresos 2022-2026

INGRESOS					
	2022	2023	2024	2025	2026
Generación de energía paneles solares (flujo de caja - ahorro en factura de energía) [kW-h]	4,800,822	4,855,177	4,902,141	4,941,951	4,974,894
Venta de excedentes de energía, inyección a la red (compensación)	706,640	714,641	721,553	727,413	732,262
TOTAL INGRESOS OPERATIVOS	5,507,462	5,569,817	5,623,694	5,669,364	5,707,156
TOTAL INGRESOS	5,507,462	5,569,817	5,623,694	5,669,364	5,707,156

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el flujo de ingresos se calcularon 2 tipos: El primero se realizó teniendo en cuenta el ahorro económico que se habrá si el 40% de la energía que actualmente se le paga a EPM la abastece el sistema solar como se planteó anteriormente y el segundo considera la compensaciones que se recibirá por parte de EPM cuando hayan excedentes y se inyecten a la red, que sería máximo el 17% de la generación total del sistema por año , ya que la mayor parte del tiempo la consumirá el colegio y solo habrán excedentes en época de vacaciones del colegio.

10.5. Flujo de egresos

Tabla 21 Egresos 2022-2026

EGRESOS					
	2022	2023	2024	2025	2026
Costos fijos	560,004	582,404	605,700	629,928	655,125
Mantenimiento del sistema (mensual)	560,004	582,404	605,700	629,928	655,125
TOTAL COSTOS	560,004	582,404	605,700	629,928	655,125
Gastos operativos	1,550,000	0	0	0	0
Gasto por publicidad	1,550,000	0	0	0	0
TOTAL GASTOS	1,550,000	0	0	0	0
TOTAL EGRESOS	2,110,004	582,404	605,700	629,928	655,125

Fuente: Elaboración propia, 2021

La muestra los costos fijos anuales que se deben pagar por el mantenimiento del sistema que representan solo el 1% del valor del sistema solar, de acuerdo a los abordado en los costos de mantenimiento que se desarrolló en la ingeniera del proyecto. Estos precios no son constantes con el tiempo, por lo tanto, incrementarían de acuerdo con el valor del IPC proyectado (ver tabla 17)

Por otro lado, el gasto operativo del año 2022 corresponde al valor de la publicidad que se realizara antes de la instalación de los paneles para la debida divulgación y sensibilización de la comunidad descritas en las tablas 7 y 8.

10.6. Alternativas de financiación.

La financiación se buscará por medio de los recursos propios de la Alcaldía de Puerto Triunfo o con regalías destinadas a proyectos de mejoramiento de infraestructura y educación de la región, lo que significa que el proyecto no tendrá costos por concepto de endeudamiento y obligaciones financieras.

10.7. Estados Financieros

10.7.1. Estado Integral de Resultados

El estado integral de resultado de la **Tabla 22** muestra como el primer año el beneficio neto después de deducir costos es de \$3.997.458 que representa solo el 6,7% de la inversión inicial y para los años siguientes este beneficio se sitúa en el 9,8% de la inversión inicial. Esto se debe a que el primer año se tendrán gastos de publicidad que solo se pagará una única vez.

Asimismo, se puede observar como el beneficio antes y después de impuestos es el mismo, ya que no se debe asumir ningún costo por este concepto

Tabla 22 *Proyección Estado Integral de Resultados*

ESTADO INTEGRAL DE RESULTADOS					
Concepto	2022	2023	2024	2025	2026
Ingresos	5,507,462	5,569,817	5,623,694	5,669,364	5,707,156
Costos	560,004	582,404	605,700	629,928	655,125
Utilidad Bruta	4,947,458	4,987,413	5,017,994	5,039,436	5,052,031
Gastos operativos	1,550,000	0	0	0	0
Utilidad antes impuestos e intereses	3,397,458	4,987,413	5,017,994	5,039,436	5,052,031
Utilidad antes de impuestos	3,397,458	4,987,413	5,017,994	5,039,436	5,052,031
Beneficio neto	3,397,458	4,987,413	5,017,994	5,039,436	5,052,031

Fuente: Elaboración propia, 2021

10.7.2. Estado situación financiera

En la tabla 23 se puede visualizar el resumen de la proyección del balance general o estado de situación financiera de los próximos 5 años.

En este proyecto no hay manejo de inventario ni de caja, que normalmente son los activos corrientes más comunes, pero en su lugar estos activos serán las cuentas por cobrar a EPM que se generen cuando haya excedentes de energía y el ahorro de energía que no se le pagaría a EPM contemplado de la tabla 4, y por su parte los pasivos corrientes serán los de la tabla 5 correspondiente a los costos de mantenimiento.

Al final el patrimonio por año se contempla que sea el valor de la inversión inicial en maquinaria, más los ingresos, menos los costos de mantenimiento.

