



Energía Solar Fotovoltaica para viviendas y cultivos en zona rural del corregimiento de San Cristóbal ubicado en la zona centro occidental de Medellín

**Facultad de administración de empresas y ciencias económicas
Centro regional Aburrá Sur**

Especialización en gerencia de proyectos

Alina María Álvarez Castañeda

ID: 43867202

Ángela María Zuluaga Castaño

ID: 34000360

Trabajo de grado

Profesor asesor

Milton Esteban Sierra Cadavid

Dedicatoria

(Esta página es opcional)

Agradecimientos

(Esta página es opcional)

Energía Solar Fotovoltaica en Zonas Rurales

Resumen

Para todos es evidente que el planeta no pasa por uno de sus mejores momentos hablando del aspecto medio ambiental.

Otro problema que parece aislado, es el tema de suministro energético tan necesario en zonas rurales y sobre todo donde se encuentran ubicados diferentes cultivos, para los cuales es esencial contar con suministro energético para iluminación constante como parte del proceso necesario para el crecimiento de las plantas, además de los sistemas de riego necesarios. Las grandes empresas prestadoras de éste servicios en muchos casos no alcanzan a cubrir al 100% las necesidades de los cultivadores, quienes se quejan constantemente de un servicio intermitente y además a un elevado costo.

Partiendo de ambas problemáticas, se pensó en una solución que además de contribuir con el cuidado del medio ambiente, ayude a los cultivadores de zonas rurales, inicialmente el corregimiento San Cristóbal (Medellín) con sus necesidades a nivel de suministro de energía, de manera que puedan llegar a ser auto-sostenibles. Dicha solución representaría inicialmente una inversión en el montaje de un sistema de energía fotovoltaico, el cual permitirá generar su propia energía y almacenarla para su posterior abastecimiento. En el capítulo 4 del presente proyecto se encuentra toda la información recolectada a través de una encuesta a 3 cultivadores de la zona, donde se evidencian sus necesidades de consumo energético mensual y su respectivo costo; toda la información recolectada se tabuló y para cada caso se realizó un análisis en cuanto al tipo de

sistema efectivo, así como también se analiza la inversión inicial y el tiempo de retorno de dicha inversión.

PALABRAS CLAVES

Energía; Fotovoltaica; Planeta; Renovables; Solar; Zona Rural

ABSTRACT

It is clear to everyone that the planet is not going through one of its best times talking about the environmental aspect.

Another problem that seems isolated is the issue of energy supply, so necessary in rural areas and especially where different crops are located, for which it is essential to have energy supply for constant lighting as part of the process necessary for the growth of plants, in addition to the necessary irrigation systems. The large companies that provide this service often do not manage to cover 100% of the needs of the growers, who constantly complain about intermittent service and also at a high cost.

Based on both problems, a solution was thought of that, in addition to contributing to the care of the environment, would help the farmers in rural areas, initially the San Cristóbal (Medellin) district, with their energy supply needs, so that they could become self-sustaining. This solution

would initially represent an investment in the assembly of a photovoltaic energy system, which will allow them to generate their own energy and store it for later supply. Chapter 4 of this project contains all the information collected through a survey of 3 farmers in the area, where their monthly energy consumption needs and their respective costs are shown; all the information collected was tabulated and for each case an analysis was made as to the type of effective system, as well as the initial investment and the time of return on that investment.

KEYWORDS

Energy; Photovoltaic; Planet; Renewables; Rural Area; Solar

Índice

Resumen	3
Índice	8
Índice de figuras	9
Índice de tablas	
Introducción	10
Capítulo 1	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
Descripción del problema	13
Planteamiento del problema	16
Justificación	17
Objetivos	19
Objetivo general:	19
Objetivos específicos:	19
Capítulo 2	20
Marco Referencial	20
Marco conceptual:	20
Variables meteorológicas:	20
Temperatura	20
Radiación solar	21
Marco contextual:	24
Marco legal	29
Marco teórico:	32
Capítulo 3	38
Diseño metodológico	38
Línea de investigación institucional: Innovaciones sociales y productivas	38
Eje temático	39
Enfoque de investigación y paradigma investigativo	39
Diseño	41
Alcance	41
Población:	42
Tamaño de muestra:	42
Fuentes:	43

Dentro del enfoque cuantitativo se eligió la entrevista estructurada como técnica, con una encuesta como herramienta de recolección de información.	43
Análisis y tratamiento de datos:	43
	43
Capítulo 4	44
Resultados y discusiones	44
4.1 Aplicación de la encuesta a cultivadores de la zona:	44
	Error! Bookmark not defined.
Pregunta 1. ¿Está satisfecho con su servicio energía eléctrica? Explique su respuesta.	47
Pregunta 2 ¿Considera que el costo de su factura es proporcional al servicio prestado? Explique su respuesta.	48
Pregunta 3. ¿Su consumo de energía eléctrica mensual supera los 70KWh (kilovatio hora) al mes?	48
Pregunta 4 ¿Conoce los sistemas fotovoltaicos y sus ventajas en el impacto ambiental y económico? Explique su respuesta.	49
Pregunta 5 ¿Teniendo en cuenta las ventajas de un sistema de energía solar está dispuesto a tener uno para autoabastecerse y tener autonomía del sistema interconectado? explique su respuesta.	50
Pregunta 6. ¿Tiene algún tipo de conexión irregular de energía?	51
Caracterización Solar de Medellín	51
Propuesta de diseño y retorno de la inversión	55
Propuesta para cultivador 1:	55
Propuesta para cultivador 2:	58
Propuesta para cultivador 3:	61
Capítulo 5	64
Conclusiones y recomendaciones	64
5.1 Conclusiones	64
5.2. Recomendaciones	66
Referencias	67

Índice de tablas

Tabla 1. Mapa Radiación UPME. 7	3
Tabla 2. Formato encuesta. 45,46,47	
Propuesta cultivador 1	57
Cotización “Ingesolar” cultivador 1	59
Propuesta cultivador 2	60
Cotización Ingesolar cultivador 2	61,62
Propuesta cultivador 3	63
propia cotización “Ingesolar”	64,65

Índice de figuras

Promedio mensual radiación solar Medell	38
Mapa de radiación solar	39
Paradigmas de investigación	42
Cultivador N° 3	44
Resultado encuesta pregunta 1	49
Resultado encuesta pregunta 2	50
Resultado encuesta pregunta 3	50
Resultado encuesta pregunta 4	51
Resultado encuesta pregunta 5	52
Resultado encuesta pregunta 6	53
Georeferenciación Vereda El Llano SCR	55
Propuesta cultivador 1	58
Cultivo 1	59
Cultivo 2	62
Cultivo 3	65

Introducción

Identificando la demanda de consumo energético en la cotidianidad para un hogar en zonas urbanas y los gastos en que dicho consumo incurre, no obstante este suministro se encuentra prácticamente garantizado en las zonas mencionadas, caso contrario a las zonas rurales para las cuales el suministro energético no siempre es viable o por lo menos no al nivel de las ciudades, motivo por el que las familias de éstas zonas deben adaptarse al suministro que las grandes empresas puedan ofrecer y que no en todos los casos es el mejor, o simplemente no existe, pero es más grave aún el caso de los cultivos de dichas zonas, para los cuales si debe existir una garantía de suministro. Lo anteriormente expuesto ha llevado a este equipo de trabajo a pensar en una solución mucho más amigable con el medio ambiente y a mediano y largo plazo mucho más económica y estable debido a que provendría de una fuente primaria inagotable y natural.

Todo surgió producto de la labor que desempeña la compañera Alina Alvarez (Ingeniera Electromecánica) en la empresa para la cual labora, que se ocupa de realizar consultorías en alumbrado público, hace algún tiempo empezó a identificar la problemática expuesta en las zonas rurales y se apasionó por el tema. En el momento de conformar este equipo de trabajo la meta fue investigar alternativas de solución, que además de garantizar suministro tuviera beneficios económicos y no representará una afectación para el medio ambiente.

Los objetivos trazados para el presente proyecto apuntan a la identificación de las necesidades en cuanto a suministro de energía en la zona rural de San Cristóbal ubicado en la zona centro occidental de Medellín, en este corregimiento se espera realizar la prueba piloto del presente proyecto, mediante la elaboración de una encuesta como herramienta recolectar la información

inicial, posteriormente se aplicará dicha encuesta en 3 cultivos de la zona para luego pasar al proceso de tabulación, el cual arrojará resultados sobre la situación actual a nivel de consumo de energía para suplir las necesidades básicas, adicional se espera establecer el promedio de costos mensuales por la prestación del servicio y el nivel de satisfacción de los cultivos y familias encuestadas.

Otro objetivo es realizar investigación sobre el nivel de radiación en la zona para identificar en qué momentos del año varía y la proporción, de este modo se podrá realizar proyección de suministro de la fuente primaria y poder determinar si es suficiente para cubrir las necesidades previamente identificadas.

Con toda la información recolectada se pasa a la fase de caracterización de un sistema de suministro de energía solar fotovoltaica, teniendo en cuenta las necesidades, el potencial de radiación solar en la zona y no menos importante los costos para montaje y mantenimiento del sistema a implementar, lo que permitirá realizar unos cálculos del tiempo en recuperar la inversión inicial y la diferencia en costos mensuales por suministro, además de estar haciendo uso de energías totalmente limpias y amigables con el medio ambiente.

La energía eléctrica generada mediante el proceso solar fotovoltaico es inagotable y representa una de las llamadas energías limpias al no ser una fuente de contaminación para medio ambiente, hace parte de un desarrollo sostenible. Además de generar nuevos empleos se está difundiendo un conocimiento sobre la forma de desarrollar sistemas auto-sostenibles, aprovechando los recursos naturales disponibles e ilimitados.

Si en la época de los descubrimientos de recursos naturales no renovables el hombre se maravilló, apasionándose con sus múltiples usos descubiertos y abusó de ellos como si fueran inagotables, lo

que representó por un lado grandes avances a nivel tecnológico y económico y por otro la contaminación hasta empezar el proceso de destrucción del medio ambiente, lo que ha ocasionado tantas catástrofes por cambios climáticos y otras tantas consecuencias, ¿por qué no dedicar ahora todo ese ingenio en el aprovechamiento de las fuentes renovables? Que además de los grandes beneficios para el hombre se estará dando una oportunidad al planeta de irse recuperando, para no seguir evidenciando los daños ocasionados, sequías de meses y hasta años en algunas partes, en otras inundaciones y avalanchas por las cantidad de lluvia, a lo largo de los años hemos sido testigos de los cambios cada vez más bruscos y en la actualidad parece existir más conciencia de que esos cambios solo son consecuencia del abuso de los recursos naturales, del enorme impacto que han ocasionado años y años explotación sin control, sin cuidados, sin querer retribuir en nada todo lo que éste planeta nos ha proporcionado.

Capítulo 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Las zonas rurales que se encuentran cerca de centros urbanos son un eje de desarrollos de las ciudades donde hay cultivos y viviendas. Los servicios de energía son utilizados para consumo hogar y producción agrícola, la distribución de energía se realiza a través de redes de media tensión y transformadores que no superan los 15 Kva, esto hace que se generen caídas de voltaje y pérdidas en la distribución. Teniendo en cuenta estos antecedentes, se plantean opciones de energías alternativas que acerque a la población a nuevas tecnologías, que se desarrollan a través del cuidado y aprovechamiento de los recursos naturales, por medio de energía fotovoltaica.

Cuando se menciona la población, se especifica a los habitantes de la zona donde se centra el estudio el corregimiento de San Cristóbal ubicado en la zona centro occidental de Medellín, se compone de un centro urbano y 7 veredas que en su mayoría se dedican al cultivo de flores y hortalizas, con alturas comprendidas entre 1800 y 3000 msnm dando origen a los pisos térmicos templado y frío y temperatura de 8 a 21 °C. Estas condiciones geográficas son favorables en la implementación de sistemas fotovoltaicos, es un avance significativo en tecnología y desarrollo rural.

Las energías renovables son un tema de gran relevancia en la actualidad, ya que representan la solución de diversos problemas energéticos y medio ambientales a mediano plazo, en un país como Colombia, este proceso que está en una etapa temprana, debido a las altas regulaciones y

condiciones para la generación propia de energía, lo cual limita el desarrollo de estas tecnologías, además de los altos costos para su utilización y el gran limitante en el almacenamiento, el cual ha sido el cuello de botella en estos tipos de energías .

Sin embargo, estas tecnologías tienen todo el potencial para crecer y transformar el mercado energético en Colombia, es un llamado a repensar las inversiones actuales de las grandes empresas y de aportar al desarrollo de estas tecnologías en Colombia, en formular política pública coherente con el desarrollo del país, que lleve estas alternativas a zonas no interconectadas, para las personas del campo puede mejorar sus costos y aumenta la calidad de sus productos.

La medición del potencial eólico y solar es de gran importancia ya que dentro de todas las energías renovables son las que presentan una mejor relación costo beneficio en un futuro cercano, un ejemplo de ellos cuando se analiza los tipos de energía utilizados para generar energía eléctrica, el costo por MWh, la generación de gases efecto invernadero, la dependencia de las importaciones, la eficiencia de la conversión de energía y el estado de las reservas de energía.

Tabla 1. Comparativo de las fuentes de energías utilizadas en la generación de energía eléctrica

Tipos de energía	Coste (euros/MWh)	Gases de efecto invernadero (kg equivalentes de CO ₂ /MWh)	Dependencia de la UE de las importaciones		Eficiencia	Duración de las reservas actuales	
			2005	2030			
Gas natural	35-70	400-440	57%	%	40% - 50%	64 años	
Petróleo	70-80	550	82%	93%	30%	42 años	
Carbón	30-50	750-800	39%	59%	40% - 48%	155 años	
Nuclear	40-45	15	100%	100%	33%	85 años	
Biomasa	25-85	30	0%	0%	30% - 60%	Renovable	
Eólica	En tierra	35-175	30	0%	0%	95% - 98%	Renovable
	En el mar	50-170	10	0%	0%	95% - 98%	Renovable
Hidráulica	Más de 10 MW	25-95	20	0%	0%	95% - 98%	Renovable
	Menos de 10 MW	45-90	5	0%	0%	95% - 98%	Renovable
Solar	140-430	100	0%	0%	—	Renovable	

Fuente: CEPAL, tomado de [3]

La prestación de los servicios públicos constituye una actividad esencial que garantiza unas condiciones de vida dignas a los ciudadanos, por lo cual es obligación del estado disponer de los mecanismos necesarios para la cobertura a la mayor cantidad de ciudadanos que sea posible. El mercado eléctrico en Colombia cuenta con varios actores, quienes intervienen en las condiciones económicas y legales de la prestación de este servicio público domiciliario, estos estamentos se componen en distintas entidades, abarcan lo político, la planeación, la regulación, el control y vigilancia, la administración del sistema y la administración del mercado. La prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica se compone de una serie de actividades que hacen parte del proceso para suministrar energía al consumidor final, es decir una cadena que permite la eficiente prestación del servicio a los consumidores

Para que las personas puedan contar con el servicio de energía eléctrica de forma inmediata cuando la requieren (por ejemplo, al oprimir un interruptor para encender un bombillo, o conectar un

electrodoméstico y encenderlo) es necesario efectuar una serie de procesos, producir la energía eléctrica y transportarla. En estos procesos también está el de la comercialización que es vital para la regulación de los valores que paga el usuario final. La energía en Colombia es producida en su mayoría a través de centrales hidroeléctricas y algunas térmicas, la distribución se hace a través de un sistema interconectado nacional (SIN), que se compone de una integración de redes eléctricas, sin embargo, algunas zonas del país no están integradas al sistema por lo que la prestación del servicio de energía eléctrica no tiene la cobertura total del territorio nacional. (UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA , 2015)

El crecimiento de la generación y demanda de la energía eléctrica en Colombia supera ampliamente el crecimiento demográfico entre los años 2010 y 2020 a medida que la población aumenta también aumenta la demanda, el sector eléctrico colombiano está dando la lucha para generar energía y ser efectivo por medio de la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas (UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA , 2015). Estos tipos de construcciones tienen un gran impacto ambiental y social asociado a las poblaciones donde se realizan las obras. Una forma de tener menor impacto en el medio ambiente es llegar a poblaciones alejadas y garantizar estabilidad en el servicio mediante la generación de energías alternativas.

1.2 Planteamiento del problema

¿Es posible acercar a las zonas rurales que se encuentran cerca de centros urbanos a nuevas tecnologías amigables con la naturaleza que generen valor agregado y potencien la rentabilidad, mediante la instalación de celdas fotovoltaicas para la utilización en los cultivos de flores, hortalizas?

1.3 Justificación

El planeta está mostrando las evidencias del cambio climático, la sobrepoblación, la contaminación, la emisión de gases dañinos, entre otros factores son evidencias de las necesidades de cambio. Tener alternativas en la producción de energía que tengan un menor impacto ambiental y disminuir consumos de energía convencional, representa un cambio significativo. En las áreas rurales cultivadas se puede hacer un gran aporte ya que en ellas se cuenta con variedad de recursos renovables; la agricultura también genera un gran impacto ambiental, debido a que se requiere de gran demanda de energía y agua. Un aporte importante que puede hacer al campo, es utilizar energías renovables para ser auto sostenible y disminuir el impacto dañino, producto del alto consumo de energía eléctrica.