Tabla 23 *Proyección Estado Situación Financiera*

ESTADO DE SITUACIÓN FINANCIERA

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Activos corrientes						
Deudores (compensación EPM)		706,640	714,641	721,553	727,413	732,262
Otros (Ahorro energía)		4,800,822	4,855,177	4,902,141	4,941,951	4,974,894
Total activo corriente	0	5,507,462	5,569,817	5,623,694	5,669,364	5,707,156
			1%			
Activos de largo plazo						
Maquinaria y equipo	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663
Total activos no corrientes	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663
Total activos	50,813,663	56,321,125	56,383,480	56,437,357	56,483,027	56,520,819
Pasivos corrientes						
Proveedores		2,110,004	582,404	605,700	629,928	655,125
Total pasivos corrientes	0	2,110,004	582,404	605,700	629,928	655,125
Total pasivos	0	2,110,004	582,404	605,700	629,928	655,125
Patrimonio						
Capital	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663	50,813,663
Utilidad del periodo	0	3,397,458	4,987,413	5,017,994	5,039,436	5,052,031
Total patrimonio	50,813,663	54,211,121	55,801,076	55,831,657	55,853,099	55,865,694
Total pasivo y patrimonio	50,813,663	56,321,125	56,383,480	56,437,357	56,483,027	56,520,819

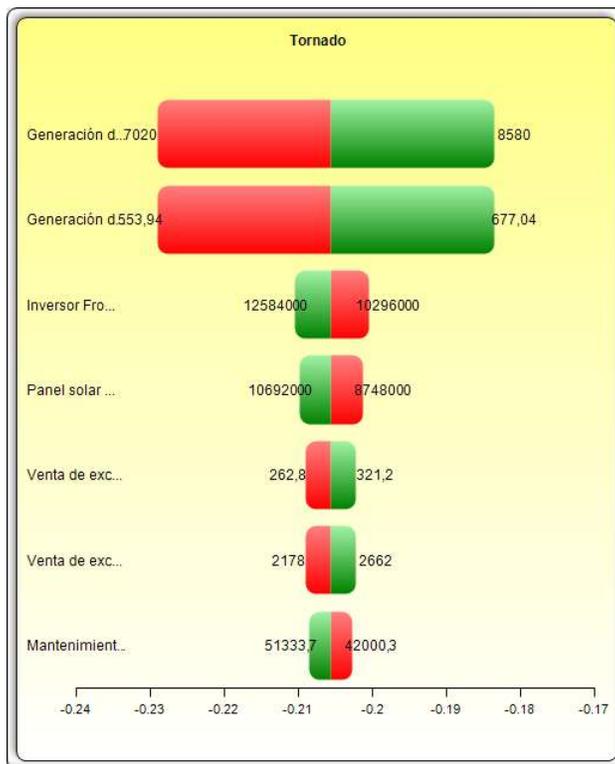
Fuente: Creación propia

10.8. Tabla tornado

En la ilustración 31 se puede visualizar la tabla tornado, que es una herramienta que permite identificar los principales impactos estadísticos de diferentes variables de acuerdo a un modelo de datos preestablecidos y que en este caso se ingresaron todos los valores asociados para la ejecución del proyecto, la cual se realizó con la ayuda del software Risk Simulator y basado en la simulación Montecarlo.

Las variables que se muestran de rojo a verde tienen correlación positiva con la rentabilidad o beneficio esperado y las variables de verde a rojo tienen correlación negativa, es decir que estas últimas son las que se deben monitorear y gerenciar para asegurar el éxito del proyecto

Las variables que hay que administrar principalmente son los que se refieren a los precios de los paneles solares, inversor y costo de mantenimiento porque en caso que salgan de sus rangos de precios establecidos pueden perjudicar la ejecución del proyecto y el tiempo de recuperación de la inversión se puede alargar, volviendo incluso inviable el proyecto.

Ilustración 32 *Tabla Tornado*

Fuente: Creación propia

10.9. Flujo de caja del proyecto

El resumen del flujo de cada del proyecto se encuentra en la **Tabla 24** que enseña un WACC (Weighted Avarage Cost of Capital) o Costo promedio ponderado de capital de 0% debido a que no se tienen costos de financiamiento, una TIR (Tasa Interna de Retorno) de - 20.56% y un VPN (Valor Presente Neto) de -27.319.331, es decir que desde el criterio financiero el proyecto no sería viable, ya que no se alcanzaría a recuperar el valor de la inversión en el horizonte de tiempo establecido. Sin embargo, las proyecciones de los fuljo de caja se realizaron a 5 años, pero para la medición del periodo de recuperación de la inversión (PRI) se tendrán en cuenta los 20 años que tiene de vida útil el sistema.

Tabla 24 Flujo de Caja del Proyecto

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO						
Concepto		2022	2023	2024	2025	2026
Ventas		5,507,462	5,569,817	5,623,694	5,669,364	5,707,156
Costos		560,004	582,404	605,700	629,928	655,125
Gastos operativos		1,550,000	0	0	0	0
Utilidad operativa		3,397,458	4,987,413	5,017,994	5,039,436	5,052,031
Utilidad operativa después de impuestos		3,397,458	4,987,413	5,017,994	5,039,436	5,052,031
Flujo de caja bruto operativo	-50,813,663	3,397,458	4,987,413	5,017,994	5,039,436	5,052,031
TIR DEL PROYECTO	-20.56%					
WACC DEL PROYECTO	0.00%					
TIR MODIFICADA DEL PROYECTO	-14.30%					
VPN DEL PROYECTO	-	27,319,331				