Colombia tiene una ubicación geográfica preferencial para generación de energía fotovoltaica, actualmente se encuentra el Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, el cual busca mostrar e informar por medio de estaciones meteorológicas (información radiométrica) la disponibilidad de energía solar en el territorio nacional en cuanto a radiación solar global, insolación y brillo solar. Aprovechando esta ventaja geográfica y las condiciones medio ambientales y su regulación, la ley colombiana dispuso a través de la ley 1715 de 2014 que tiene por objeto promover el desarrollo y utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía –

FNCE, principalmente aquellas de carácter Renovable – FNCER, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en la Zonas No Interconectadas – ZNI y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético (Ministerio de Minas y Energía, 2005)

Cuando se comparan diversas tecnologías para bajo consumo de energía eléctrica —menos de 2 kWh/día—, indiscutiblemente la energía solar fotovoltaica, soluciones eólicas de baja potencia, o sistemas de generación con fuerza humana, resultan ser más baratos que, por ejemplo, la instalación de un sistema de generación a base de combustibles fósiles, como son las plantas electrógenas (Pinilla 2016). Sobra mencionar que la solución inmediata de una planta eléctrica que funcione con diésel o gasolina tiene el inconveniente de la disponibilidad en el suministro y el transporte del combustible, sobre todo en zonas aisladas y de difícil acceso, y en este caso las soluciones deben ser duraderas en el tiempo. Ahora bien, la selección y uso de elementos de consumo de energía eléctrica requiere de un programa de uso eficiente y racional de la energía, teniendo que involucrar a los usuarios en las técnicas de uso, de mantenimiento y reposición de los equipos asociados (Sepúlveda, 2016)

Una alternativa para no depender de la energía interconectada o de sistemas individuales como son las plantas electrógenas, es tener un sistema de energía alternativa a través de paneles solares, representa una ventaja en comunidades, que, si bien no son aisladas, por estar cerca de ciudades capitales, tienen inconvenientes en cobertura del servicio y fallas técnicas. Un sistema de energía solar aislado representa independencia y un ahorro significativo en el aspecto económico.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Caracterización de la utilización de energía fotovoltaica en zonas rurales que se encuentren cerca de centros urbanos para abastecer necesidades en desarrollo de la agricultura (Luz, sistemas de riego y refrigeración) y consumo hogar, identificando la estabilidad de la red, el valor del consumo y revisando la viabilidad de utilización de energías alternativas, mediante el diseño de un modelo de implementación a través de paneles solares, banco de baterías, acumulador y sistema de distribución en zona rural del corregimiento San Cristóbal (Medellín).

1.4.2 Objetivos específicos:

- Diseñar encuesta para identificar las necesidades de consumo de energía en el corregimiento San Cristóbal de Medellín, en cultivadores de flores y hortalizas, previamente seleccionados para el estudio. Para identificar costos asociados al consumo de energía.
- Caracterizar la potencia solar en el corregimiento San Cristóbal de Medellín; en áreas rurales que se dedican al cultivo de flores y hortalizas. A través de información meteorológica y la implementación de la normatividad vigente en Colombia para la generación de energías alternativas.
- Identificar la utilización del recurso eléctrico, para determinar los consumos que se requieren en iluminación, sistemas de riego y refrigeración en cultivos de flores y hortalizas en el corregimiento San Cristóbal de Medellín.

- Diseñar propuesta de instalación de energía solar fotovoltaica para suplir necesidades de consumo de energía que se requieren en el desarrollo de la agricultura en corregimiento San Cristóbal de Medellín

Capítulo 2

Marco Referencial

2.1 Marco conceptual:

VARIABLES METEOROLÓGICAS:

Temperatura

Es por todos conocido que la temperatura es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación casi siempre incluye un apartado dedicado a las temperaturas: sabemos que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra. En invierno puede llegar a estar bajo los 0° C y en verano superar los 40° C. (Jiménez, 2004)

Formalmente, la temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayores agitaciones presenten éstas, mayor será la temperatura.

Para medir la temperatura, tenemos que basarnos en propiedades de la materia que se ven alteradas cuando ésta cambia: la resistencia eléctrica de algunos materiales, el volumen de un cuerpo, el color de un objeto, etc. El instrumento que se utiliza para medir la temperatura se llama termómetro fue inventado por Galileo en 1593. Hay muchos tipos de termómetros, el modelo más sencillo consiste en un tubo graduado de vidrio con un líquido en su interior que puede ser, por ejemplo, alcohol o mercurio. Como estos líquidos se expanden más que el vidrio, cuando aumenta la temperatura, asciende por el tubo y cuando disminuye la temperatura se contrae y desciende por el tubo. (Jiménez, 2004)

Para medir la temperatura, tenemos que basarnos en las propiedades que tiene la materia cuando se ven alteradas por los cambios de ésta, es decir, hasta hace poco, se medía la temperatura con los termómetros de mercurio, basándose en la dilatación del metal mercurio ante el aumento de la temperatura; de esa forma, en una escala de grados Celsius, podemos saber a cuántos grados de temperatura estamos o se encuentra algún material.

Otras formas de medir la temperatura basándose en las propiedades de la materia es analizando la resistencia eléctrica de algunos materiales, el volumen de un cuerpo, el color de un objeto. (Jiménez, 2004)

Radiación solar

La energía transferida por el Sol a la Tierra es lo que se conoce como energía radiante o radiación. Ésta viaja a través del espacio en forma de ondas que llevan asociada una determinada cantidad de energía. Según lo energéticas que sean estas ondas se clasifican en lo que se conoce como el espectro electromagnético. Las ondas más energéticas son las correspondientes al rango del

ultravioleta, seguidas por la luz visible, infrarroja y así hasta las menos energéticas que corresponden a las ondas de radio. Todos los cuerpos emiten radiación en función de su temperatura. La ley de Stefan-Boltzmann establece que la energía emitida por un cuerpo (E) es directamente proporcional a la cuarta potencia de su temperatura (T): $E = \sigma \times T^4$, donde σ es la constante de Stefan-Boltzmann.

El sol, que tiene una temperatura cercana a los 6.000 K emite fundamentalmente ondas del rango visible, conocidas habitualmente como luz (44%), otra parte está en el rango del ultravioleta (7%) y casi todo el resto es infrarrojo (48%). La gran mayoría de la radiación solar (flechas rojas) es absorbida por la superficie terrestre (51%), sólo el 19% de ella es absorbida directamente por los componentes atmosféricos y las nubes y el 30% es reflejada por la superficie, las nubes, y los gases y partículas de la atmósfera, y devuelta al espacio exterior cantidad de radiación solar recibida, en un punto se mide mediante un aparato denominado piranómetro, consiste en un sensor encerrado en un hemisferio transparente que transmite toda la radiación de longitud de onda inferior a 3×10^{-6} metros. Dicho sensor tiene un disco con segmentos blancos y negros alternados que absorben la radiación incidente de modo distinto. El contraste de temperatura entre esos segmentos se calibra en función del flujo de radiación (unidades de W/m^2).

Otro modo de tener una estimación de la radiación solar recibida es mediante la medición del número de horas de sol. Para ello se utiliza un instrumento llamado heliógrafo, éste está formado por una esfera de vidrio orientada hacia el sur geográfico, que actúa como una gran lupa, concentrando toda la radiación recibida en un punto incandescente que va quemando una cinta de un papel especial graduada con las horas del día.

Se resalta que para la actual investigación se consultaron diferentes fuentes, artículos de revistas y diarios como El Tiempo, de los cuales se toma la información más relevante en cuanto a la evolución de la energía solar fotovoltaica a nivel mundial, latinoamericano, nacional y regional, lo que permite viajar a lo largo de la historia en cuanto a la evolución de este tipo de energías renovables y tener una idea de cómo se han ido llevando a cabo los diferentes proyectos como punto de partida para el presente proyecto.

Desde hace algunas décadas las generaciones se han venido concientizando cada vez más sobre la importancia de cuidar el medio ambiente y sobre las graves consecuencias que acarrea el hecho de no hacerlo, consecuencias que estamos viendo aceleradas en los últimos años, por fin la humanidad ha empezado a entender que los recursos que poseemos son finitos, que si no se empieza a actuar para evitar que se extingan, en un muy corto plazo ya no existirán fuentes de agua y por ende la energía que se obtiene a través de represas, los combustibles fósiles dan solución a múltiples necesidades pero con graves consecuencias para la capa atmosférica, durante mucho tiempo la humanidad ha estado en una zona de confort, desde el descubrimiento de las fuentes antes mencionadas, pasó demasiado tiempo antes de ser conscientes de que dando solución a las necesidades como energía, combustibles, etc, estas formas de suministro tendrían efectos devastadores para el planeta en un largo plazo y ese plazo hace mucho se cumplió, son evidentes los cambios a nivel climático y las catástrofes producto de la explotación exagerada de los diferentes recursos, es por ello que desde hace varias décadas se ha venido investigando sobre nuevas fuentes energéticas, fuentes renovables, que no causen daño al planeta y es así como cada vez más se ha venido popularizando el suministro de diversas fuentes de energía como lo son la energía eólica y la energía solar, tema central del presente trabajo.