Fuente: Elaboración propia, 2021

10.10. Periodo de Recuperación inversión PRI

Tabla 25 Proyección Periodo de Recuperación Inversión

Periodo	Flujo de caja	Flujo de caja	Flujo de caja descontado
0	-\$ 50,813,663.00	-\$ 50,813,663.00	-\$ 50,813,663.00
1	\$ 3,397,458.00	\$ 3,190,101.41	-\$ 47,623,561.59
2	\$ 4,987,413.32	\$ 4,397,199.25	-\$ 43,226,362.34
3	\$ 5,017,994.00	\$ 4,154,141.78	-\$ 39,072,220.56
4	\$ 5,039,436.01	\$ 3,917,269.98	-\$ 35,154,950.58
5	\$ 5,052,030.86	\$ 3,687,380.51	-\$ 31,467,570.07
6	\$ 5,102,551.17	\$ 3,496,952.41	-\$ 27,970,617.66
7	\$ 5,153,576.68	\$ 3,316,358.62	-\$ 24,654,259.04

8	\$ 5,205,112.45	\$ 3,145,091.28	-\$ 21,509,167.76
9	\$ 5,257,163.57	\$ 2,982,668.72	-\$ 18,526,499.04
10	\$ 5,309,735.21	\$ 2,828,634.19	-\$ 15,697,864.85
11	\$ 5,362,832.56	\$ 2,682,554.49	-\$ 13,015,310.37
12	\$ 5,416,460.89	\$ 2,544,018.81	-\$ 10,471,291.56
13	\$ 5,470,625.49	\$ 2,412,637.56	-\$ 8,058,654.00
14	\$ 5,525,331.75	\$ 2,288,041.25	-\$ 5,770,612.75
15	\$ 5,580,585.07	\$ 2,169,879.50	-\$ 3,600,733.25
16	\$ 5,636,390.92	\$ 2,057,819.99	-\$ 1,542,913.26
17	\$ 5,692,754.83	\$ 1,951,547.60	\$ 408,634.33
18	\$ 5,749,682.38	\$ 1,850,763.45	\$ 2,259,397.78
19	\$ 5,807,179.20	\$ 1,755,184.12	\$ 4,014,581.90
20	\$ 5,865,250.99	\$ 1,664,540.81	\$ 5,679,122.71

Tasa de interés	6.5%	E.A.
Crecimiento	1.00%	
PRI	16.79	Años

Fuente: Elaboración propia, 2021

Según la tabla 25 el periodo de recuperación de la inversión es de 16 años, es decir que ese tiempo sería el mínimo necesario para poder empezar a obtener beneficios económicos de la inversión inicial del sistema y descontando los costos asociados al mantenimiento y a la tasa de interés de los TES al 2017 que fue del 6,5% y que se usó como referencia para incluir la variable de la pérdida del valor del dinero en el tiempo que es importante al momento de realizar proyecciones financieras.

De acuerdo con lo anterior se puede deducir que es viable la instalación del sistema solar, ya que se recuperara su inversión antes de los 20 años que tiene el sistema de funcionamiento y teniendo en cuenta que solo se va a instalar el 40% del consumo de energía es aceptable, debido a que si se aumentara el número de paneles a instalar probablemente el periodo de recuperación de la inversión baje. Además, es importante conocer que la principal razón por la cual se justifica la ejecución del proyecto es el beneficio social y con su implementación se beneficiaran

directamente más de 4.000 hogares, según los datos de la tabla 4 que muestra el número actual de estudiantes y de esta forma se beneficiarían sus familias y a la comunidad en general.

10.11. Análisis de Riesgos

Para el análisis de riesgos del proyecto de prefactibilidad de la instalación de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica en la I.E Pablo VI, se utilizaron métodos cualitativos, por medio de los cuales se identificaron, valoraron y clasificaron, además se definieron medidas para mitigarlos. Este análisis se realiza básicamente por medio de una matriz de riesgos y para la clasificación final se utiliza la técnica del valor esperado y como convención los riesgos serán clasificados de mayor a menor valor esperado.

En la **Tabla 26** se muestra una lista riesgos y sus efectos que son de probable ocurrencia durante la ejecución del proyecto, además se agrega la clasificación donde se determina que instancia se debe hacer responsable de estos riesgos. La **Tabla 27** es simplemente la convención de cómo se van a calificar los eventos de riesgo, mientras que, en la **Tabla 28** y **Tabla 29** se les asignó una calificación a los eventos de riesgo dependiendo de su posibilidad de ocurrencia o de su costo económico respectivamente, esta valoración se hizo por experiencia y por sugerencia de un comité de expertos. En la **Tabla 30** se incluyen los resultados del valor esperado y la clasificación final del análisis de los eventos de riesgo.

Tabla 26 *Lista de Riesgos, Análisis Cualitativo.*

RIESGO	EFECTO	CLASIFICACIÓN			
		ORGANIZACIÓN	GESTIÓN	TÉCNICOS	EXTERNOS
Devaluación del peso frente al dólar.	Efectos directos sobre el flujo de caja por incremento en la inversión inicial. "Varios de los equipos a instalar en el proyecto son importados"		X		X
Irregularidad en el suministro de insumos y materiales.	Retraso: puede ocasionar cambios en el cronograma y en el flujo de caja	X	X		
Irregularidades en la ejecución de actividades.	Retrasos en los tiempos estipulados en el cronograma.		X	X	
Trabajo en lugares peligrosos.	Accidente laboral por caída, aplastamiento o por corte.			X	
Daño de equipos del sistema.	Retrasos en los tiempos estipulados en el cronograma. Modificación en el flujo de caja por aumento de la inversión o disminución de la generación de energía eléctrica del sistema.	X		X	X
Climatología y Meteorología	Modificación del flujo de caja, por disminución				X

	de las horas de sol por día				
--	-----------------------------	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 27 *Calificación de Eventos de Riesgo*

CATEGORÍA	VALOR
Muy Alto	7
Alto	6
Medio – Alto	5
Medio	4
Medio – Bajo	3
Bajo	2
Muy Bajo	1

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 28 *Calificación por Posibilidad de Ocurrencia*

EVENTO DE RIESGO	CATEGORÍA	VALOR
Devaluación del peso frente al dólar.	Muy Alto	7
Irregularidad en el suministro de insumos y materiales.	Bajo	2
Irregularidades en la ejecución de actividades.	Muy Alto	2
Trabajo en lugares peligrosos.	Alto	1
Daño de equipos del sistema.	Alto	7
Climatología y Meteorología	Medio - Alto	7

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 29 *Calificación por Costo Económico*

EVENTO DE RIESGO	CATEGORÍA	VALOR
Devaluación del peso frente al dólar.	Muy Alto	7
Irregularidad en el suministro de insumos y materiales.	Bajo	2
Irregularidades en la ejecución de actividades.	Medio - Alto	5
Trabajo en lugares peligrosos.	Medio	4
Daño de equipos del sistema.	Alto	6
Climatología y Meteorología	Bajo	2

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 30 *Clasificación de los Eventos de riesgo Según Valor Esperado*

CLASIFICACIÓN	EVENTO DE RIESGO	VALOR ESPERADO
R1	Devaluación del peso frente al dólar.	49
R6	Irregularidad en el suministro de insumos y materiales.	4
R4	Irregularidades en la ejecución de actividades.	10
R5	Trabajo en lugares peligrosos.	4
R2	Daño de equipos del sistema.	42
R3	Climatología y Meteorología	14

Fuente: Elaboración propia, 2021

El riesgo clasificado como R1 en la **Tabla 30** es el de mayor valor esperado y por consiguiente al que se le debe poner mayor atención, la estrategia para mitigar este riesgo es realizar un contrato a todo costo sin ajustes durante la ejecución del proyecto, con esto se traslada el evento y queda controlado. El riesgo R2 tiene enorme relevancia, ya que el proyecto se realizará en una institución educativa de educación básica y media, por lo que habrá niños y adolescentes conviviendo permanentemente entorno al sistema de generación, este riesgo se mitiga en gran medida con la sensibilización de los educandos, ya planteada en el apartado de promoción y publicidad, además de eso se hace la sugerencia a los patrocinadores del proyecto de

instalar unas mallas para proteger los paneles solares de accidentes. El sistema de generación de energía que se va a instalar depende de la radiación solar, por eso el R3 debe tenerse presente y tanto la administración municipal como la administración de la I.E Pablo VI deben ser conscientes que el riesgo existe y no hay manera de mitigarlo. Los riesgos R4, R5 y R6 deben ser transferidos al contratista en el momento de la conformación del contrato, exigiendo por ejemplo sistema de gestión en salud y seguridad en el trabajo, pólizas de cumplimiento y garantía, entre otras.

10.12. Beneficio ambiental

El presente proyecto no solo trae beneficios sociales y económicos sino ambientales, ya que según datos de la ONU por cada 1.000 kW instalados con paneles solares fabricado de celdas monocristalinas se reducen 600 Kg de emisiones de CO₂ (Dióxido de Carbono), sustancia que hace parte de los gases de efecto invernadero y que afectan al medio ambiente y agrava la problemática del calentamiento global (Naciones Unidas, 2021)

A continuación, en la tabla se muestra el cálculo estimado de reducción total de CO₂ con la implementación del proyecto

Tabla 31 *Reducción CO₂*

KW X año	CO ₂ kg X año	Reducción CO ₂ kg X año	Reducción CO ₂ kg X 20 años	Total CO ₂ Toneladas
7.800	600	4.680	93.600	93,6

Fuente: Creación propia

De este modo, la reducción total de CO₂ estimada en los 20 años del funcionamiento del sistema sería de 93.6 TON, cifra que no solo beneficiara a los estudiantes y planta del colegio, sino a la región en general, ya que la reducción en emisiones dañinas al medio ambiente mejora la calidad del aire y reduce el riesgo de contraer enfermedades respiratorias. Es importante saber

que 93.6 TON de CO₂ es lo que emitirían 421 carros por año, y de ahí radica su importancia e impacto ambiental que significa la ejecución del proyecto (BBC, 2021)

De igual manera este proyecto al contar con financiación pública, busca los objetivos gubernamentales de índole medio ambiental porque el Gobierno se ha comprometido a reducir para el año 2030 el 51% de sus emisiones de gases de efecto invernadero, entre ellos el CO₂ . (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , 2020) Por lo tanto, estos proyectos contribuyen a que las metas de carácter público se puedan cumplir a cabalidad.

CONCLUSIONES

En el anteproyecto de este estudio se pone de manifiesto que, indiscutiblemente los sistemas de generación de energía eléctrica denominados alternativos o sostenibles están avanzando en el mundo y Colombia no es ajena a esta realidad, de igual forma, en el marco teórico queda claro como entre los sistemas de generación de energía sostenibles se destaca la generación fotovoltaica gracias a su versatilidad.