Al utilizar este tipo de energías no solo se está cuidando al planeta, también aprovechando fuentes inagotables y generando energías limpias, que no tienen efectos secundarios en cuanto a contaminación, por ejemplo, irónicamente hoy día se puede transformar una condición adversa como lo es el sobrecalentamiento global, el cual se puede aprovechar como fuente de energía.

El país tiene una posición geográfica privilegiada, ubicado en la zona Ecuatorial representa una gran ventaja debido a que durante todo el año recibe una enorme radiación solar, lo que puede permitir llegar a ser grandes generadores de este tipo de energía con mayor eficiencia que en los países que tienen estaciones.

En este momento se cuenta con todo el potencial para llevar una situación de desventaja como lo es el tiempo de sequías, durante el cual se manifiesta el gran riesgo de las fuentes hídricas y energéticas en una situación de grandes beneficios si se aprovecha esa radiación solar como materia prima para la generación de energía, de esta forma se abusará cada vez menos de las fuentes hídricas.

2.2 Marco contextual:

“Según Julio C. Durán, Elena M. Godfrin en un Boletín Energético de la república de Argentina, "el sol ha brillado desde hace unos 5000 millones de años, estimándose que brillará algunos 6000 millones de años más, además de arrojar sobre el planeta 15000 veces la energía primaria consumida a nivel mundial (dato a junio del año 2014). En este boletín se mencionan dos características importantes en cuanto a este tipo de energía, una de ellas es que es una fuente de

energía prácticamente inagotable y como segundo punto que es un tipo de energía no contaminante."

"En dicho artículo se considera la superficie de los 5 continentes (África, América, Asia, Australia y Europa) que tienen un aproximado de 132.5 millones de km², esto haciendo énfasis en que la cantidad de energía solar que llega diariamente al planeta es enorme."

"El consumo mundial de energía primaria para el año 2001 fue de aproximadamente 112 000 TWh (112x10 kWh) y el consumo estimado para el año 2050, entre 576 y 1044x10 MJ (entre 160 y 290x10 kWh). Considerando una eficiencia promedio de conversión de energía solar en otras formas de energía de 40%, la demanda mundial del 2001 se podría haber satisfecho con la energía solar incidente sobre el 1,4 por mil del área continental mencionada anteriormente y la del año 2050 con el 2-3 por mil de dicha área."

"Los datos antes expuestos indican que, desde el punto de vista del recurso energético, la energía solar es abundante."

"Desde 1958 y hasta la primera crisis del petróleo en 1973, las celdas solares tuvieron principalmente aplicaciones en los campos espacial y militar. La crisis del petróleo durante la década del 70 impulsó el desarrollo de la energía fotovoltaica para usos terrestres. A mediados de los 90 las actividades en el campo fotovoltaico recibieron un renovado impulso, esta vez gracias a la creciente presión ecologista de la sociedad"

"EE.UU., Europa y Japón han puesto el mayor impulso durante los últimos años en el área de los sistemas interconectados a la red, a través de programas oficiales y diferentes políticas de promoción."

“Los importantes esfuerzos en investigación y desarrollo en EE.UU., Europa, Japón y Australia han permitido alcanzar nuevos récords de eficiencia de conversión y una baja continua de costos.”

(Julio C. Durán, 2014)

“En el mundo, el consumo de energías renovables se ha incrementado en un promedio de 2.3% desde el año 2015, lo cual ha contribuido a que las emisiones globales de carbono asociadas al consumo de energía se mantuvieron estables para el año 2014, al tiempo que la economía mundial creció. Según la Energy International Agency (2017), tales efectos han sido atribuidos al aumento en la penetración de las Energías Renovables y las mejoras en la eficiencia energética.”

“En la actualidad mundial existe una conciencia de la importancia de las energías renovables y la eficiencia energética como mecanismos fundamentales para abordar el cambio climático, la creación de nuevas oportunidades económicas y proporcionar acceso a la energía a millones de personas que aún viven sin servicios de energía modernos. En este contexto, la asamblea general de las Naciones Unidas declaró en el 2014 el primer año de una década de energía sostenible para todos (SE4ALL), donde se apunta a duplicar la participación de las ER en el sistema energético desde una línea base del 18% en 2010 al 36% en 2030 (United Nations, 2013). Según la International Renewable Energy Agency (IRENA), en el año 2016 las ER proporcionaron un estimado de 19.3% del consumo mundial de energía. Se destaca la producción de energía a partir de la biomasa para calefacción y cocina en las áreas rurales en los países en vía de desarrollo con una representación alrededor del 9.1%, una participación del 10.2% para las ER modernas como la energía solar fotovoltaica, eólica, hidroeléctrica, solar térmica y biocombustibles (REN21, 2017).”

“En Latinoamérica y el Caribe, Brasil fue el líder en nueva capacidad instalada de ER, con un record de 2.5 GW de capacidad de generación con energía eólica para el 2014 (REN21, 2015); mientras que Uruguay es el país que añadió más capacidad de generación de energía eólica per cápita a nivel mundial en los últimos años. En este país, la energía eólica alcanzó a suministrar el 22.8% del consumo de electricidad en el 2016 (REN21, 2017).”

“En el caso colombiano, según el plan de desarrollo 2011-2020 para las fuentes no convencionales de energía realizado por la UPME, en gran parte de las zonas rurales se cuenta con el potencial para construir soluciones para el suministro de energía en los campos de la biomasa, fotovoltaica, eólica y microcentrales; especialmente si se dan por hecho los altos costos de instalación, operación y mantenimiento de la red convencional para las zonas apartadas (Consortio Energético CORPOEMA, 2010).”

(Carlos ROBLES, 2018) “Después de la hidráulica, la energía solar es la segunda fuente de energía renovable en el mundo según expertos. Y Colombia tiene un gran potencial para desarrollarla pues según la empresa Celsia, en comparación con naciones líderes como Alemania, Italia o China, el país recibe una irradiación 15% superior, gracias a su ubicación geográfica, sin estaciones y con diversos pisos térmicos.”

“Aunque en Antioquia el clima es cambiante, allí, la empresa de energía Celsia instaló el primer techo o terraza solar en un centro comercial. La operación comenzó el 20 de marzo de 2017 y consta de 96 módulos que empezaron a suministrar energía verde al centro comercial La Reserva, ubicado en alto de Las Palmas, con una capacidad instalada de 30,72 Kwp (kilovatio hora pico), con lo cual se cubre el 50 por ciento de la demanda de energía de las zonas comunes.”

“Es una nueva estrategia y una de nuestras puntas de lanza de la compañía es la instalación solar en techos, generación distribuida en diferentes lugares. La idea es tener edificios de cero consumo y que cada uno tenga su propia generación”, explicó Esteban Arroyave, líder comercial de ciudades de Celsia.”

“Luis Felipe Vélez, líder Comercial de Celsia, informó que este es el primer proyecto de la organización que cuenta en su totalidad con los beneficios de la Ley 1715, que tiene como objeto promover el desarrollo y uso de fuentes renovables no convencionales de energía dentro del sistema energético colombiano y que cuenta con incentivos tributarios para las empresas que ejecuten este tipo de proyectos, tales como: la deducción especial de renta y complementarios, exención del IVA y aranceles y un incentivo contable para la depreciación acelerada de activos.”

(El Tiempo, 2017) “Desde septiembre del año 2017, la Universidad de Antioquia, en convenio con EPM y dos empresas privadas, puso en marcha un proyecto en 11 instituciones educativas que fueron escogidas por las condiciones de intermitencia energética que vivían.

En estas, 1.100 estudiantes ya no tienen que preocuparse porque los alimentos que llevan se les dañen, pues las neveras funcionan, así como la luz en las aulas de clase o los ventiladores en las seis escuelas ubicadas en Caucasia y las cuatro en Carepa, donde el calor suele pegar con fuerza.

La más cercana a Medellín es la Institución Educativa León XIII (sede Altos de Oriente), en zona rural de Bello. Sus paneles sirven, a la vez, de experimento: están hechos con perovskita, un elemento que podría reemplazar o complementar, en el futuro, al silicio para fabricar celdas solares.”