La ubicación privilegiada de la I.E Pablo VI, en cuanto a radicación solar se refiere y la demanda casi constate que arrojó el estudio de mercado, le ofrecen al proyecto una gran estabilidad tanto en la producción de [kW-h], como en el consumo de la misma, debido a esto, se puede garantizar un alivio en la cuenta de servicios públicos en la institución.

Dentro del marco teórico y el análisis técnico expuesto, es posible vislumbrar la rapidez con la que están avanzando los desarrollos tecnológicos tendientes a hacer sistemas de generación de energía fotovoltaica más eficientes, por esta razón en el estudio técnico se pudo elegir entre varias alternativas y así optimizar la generación de [kW-h].

Sin embargo, los resultados de la evaluación financiera a 5 años, con indicadores como el VPN o la TIR negativos, demuestran que la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en la I.E Pablo VI, ubicada en la cabecera municipal del Municipio de Puerto Triunfo Antioquia, no es financieramente prefactible y deberá ser evaluada con un criterio ampliado al ámbito socioeconómico. A pesar de ello, al realizar un estudio del periodo de recuperación a 20 años, que es en realidad la vida útil del sistema de generación de energía que se plantea en el proyecto, resulta que, la inversión se recupera a los 16 años desde la entrada en funcionamiento, este resultado sumado a los beneficios ambientales nos lleva a concluir que, al

tratarse de un proyecto social, que será desarrollado con capital público, es un proyecto prefactible.

LISTA DE ILUSTRACIONES

- Ilustración 1** Generación De Electricidad A Nivel Mundial Por Fuente De Energía 15
- Ilustración 2** Diagrama de Flujo Estudio de Preinversión. 28
- Ilustración 3** *Esquema de un Sistema de Generación Fotovoltaica con Inyección al Sistema Interconectado Nacional.* 36
- Ilustración 4** Histórico Población Puerto Triunfo (1985-2015) 45
- Ilustración 5** Tasas de Educación Puerto triunfo 2018 46
- Ilustración 6** Histórico y Proyección de la Demanda de Energía Convencional y no Convencional 1991-2029 50
- Ilustración 7** Histórico de Educandos Matriculados en las Instituciones Educativas del Municipio de Puerto Triunfo 53
- Ilustración 8** Factura de Servicios Públicos de Energía de Marzo De 2019 54
- Ilustración 9** Fragmento De La Fotografía 1 54
- Ilustración 10** Comportamiento Histórico Del Consumo De Energía - Tres Últimos Meses de 2018 y Primeros Tres Meses de 2019 55
- Ilustración 11** Generación de Energía en Colombia 2018-2020 57
- Ilustración 12** Aportes de Empresas en Generación de Energía 2018 58
- Ilustración 13** Distribución de Capacidad por Fuente de Energía 59
- Ilustración 14** Comportamiento Histórico del Precio de la Energía Eléctrica para Instituciones Oficiales EPM 61
- Ilustración 15** Ubicación Geográfica Del Municipio De Puerto Triunfo – Antioquia 67
- Ilustración 16** Ubicación de la I.E Pablo VI en la Cabecera Municipal - Puerto Triunfo 68
- Ilustración 17** Ubicación de la I.E Pablo VI del Municipio De Puerto Triunfo 68

- Ilustración 18** Vista lateral bloque 1, I.E Pablo VI 71
- Ilustración 19** Esquema del Sistema Solar On Grid (Conectado a la Red) 77
- Ilustración 20** Diagrama de Flujo de la Instalación de un Sistema Solar 80
- Ilustración 21** Panel Monocristalino 400W 82
- Ilustración 22** Inversor Fournius Primo 15 KW 82
- Ilustración 23** Fronius Smart Meter 83
- Ilustración 24** Estructura Alusinsolar 84
- Ilustración 25** Resumen proyecto solar-HelioScope 88
- Ilustración 26** Diseño de sistema desde el techo-HelioScope 89
- Ilustración 27** Diseño sistema solar por módulos 90
- Ilustración 28* Generación mensual estimada del sistema 91
- Ilustración 29** Fuentes de Perdidas del Sistema 92
- Ilustración 30** Organigrama de la etapa de ejecución del proyecto. 95
- Ilustración 31** Organigrama etapa de operación y control 95
- Ilustración 32** *Tabla Tornado* 110

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1** Matriz de Análisis Pestel 42
- Tabla 2** Indicadores Sociales de Puerto Triunfo 2019 46
- Tabla 3** Suministro de Energía Convencional y no Convencional 2018-2019 49
- Tabla 4** *Histórico de Educandos Matriculados en las Instituciones Educativas del Municipio de Puerto Triunfo* 52
- Tabla 5** Comportamiento Histórico Del Consumo De Energía - Tres últimos meses de 2018 y primeros tres meses de 2019 55
- Tabla 6** Demanda de Consumo de Energía 56
- Tabla 7** Proyección del precio de la energía 63
- Tabla 8** Presupuesto BTL 66
- Tabla 9** Presupuesto Sensibilización 66
- Tabla 10** Criterio de valoración 70
- Tabla 11** Criterios de evaluación 70
- Tabla 12** Método cualitativo por puntos 70
- Tabla 13** Cálculo de la Demanda de Energía en [kW-h]día Según Porcentajes de Generación Óptimos 75
- Tabla 14** Cotización Sistema Completo 85
- Tabla 15** Costo mano de obra 87
- Tabla 16** Descripción general de los estamentos administradores del proyecto. 93
- Tabla 17** Proyección IPC 2022-2026 102
- Tabla 18** Factores Crecimiento Oferta y Precios 2022-2026 103
- Tabla 19** Inversión Activos 103