“Cuatro años tardó la reglamentación de la Ley 1715 de 2014, que integra las energías renovables, como la solar, al Sistema Energético Nacional. Apenas con la Resolución 030 de 2018 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (Creg), varias empresas se animaron a instalar sistemas fotovoltaicos.” (El Colombiano, 2018)

2.3 Marco legal

La crisis energética evidencia la falta de coherencia entre el tema energético y el tema ambiental, por tanto, para tratar de superar la crisis energética se debe trabajar por una regulación energética ambiental, ya que la crisis energética no solo implica escasez de las fuentes de energía primaria, sino también el deterioro ambiental. La jurisprudencia constitucional ha recalado que los documentos internacionales carecen todavía de fuerza jurídica vinculante; pero constituyen criterios interpretativos útiles para determinar el alcance del mandato constitucional sobre desarrollo sostenible. De ellos se desprende que tal concepto ha buscado superar una perspectiva puramente conservacionista en la protección del medio ambiente, al intentar armonizar el derecho al desarrollo -indispensable para la satisfacción de las necesidades humanas- con las restricciones derivadas de la protección al medio ambiente

Para mirar el enfoque jurídico del proyecto se debe analizar su relación entre medio ambiente, desarrollo económico y energía. Por tanto, el derecho energético debe incorporar elementos estructurales del derecho ambiental. El tema energético debe ir indisolublemente ligado a la política ambiental. Las actividades materiales de fomento propias del derecho administrativo se convierten en una herramienta para entrelazar jurídicamente el desarrollo, la energía y el medio

ambiente, pero, en sentido estricto, son insuficientes para solucionar los problemas energéticos ambientales. (Pereira 2015) Revista saber ciencia y libertad.

La situación actual y la preocupación universal frente al tema ambiental y energético, la crisis energética, sus efectos y las posibles salidas ante el problema ambiental, la situación ambiental no debe ser un problema, más bien se deben plantear soluciones en pro de la protección y cuidado ambiental, y que éstas tengan el mínimo impacto sobre el mismo. Para asimilar lo anteriormente planteado, es oportuno definir qué se entiende por medio ambiente, desarrollo económico y energía. El medio ambiente es el conjunto de las condiciones que permiten la existencia y la reproducción de la vida en el planeta. Pero los problemas del medio ambiente no se reducen a lo anterior, sino que se extienden a todo el conjunto de actividades humanas y naturales que afectan, alteran o ponen en riesgo dicha existencia de vida (Ortega Álvarez & otros, 2006, p. 24). (Álvarez, 2006)

La situación anterior, implica la implementación de estrategias estatales o políticas internacionales orientadas a generar mecanismos para la utilización de las energías renovables; ya que existe crisis energética en cuanto a la seguridad del suministro, y crisis ambiental por el impacto de los combustibles fósiles en el medio ambiente. (Pereira, 2015) Revista saber ciencia y libertad teniendo en cuenta el argumento propuesto en el presente aparte de este trabajo, se puede señalar que la relación entre medio ambiente, desarrollo y energía es indisoluble, y por ende, el tratamiento jurídico energético debe realizarse a partir de los planteamientos y reglas constitucionales y legales en materia ambiental. Los Estados son quienes tienen la obligación de prever y matizar la crisis y tomar con mucha anticipación las medidas correspondientes. A este efecto, las políticas que garanticen el efectivo mantenimiento e incremento de la investigación científica y tecnológica que

desarrolle nuevas fuentes energéticas serán decisivas. Para el caso colombiano, la ley 697 de 2001, muy tímidamente, incorporó la promoción de la investigación para el desarrollo de fuentes alternativas no convencionales. La nueva ley 1715 de 2014 fue un poco más allá frente al tema de la integración de las Energías Renovables al sistema eléctrico colombiano, sin embargo, sigue siendo un asunto tratado de manera muy tímida a partir de la promoción y actividades de fomento. La ley 1715 de 2014 tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. La sentencia C-339/02 de la Corte Constitucional de Colombia explica que, “desde esta perspectiva el desarrollo económico y tecnológico en lugar de oponerse al mejoramiento ambiental, deben ser compatibles con la protección al medio ambiente y la preservación de los valores históricos y culturales. (Pereira, 2015) Revista saber ciencia y libertad.

se debe mencionar que el crecimiento económico implica utilización de energía a gran escala, la cual impacta ambientalmente, pues la energía es un concepto clave e indispensable dentro de nuestro esquema de vida (Alba Hidalgo, Menéndez Pérez y Ramírez Piris, p. 10). Es claro que la revolución industrial trajo cambios sustanciales en el esquema energético, se avanzó en el uso de los combustibles fósiles, que hoy suponen el 80% del consumo total (Alba Hidalgo, y otros). En otras palabras, la energía es la base de la vida sobre el planeta. Las actividades del ser humano y, en general, de la vida humana, son altamente demandantes de energía, y no es posible la existencia sin su consumo (Velásquez Muñoz, 2009).

2.4 Marco teórico:

En Colombia se cuenta con la radiación solar suficiente como materia prima para la producción de energía eléctrica tan necesaria en la vida cotidiana, en el artículo "Sistema Híbrido de Energía utilizando energía solar y red eléctrica" se menciona la disponibilidad de luz solar aproximada en el país " Para Colombia, obtenemos de 4.5-6 horas de sol por día, es suficiente si consideramos el peor mes, el de diciembre, que es de 4.5. En la tabla 1 se relaciona el potencial de la energía solar por regiones para Colombia, basado en el Atlas de radiación colombiano del Ideam y del UPME. Se muestran los datos insolación y radiación solar por regiones"

Región	Insolación (Kwh/m² /año)	Radiación (W/m²)
Guajira	2000 - 2100	684.93 - 719.18
Costa Atlántica	1730 - 2000	592.46 - 684.93
Orinoqui a	1550 - 1900	530.82 - 650.68
Andina	1550 – 1750	530.82 - 599.15

Costa	1445 –	494.86 -
Pacífica	1550	530.82

Con el paso del tiempo, la evolución de la sociedad hacia la modernización y las nuevas formas de vida es inevitable que la demanda de energía eléctrica vaya en un constante ascenso por lo cual el artículo “La gestión para cadena de suministro de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia y su situación actual” lo señala en uno de sus párrafos: “De acuerdo con la demanda, se requiere un aumento en la producción de energía eléctrica para suplir las necesidades existentes y futuras, en la cual su obtención se da principalmente a partir del carbón, el gas natural, las hidroeléctricas y la energía nuclear, respectivamente”; “Globalmente, el 85% del total de la energía comercial se genera por los combustibles fósiles, cerca del 36% proviene de petróleo, el 38% del carbón y el 23% de gas natural”.

“Por otra parte, en el caso de energías renovables, la que presenta una mayor tasa de crecimiento es la energía solar fotovoltaica con el 46.2% [19], lo que indica que es una alternativa energética a la cual se le está apostando a nivel mundial.”

“En Colombia el consumo energético va ligado al cambio climático [22], específicamente a fenómenos como el de La Niña o El Niño que pueden afectar el suministro y la generación de la red eléctrica nacional, especialmente por la generación por embalse, filo de agua e hidráulica [23]. De igual manera el PIB del país y la situación económica tienen un impacto en la demanda energética. Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la proyección es que entre los años 2010 y 2020 una tasa media de crecimiento del 3,4% y del 3.1% para el periodo 2020 a 2030.”

Adicional al aumento en la demanda de energía y que cada vez veamos más avances en el país en cuanto a la utilización de energías renovables, también es muy importante tener en cuenta el componente legal, al cual hace referencia el último artículo mencionado anteriormente: “En el tema legislativo una de las leyes más importantes es la Ley 1715/2014, que tiene como objetivo principal promover el desarrollo y la utilización de fuentes de energía no convencionales, especialmente las renovables, para su integración en las ZNI, para lograr un desarrollo sostenible, asegurar el suministro energético y finalmente reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.”

“Actualmente se están desarrollando normativas para promover el uso de las energías alternativas [43, 44], con el fin de redoblar esfuerzos para conectar las zonas aisladas que no cuentan con el servicio eléctrico y la autogeneración en SIN [45] y en ZNI [46] por medio de resoluciones que impulsan este tipo de iniciativas. De igual manera, este desarrollo se ve apoyado por los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS) [47], que consisten en planes estructurados a partir de un análisis de los elementos regionales relevantes en materia de emprendimiento, productividad y energización rural que permiten identificar, formular y estructurar lineamientos y estrategias de desarrollo energético rural, así como proyectos integrales y sostenibles de suministro y aprovechamiento de energía para un periodo de mínimo 15 años, cuando no solamente su objeto sea proveer el servicio, sino que apoye el crecimiento y el desarrollo de las comunidades rurales de las regiones objetivo.”

“La logística en Colombia, la situación de Colombia en cifras se puede mostrar a través de los siguientes indicadores, además según el Foro Mundial Económico.”

Energía Solar

En Colombia la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) ha realizado estudios sobre los niveles de radiación en el territorio colombiano, estos estudios se han realizado anualmente e indican los valores de radiación a y sus resultados se pueden verificar por mes.

Tabla 2. Rango anual de energía solar por regiones en Colombia

REGIÓN	kWh/m²/año
GUAJIRA	1.980 - 2.340
COSTA ATLÁNTICA	1.260 - 2.340
ORINOQUIA	1.440 - 2.160
AMAZONIA	1.440 - 1.800
ANDINA	1.080 - 1.620
COSTA PACÍFICA	1.080 - 1.440

Fuente: Tomado de documento mapa radiación solar UPME

La Energía solar llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico)

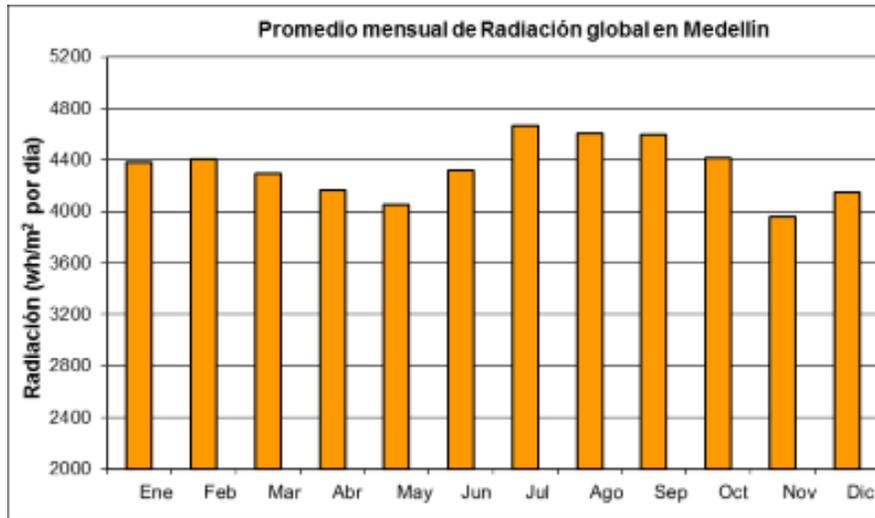


Figura 3. Promedio mensual de radiación solar en Medellín

Fuente: Tomado del visor de radiación solar de Colombia IDEAM

La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores. La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio).

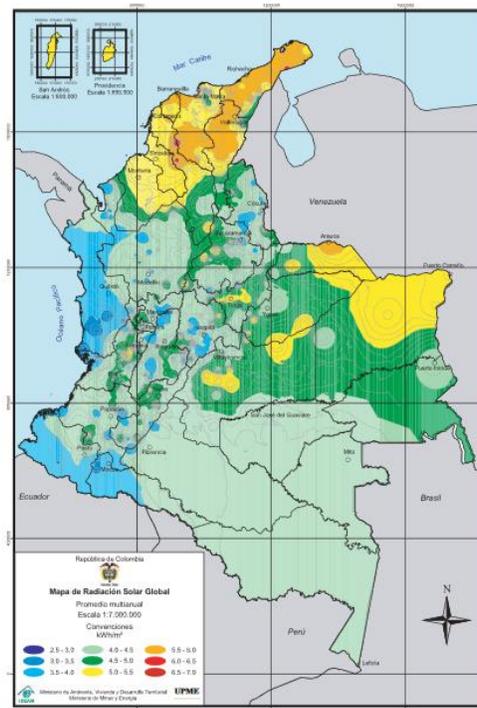


Figura 4. Mapa de radiación solar

Ventajas: Es una energía no contaminante y proporciona energía de bajo costo en países no industrializados.

Desventajas: Es una fuente energética intermitente, ya que depende del clima y del número de horas de Sol al año. Además, su rendimiento energético es bastante bajo.

Para Medellín según el mapa de la figura 3 y 4, un valor promedio anual entre 4.0-4.5 kWh/m², lo que es un valor medio para el aprovechamiento de la energía solar, además se tiene que el mes con mayor radiación registrada es el mes de julio y el menor es noviembre

Capítulo 3

Diseño metodológico

3.1 Línea de investigación institucional: Innovaciones sociales y productivas

La innovación tecnológica, así como la innovación social y organizacional son imprescindibles en el futuro de las regiones y los grupos humanos que las habitan en Colombia, un país diverso y múltiple en lo cultural, étnico y medioambiental.

La relación territorio, pobladores y tecnología es sumamente importante en el proceso de construcción de ciudades y regiones del conocimiento. Por otra parte, la apuesta ética por un desarrollo en armonía con la naturaleza, exige el trabajo en tecnologías limpias, en el desarrollo de la responsabilidad social empresarial, acompañadas de una pedagogía medioambiental.

Los temas en los que se ha desarrollado la línea son:

- Tecnologías de información y comunicación (TIC) aplicadas a la educación.
- TIC aplicadas a las organizaciones productivas.
- Software libre.
- Bio-remediación.
- Control de plagas.
- Materiales de construcción.
- Manejo de residuos y calidad de agua.

3.2 Eje temático

El proyecto se relaciona con la gerencia de proyectos ya que el modelo gerencial que se pretende implementar debe relacionar metodologías y enfoques de análisis de los diferentes problemas, que tengan como propósito obtener una visión y entendimiento del entorno, de manera que se pueda obtener instrumentos para examinar diferentes niveles de dificultades, complejidades e incertidumbres que se presenten durante el desarrollo del proyecto. Lo más importante en el reto de los modelos gerenciales es producir impactos de los alcances en diferentes programas y que propicien el desarrollo de nuevas estrategias, las cuales logren impactos positivos en las diferentes comunidades donde estos se desarrollen.

En cuanto a los modelos gerenciales se observan una gran variedad de herramientas, las cuales después de analizarlas y definir el aporte que brindan a los proyectos sería posible implementarlas, como son la planeación estratégica, Benchmarking, Outsourcing y gerencia del conocimiento, entre otros. (García , Sanchez, & Rodríguez, 2004)

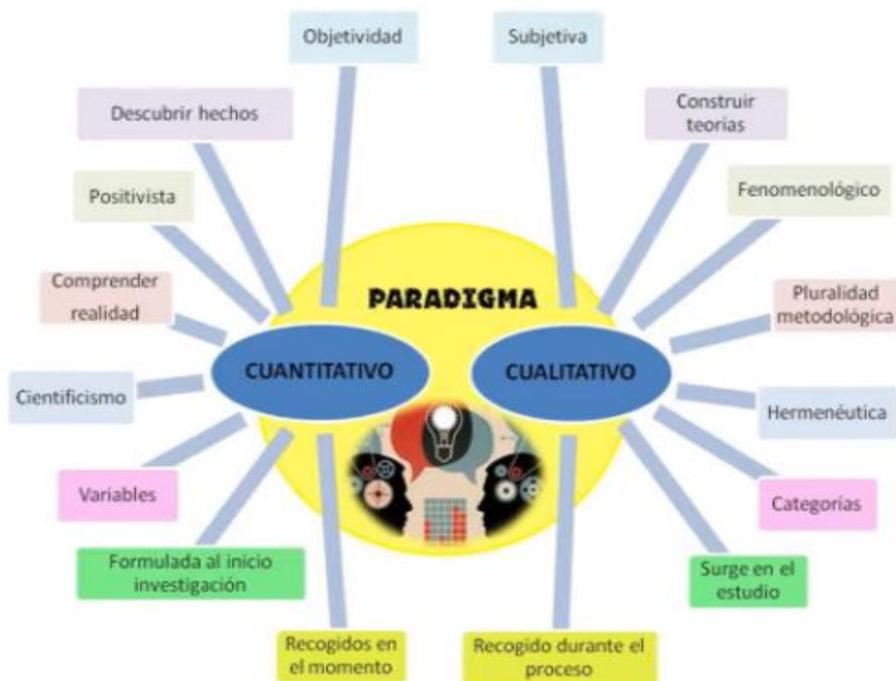
3.3 Enfoque de investigación y paradigma investigativo

Dado que se busca cumplir con los objetivos trazados, el presente trabajo será elaborado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo mediante el método deductivo, el cual indica ir de lo general a lo particular, por ello se inicia haciendo un recorrido por los avances en materia de energía solar fotovoltaica desde décadas atrás y a nivel mundial, haciendo un recorrido por cada uno hasta llegar a los avances e implementaciones actualmente en Colombia y más específicamente en Antioquia, de la mano de las leyes que hoy rigen el tema. La medición de los datos recolectados se fundamenta en la medición y análisis de procesos estadísticos,

realizando la medición de valores cuantificables como lo son el consumo de energía al mes y los costos de dichos consumos, éstos datos serán recopilados mediante encuesta donde se pretende medir la concepción de la realidad en cuanto al tema energético de cada uno de los cultivadores parte de la prueba piloto.

Enfoque Cuantitativo: Utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamientos en una población.