Tabla 20 *Ingresos 2022-2026* 105

Tabla 21 *Egresos 2022-2026* 105

Tabla 22 *Proyección Estado Integral de Resultados* 106

Tabla 23 *Proyección Estado Situación Financiera* 107

Tabla 24 *Flujo de Caja del Proyecto* 111

Tabla 25 *Proyección Periodo de Recuperación Inversión* 111

Tabla 26 *Lista de Riesgos, Análisis Cualitativo.* 114

Tabla 27 *Calificación de Eventos de Riesgo* 115

Tabla 28 *Calificación por Posibilidad de Ocurrencia* 115

Tabla 29 *Calificación por Costo Económico* 116

Tabla 30 *Clasificación de los Eventos de riesgo Según Valor Esperado* 116

Tabla 31 *Reducción CO2* 117

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal de Puerto Triunfo. (2020). *PROGRAMA DE GOBIERNO JAVIER ARÍSTIDES GUERRA CASTILLO ALCALDE DE PUERTO TRIUNFO 2020-2023*. PUERTO TRIUNFO, ANTIOQUIA.
- Alonso Triana, Á. H. (Sin fecha de Agosto de 2018). *Corporación Universitaria Minuto De Dios*.
Obtenido de www.uniminuto.edu:
<https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/8191/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20IMPULSAR%20EL%20SUMINISTRO%20DE%20ENERG%c3%8da%20FOTOVOLTAICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BANCO MUNDIAL. (2021). *BANCO MUNDIAL*. Obtenido de
<https://datos.bancomundial.org/pais/colombia>
- BBC. (15 de Junio de 2021). *BBC News Mundo*. Obtenido de BBC News Mundo:
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-57489950>
- Behar Rivero, D. (2008). *Metodología De La Investigación*. Sin ciudad: Shalom.
- Benavides Ballesteros, H. O., & León Aristizabal, G. E. (2007). *Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Obtenido de
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/53584165/Gases_de_Efecto_Invernadero_y_el_Cambio_Climatico.pdf?response-content-

disposition=inline%3B%20filename%3DINFORMACION_TECNICA_SOBRE_GASES
_DE_EFECT.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credenti

Cadena Díaz, J. D., Becerra Gaona, A. C., & Cortés González, M. (sin fecha de sin fecha de

2016). *PREFACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE*

GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EMPRESAS DE LA ZONA INDUSTRIAL DE

PUENTE ARANDA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ. Obtenido de Universidad Distrital

Francisco José De Caldas - Repository:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2882/1/PREFACTIBILIDAD%20DE%20LA%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20SISTEMAS%20DE%20GENERACI%C3%93N%20FOTOVOLTAICA%20EN%20EMPRESAS%20DE%20LA%20ZONA%20INDUSTRIAL%20DE%20PUENTE%20ARANDA%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%2>

Certecnica. (16 de octubre de 2020). *Certecnica*. Obtenido de PANELES SOLARES

COLOMBIANOS – MANUFACTURA 100% COLOMBIANA: <https://certecnica.com/>

CONGRESO DE LA REPÚBLICA. (13 de mayo de 2014). *secretariasenado.gov.co*. Obtenido

de secretariasenado.gov.co:

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

Coria, I. D. (Junio de 2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías.

Invenio, 11(20), 125-135. Recuperado el 04 de Octubre de 2020, de

<https://www.redalyc.org/pdf/877/87702010.pdf>

Correa F., C., Marulanda G., G., & Panesso H., A. (10 de septiembre de 2016). *UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. Obtenido de

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/11563/12311>

Dane. (2019). *Departamento Nacional de Estadística. Boletín Técnico Índice de Precios al Consumidor*. Recuperado el 30 de 10 de 2019, de

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/ipc_rueda_prensa_oct19.pdf

DANE. (14 de febrero de 2020). *DANE*. Obtenido de DANE:

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IVtrim19_produccion_y_gasto.pdf

DANE. (s.f.). *Departamento Nacional De Estadística*. Recuperado el 22 de abril de 2021, de

https://sitios.dane.gov.co/spee/EDUC_04_18.rar

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION. (2018). *FICHA MUNICIPAL PUERTO TRIUNFO*. PUERTO TRIUNFO.

Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas. (Sin fecha de Agosto de 2013). *Manual de Soporte Conceptual Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos*.

Bogotá D.C., Bogotá D.C., Colombia: Departamento Nacional De planeación.

DONCEL, A. L. (2019). PROYECTO ANÁLISIS DE ASPECTOS REGULATORIOS PARA CADA ESLABÓN DE LA CADENA ENERGÉTICA COLOMBIANA. *PROYECTO ANÁLISIS DE ASPECTOS REGULATORIOS PARA CADA ESLABÓN DE LA CADENA ENERGÉTICA COLOMBIANA*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Dorf, R. C., & Svoboda, J. A. (2003). *Circuitos Eléctricos*. Bogotá D.C.: Alfaomega Colombiana, S.A.

educaciónencolombia.com.co. (No registra de No registra de 2019). Obtenido de <https://guia-antioquia.educacionencolombia.com.co/once/INSTITUCION-EDUCATIVA-PABLO-VI-puerto-triunfo-antioquia-i25346.htm>

El Nacional. (24 de Diciembre de 2017). *El Nacional*. Obtenido de Alemania dejará de consumir combustibles fósiles en 30 años: https://www.elnacional.com/ciencia-tecnologia/alemania-dejara-consumir-combustibles-fosiles-anos_216660/

Elaboración propia. (2021). Medellín, Colombia.

Empresas Públicas De Medellín. (s.f.). *EPM*. Recuperado el 05 de 05 de 2021, de <https://www.epm.com.co/site/home/centro-de-documentos/clientes-y-usuarios/energia/tarifas-de-energia>

EPM. (enero de 19 de 2018). *EPM*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/epm-ofrece-energia-solar-fotovoltaica>

Fernandez, L. (5 de Agosto de 2020). *statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/600383/electricidad-generada-en-el-mundo-por-fuente-energetica/>

Garzón Suárez, D., & Martínez Salamanca, J. (Sin fecha de Sin fecha de 2017). *Universidad Distrital Francisco José De Caldas*. Obtenido de www.udistrital.edu.co:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6212/1/Garz%C3%B3nSu%C3%A1rezDianaAlejandra2017.pdf>

Gómez R., J., Murcia M., J. D., & Cabeza R., I. (27 de Octubre de 2017). *UNIVERSIDAD SANTO TOMAS*. Obtenido de

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/G%c3%b3mez2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gómez Ramírez, J., Murcia Murcia, J. D., & Cabeza Rojas, I. (Sin Fecha de Sin fecha de 2018).

La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas.

Recuperado el 21 de mayo de 2020, de CRAIÜSTA, Centro de recursos para el aprendizaje y la investigación, de la Universidad Santo Tomas:

<http://hdl.handle.net/11634/10312>

Google. (s.f.). *Google Earth*. Recuperado el 2 de Marzo de 2021, de

<https://earth.google.com/web/search/IE+Pablo+VI+Puerto+Triunfo+Antioquia/@5.87786055,->

[74.64001625,161.49335015a,3788.36415253d,35y,170.86662737h,45.01740907t,0r/data=CigiJgokCfUGoFfKhSNAEcv-](https://earth.google.com/web/search/IE+Pablo+VI+Puerto+Triunfo+Antioquia/@5.87786055,-74.64001625,161.49335015a,3788.36415253d,35y,170.86662737h,45.01740907t,0r/data=CigiJgokCfUGoFfKhSNAEcv-)

[n_G_0AhAGYnltE223FDAIQ8gLFUZkFTAMicKJQojCiExUF92N2dnNVdLcTZCdTVGT](https://earth.google.com/web/search/IE+Pablo+VI+Puerto+Triunfo+Antioquia/@5.87786055,-74.64001625,161.49335015a,3788.36415253d,35y,170.86662737h,45.01740907t,0r/data=CigiJgokCfUGoFfKhSNAEcv-n_G_0AhAGYnltE223FDAIQ8gLFUZkFTAMicKJQojCiExUF92N2dnNVdLcTZCdTVGT)

Google. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 2 de Abril de 2021, de

<https://www.google.com/maps/dir/5.8731065,-74.6385559//@5.87383,->

[74.6399466,16.75z/data=!4m2!4m1!3e0!5m1!1e1?hl=es](https://www.google.com/maps/dir/5.8731065,-74.6385559//@5.87383,-74.6399466,16.75z/data=!4m2!4m1!3e0!5m1!1e1?hl=es)

Grupo Bancolombia. (05 de Marzo de 2019). *Grupo Bancolombia*. Obtenido de Panorama energético de Colombia:

<https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/especiales/especial-energia-2019/panomara-energetico-colombia>

Helioscope. (29 de mayo de 2021). *Helioscope*. Obtenido de Helioscope:

<https://www.helioscope.com/>

Hilcu, M. (21 de enero de 2021). *Otovo*. Obtenido de Cómo instalar paneles solares paso a paso:

<https://www.otovo.es/blog/placas-solares/como-instalar-paneles-solares/>

IDEAM. (s.f.). *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR, ULTRAVIOLETA Y OZONO DE COLOMBIA*.

Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Instalaciones Eléctricas Domiciliarias e Industriales. (09 de enero de 2020). *Instalaciones*

Eléctricas. Obtenido de <https://instalacioneselectrica.cl>

La Republica. (27 de marzo de 2020). *La Republica*. Obtenido de

<https://www.larepublica.co/economia/fedesarrollo-redujo-las-proyecciones-del-pib-de-colombia-de-2020-2984215>

Laguna Monroy, I. (Octubre-diciembre de 2002). La Generación De Energía Eléctrica Y El Ambiente. *Gaceta Ecológica*(65), 53-62. Recuperado el Mayo de 2020, de

<https://www.redalyc.org/pdf/539/53906504.pdf>

López Díez, J. C. (2003). El agua que nos cae. Del origen de la electricidad al nacimiento de

Empresas Públicas De Medellín. En J. C. López Díez, *El agua que nos cae. Gestión de*

los sistemas hídrico-eléctricos: tensiones entre lo público y lo privado 1890 - 1980. (págs. 95-108). Medellín: Fondo Editorial universidad EAFIT.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (26 de Noviembre de 2020). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible* . Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible : <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4877-colombia-reducira-en-un-51-sus-emisiones-de-gases-efecto-invernadero-para-el-ano-2030>

Miranda Miranda, J. J. (2005). *Gestión De Proyectos*. Bogotá: MMEditores.