(Hernández, 2003)



Paradigmas de investigación

<https://www.youtube.com/watch?v=3FVhJVWej9E&t=1s>

3.4 Diseño

Dado que el objetivo del estudio será determinar la viabilidad de implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica para cultivos en zona rural del corregimiento de San Cristóbal ubicado en la zona centro occidental de Medellín, se recurrió a un diseño no experimental que se aplicará de manera transversal, considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico suficiente, se procedió a realizar una investigación de tipo descriptivo para conocer a detalle todos los beneficios de este tipo de energías renovables, tanto a nivel económico como a nivel de menor afectación al medio ambiente.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2003) la investigación no experimental “es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables; lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal y cómo se dan en un contexto natural, para después analizarlos” (p.270). Estos mismos autores señalan que los diseños de investigación transversales “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (p.289).

3.5 Alcance

“El alcance del presente trabajo es descriptivo, debido a que se pretende llegar a conocer las situaciones costumbres y actitudes predominantes a través de los datos recolectados” (Morales, 2010) en cuanto al consumo energético.

El estudio se realizará mediante una encuesta a los dueños de los cultivos aledaños a la zona rural del corregimiento San Cristóbal de Medellín, para determinar sus niveles de consumo y a partir de

éstos resultados estructurar la propuesta de suministro energético mediante un sistema de energía solar Fotovoltaica.

3.6 Población:

La población se limita a 3 cultivadores de flores y hortalizas (grande, mediano y pequeño) del corregimiento San Cristóbal de Medellín, a quienes se les aplica la encuesta diseñada para determinar sus necesidades de consumo de energía.



Fotos propias cultivador N° 3

3.7 Tamaño de muestra:

Cultivadores cuyos predios tienen diferentes tamaños, entre grande, medianos y pequeños, es una muestra pequeña y seleccionada previamente.

3.8 Fuentes:

Dentro del enfoque cuantitativo se eligió la entrevista estructurada como técnica, con una encuesta como herramienta de recolección de información.

3.9 Análisis y tratamiento de datos:

Hallazgos generados a partir de la aplicación del diseño metodológico, de acuerdo a los objetivos de la investigación y el marco referencial. Corresponden a datos u observaciones verificables, presentación de propuestas o herramientas.

De acuerdo a los resultados de las encuestas aplicadas, para cada cultivador se plantea una solución diferente, basados en sus necesidades puntuales en cuanto al consumo de energía requerido para sus cultivos, soluciones que les plantean en el siguiente capítulo.

Capítulo 4

Resultados y discusiones

4.1 Aplicación de la encuesta a cultivadores de la zona:

La encuesta se diseñó con el fin de indagar en los conocimientos que tienen la población objeto del estudio, sobre energías alternativas, específicamente energía solar. Para la investigación es muy importante saber la percepción que tienen del servicio de energía eléctrico domiciliario que presta Empresas Públicas de Medellín operador ser servicio en la zona del Valle de Aburra; por este motivo se realizaron preguntas a este respecto, también sobre consumo domiciliario y el valor que representa su satisfacción con respecto al costo del mismo.

Para la recolección de los datos se realizó desplazamiento a la vereda (estando en temporada de cuarentena por emergencia sanitaria de Covid 19), se presentó la encuesta impresa a cada uno de los cultivadores de flores y hortalizas en sector rural del corregimiento de San Cristóbal en Medellín. Previa aclaración que sus datos serán tratados con total discreción y solo serán usados para usos estadísticos.

Que tipo cultivos tiene en su huerta (Flores/hortalizas o ambos)	
--	--

Necesita energía eléctrica para el desarrollo de sus cultivos	
En caso de usar energía en sus cultivos, la utiliza para iluminación, riego u otros. otros, diga cuales	
¿Está satisfecho con su servicio energía eléctrica? Explique su respuesta. Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
¿Considera que el costo de su factura es proporcional al servicio prestado? Explique su respuesta. Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
¿su consume de energía eléctrica mensual supera los 70KWh al mes? Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
¿Conoce los sistemas fotovoltaicos y sus ventajas en el impacto ambiental y económico? Explique su respuesta. Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
¿Teniendo en cuenta las ventajas de un sistema de energía solar está dispuesto a tener uno para autoabastecerse y tener autonomía del sistema interconectado? explique su respuesta. Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	

¿Tiene algún tipo de conexión irregular de energía? Explique su respuesta. Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Imagen propia - Formato Encuesta

Para identificar correctamente las necesidades puntuales de los cultivadores se realizaron 3 preguntas introductorias, con las cuales se buscaba conocer el tipo de cultivos que desarrollan, si para el cultivo y crecimiento del mismo se requiere energía eléctrica y en caso de utilizarla, como y de que forma la implementa en sus cultivos.

Se realizó una pregunta inicial indagando que tipo de sembrado tiene, se clara que la zona del estudio su actividad económica es cultivo de flores y hortalizas; a esta pregunta, 3 tienen cultivos de hortalizas y uno de ellos cultiva adicionalmente flores. Se preguntó si requería energía eléctrica para el desarrollo de los cultivos, todos utilizan energía eléctrica para cultivar y derivado de esta respuesta se preguntó por el uso que se le da al servicio de energía eléctrica en los cultivos, que aparte del uso del consumo hogar, es utilizada en sistemas de riego a través de bombero e iluminación nocturna para incentivar el crecimiento de los cultivos ya que la velocidad del proceso de crecimiento de estos depende en gran medida de la cantidad de luz que recibe.

Después de las preguntas introductorias, se realizaron preguntas con fines estadísticos sobre conocimientos de aspecto ambiental y uso del recurso eléctrico.

Pregunta 1. ¿Está satisfecho con su servicio energía eléctrica? Explique su respuesta.

Con esta pregunta se busca saber que tan satisfecho está cada con el servicio de energía eléctrica, que se debe aclarar es domiciliario, se hace esta aclaración, ya que el servicio e también puede ser de uso industrial y este requiere de otro tipo de instalaciones para soportar mayores cargar.

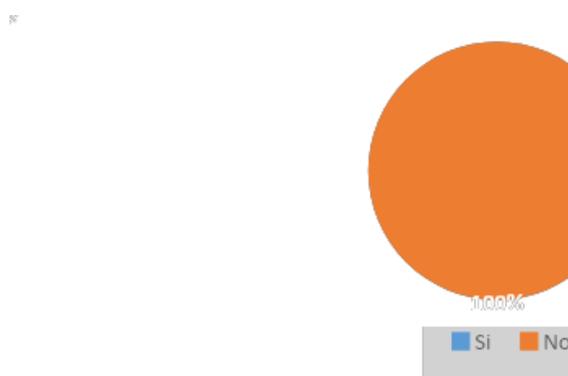


Imagen propia Resultado encuesta pregunta 1

El 100% de los encuestados no están satisfechos con el servicio prestado por operador de red (EPM); aducen motivo de la caída de la red y falta de potencia en quipos de bombeo. Los transformadores de las zonas rurales en su mayoría son monofásicos, estos están diseñados para transferir corriente alterna o tensión de un circuito eléctrico a otro, su carga máxima para la zona no supera los 50 KVa y en caso de tener sobre cargas en el sistema, este tiende a caer. Esto último es lo que pasa específicamente en la zona de estudio. Se aclara que este análisis hace parte de un concepto personal y no se tomaron datos del prestador de servicio, más adelante se hace una aclaración más extensa a este respecto.

Pregunta 2 ¿Considera que el costo de su factura es proporcional al servicio prestado? Explique su respuesta.

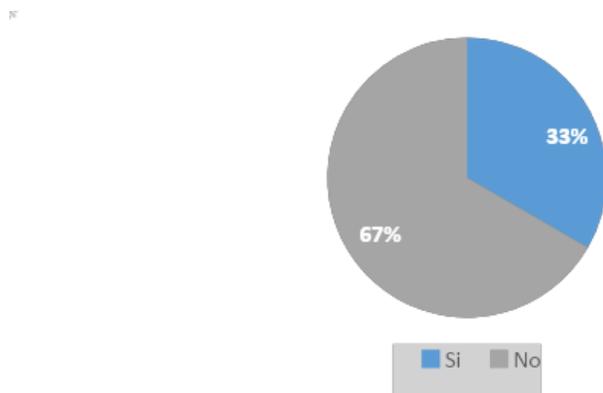


Imagen propia Resultado encuesta pregunta 2

Para esta inquietud, el 67% de muestra dice no está de acuerdo con el valor de la factura y lo que representa el costo en dinero del servicio prestado, esto por considerarlo alto para una zona rural, adicional a las fallas ocasionales del sistema. Solo una persona se encuentra satisfecha con el valor pagado y dice que lo considera justo sin dar las explicaciones.

Pregunta 3. ¿Su consumo de energía eléctrica mensual supera los 70KWh (kilovatio hora) al mes?