Montoya Rasero, C. (Sin Fecha de Sin fecha de 2011). Energía Solar Fotovoltaica. *Master profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2011* (pág. Sin pagina). España: Sin editorial.

Morales Martín, F. J. (06 de 07 de 2011). *CONCEPTO DE PROYECTO: LECCIONES DE EXPERIENCIA*. Recuperado el 07 de 06 de 2020, de Universidad Politécnica De Madrid: http://oa.upm.es/12747/1/INVE_MEM_2011_107174.pdf

Naciones Unidas. (14 de Junio de 2021). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el>

Núñez Jiménez, E. (1997). *Guía para la preparación de Proyectos de servicios públicos municipales*. Mexico, D.F: Instituto Nacional de Administración Pública, A.C.

Orozco Posada, J. G. (Si fecha de Octubre de 2020). EVALUACION ECONOMICA Y SOCIAL DE PROYECTOS. *Notas de clase - EVALUACION ECONOMICA Y SOCIAL DE PROYECTOS*. Medellín, Antioquia, Colombia: Sin editorial.

Perpiñán, O., Colmenar, A., & Castro, M. (Sin fecha de Abril de 2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos*. Sin ciudad, España: Promotora General De Estudios S.A.

Pinto, A. (10 de Julio de 2017). *Gobernación de Norte De Santander*. Recuperado el 11 de Mayo de 2020, de <http://www.nortedesantander.gov.co/Noticias-Gobernaci%C3%B3n-Norte-de-Santander/ArticleID/13039/Recursos-de-calidad-gratuidad-son-para-el-pago-de-servicios-p%C3%ABlicos-de-colegios>

Planeación, D. A. (2018). *Ficha Municipal Puerto Triunfo*. Medellín.

Population City. (15 de Junio de 2021). *Population City*. Obtenido de <http://population.city/colombia/puerto-triunfo/>

Portafolio. (07 de Marzo de 2019). *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/la-autogeneracion-con-energia-solar-atractiva-por-tarifas-competitivas-527218>

PORTAFOLIO. (05 de Abril de 2019). *PORTAFOLIO*. Obtenido de Inauguran el parque solar más grande de Colombia: <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/inauguran-el-parque-solar-mas-grande-de-colombia-528264>

Project Management Institute. (Sin fecha de Sin fecha de 2017). La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). *Guía del PMBOK (Sexta edición), Sexta edición*. Newtown Square, Pennsylvania, EE.UU.: Project Management Institute, Inc.

Puerto Triunfo. (1 de Marzo de 2021). Obtenido de <https://www.puertotriunfo-antioquia.gov.co/>

Republica de Colombia. (2014). *Ley 1715*. Bogota.

Roca, J. A. (16 de Septiembre de 2014). *El Periódico De La Energía*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/los-costes-de-la-fotovoltaica-caen-un-80-en-los-ultimos-cinco-anos/>

Rodríguez C, R. (2015). *La educación: elemento clave en la reducción de la pobreza y la desigualdad*. Obtenido de http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/CursoODS2015_18_educacionreduccionpobreza.pdf

ROJAS, J. C. (17 de Diciembre de 2017). *El Tiempo*. Obtenido de Nueve de cada 10 proyectos para generar energía usarán paneles solares: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/en-colombia-9-de-cada-10-proyectos-de-energia-usaran-paneles-solares-162616>

ROJAS, J. C. (17 de Diciembre de 2017). *EL TIEMPO*. Obtenido de Nueve de cada 10 proyectos para generar energía usarán paneles solares: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/en-colombia-9-de-cada-10-proyectos-de-energia-usaran-paneles-solares-162616>

Soty Solar. (06 de noviembre de 2020). *Soty Solar*. Obtenido de Soty Solar:

<https://sotysolar.es/placas-solares/monocristalinas-policristalina>

Teknautas. (19 de Enero de 2015). *El Confidencial*. Obtenido de

https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-01-19/el-video-de-la-nasa-que-muestra-como-ha-aumentado-la-temperatura-en-la-tierra-durante-los-ultimos-135-anos_623966/

TodaColombia. (21 de Febrero de 2019). Obtenido de

<https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/antioquia/municipios-division-politica.html>

Universidad de Antioquia. (2021). *PUERTO TRIUNFO GUIA BASE PARA LA REACTIVACION*

ECONOMICA. <http://portal.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/fb06b921-a643-4724-a511-984013572e98/108.+Puerto+Triunfo.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nalu5A9>.

UPME. (2019). *PLAN ENERGÉTICO NACIONAL*. Bogotá.

Wega Lighting. (21 de mayo de 2021). *Wega Lighting*. Obtenido de ¿Cómo funciona un sistema

ON GRID?: <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-on-grid/>

World Wildlife Fund. (18 de Septiembre de 2018). *wwf.org.co*. Obtenido de

<https://www.wwf.org.co/?uNewsID=334976#:~:text=Colombia%20en%20el%20Acuerdo%20de,de%20emisiones%20nacionales%20de%202010>

XM. (1 de Abril de 2020). *XM*. Obtenido de Reporte integral de sostenibilidad, operación y

mercado 2020.: <https://informeannual.xm.com.co/2020/informe/pages/xm/01-de-la-operacion.html>