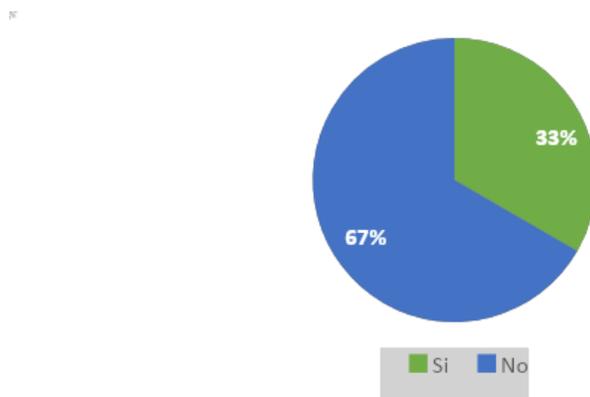


Imagen propia Resultado encuesta pregunta 3

El 67% de los encuestados supera los 70 KWh (kilovatio hora) al mes de consumo; de debe mencionar que la zona de estudio es estrato 2 y el valor de KWh (kilovatio hora) es de \$257.22. (información tomada de la página de EPM) a esta pregunta no se le solicito explicar la respuesta ya que este es análisis exclusivo del evaluador. Mientras que en 2018, el precio promedio por kilovatio-hora (kWh) era de \$116,77, en el mercado se ha llegado a negociar en lo que va de este año a tarifas cercanas a los \$287 kWh, el precio vario dependiendo del estado de los embalses y sistemas de generación, si los embalses no son suficientes para abastecer las necesidades de la población, es necesario recurrir a la generación térmica lo que implica el incremento en los costos de producción que lleva al incremento en la factura del usuario final, en los estratos 1 y 2 están suicidados, pero se considera que esto no es suficiente por ser el Departamento de Antioquia generador de recursos hídricos de las centrales de producción de energía.

Pregunta 4 ¿Conoce los sistemas fotovoltaicos y sus ventajas en el impacto ambiental y económico? Explique su respuesta.

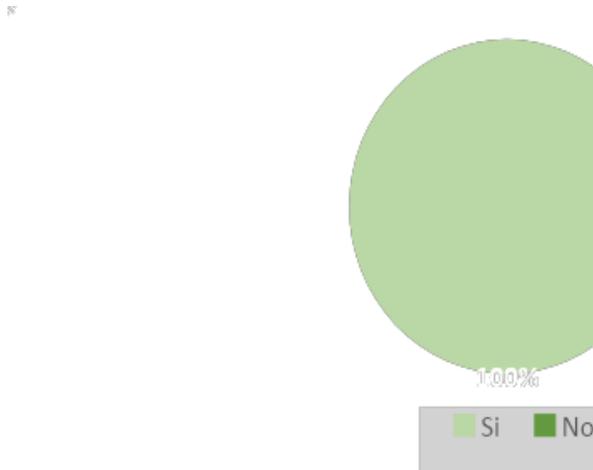


Imagen propia Resultado encuesta pregunta 4

El 100% de los encuestados tiene conocimiento de energías alternativas, una alta conciencia de sus impactos sobre el medio ambiente y sus ventajas en el desarrollo económico de las veredas. Este conocimiento se deriva de programas piloto que ha realizado EPM y cajas de compensación en Medellín para extender la apropiación de las personas a este servicio, donde ofrecen soluciones fotovoltaicas. En este caso solo los que están afiliados a Comfama y les han dado subsidio para mejora de vivienda o compra de vivienda, pueden acceder a esa posibilidad del kit solar. Los campesinos de la vereda recibieron capacitación, pero tienen limitaciones para acceder al servicio debido a las condiciones de ser afiliados a cajas de compensación familiar y haber recibido dichos subsidios.

Pregunta 5 ¿Teniendo en cuenta las ventajas de un sistema de energía solar está dispuesto a tener uno para autoabastecerse y tener autonomía del sistema interconectado? esplique su respuesta.

8

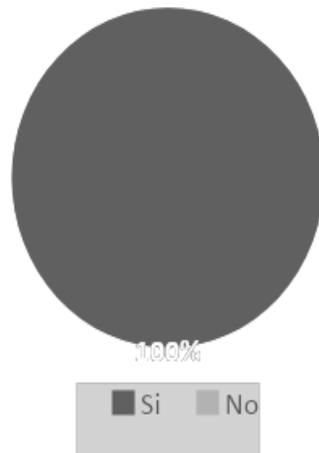


Imagen propia Resultado encuesta pregunta 5

De presentarse la oportunidad, el 100% de los encuestados está interesado en implementar sistemas de energía fotovoltaica a través de paneles solares. Entre los argumentos esta, no depender de la red interconectada y la posibilidad de la disminución en los pagos en la cuenta de servicios públicos, además del valor que da a la zona el fortalecimiento tecnológico de la energía solar, que se puede ver reflejado en el valor de las propiedades y la tecnificación de los cultivos.

Pregunta 6. ¿Tiene algún tipo de conexión irregular de energía?

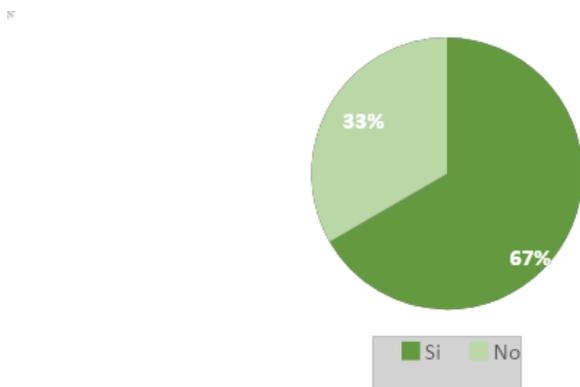


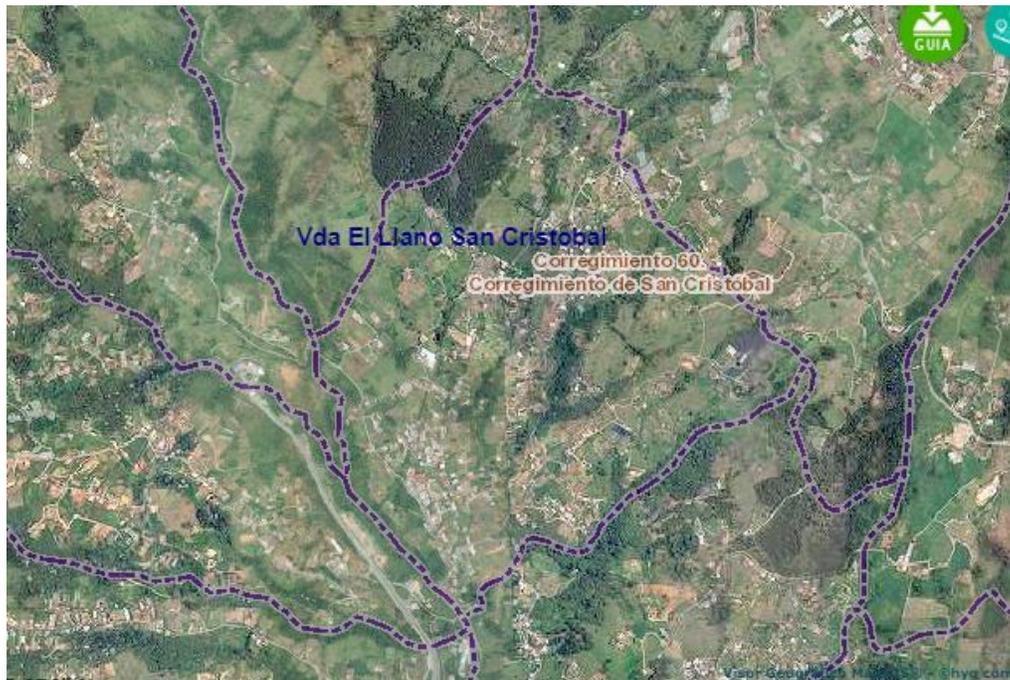
Imagen propia Resultado encuesta pregunta 6

Caracterización Solar de Medellín

Dos de los encuestados tiene conexión irregular, lo que se conoce como fraude al sistema (pérdida no técnica), al conectarse evadiendo el control de la medida que se hace a través del contador de energía; este tipo de conexiones presenta un riesgo ya que no tiene protecciones eléctricas, por este motivo se puede presentar sobre cargas a la red y ocasionar cortes intermitentes, pérdida de potencia y presentar interrupciones del servicio. Si son detectadas por el operador, el usuario se hace acreedor de una multa, ya que esto se considera hurto y tiene consecuencias penales es un delito tipificado en el Código Penal Colombiano, en el artículo 256,

conlleva multas y prisión de 1 a 4 años. El operador de red tiene convenios con el CTI de la fiscalía en los procesos de defraudación al sistema.

Caracterizar la potencia solar en el corregimiento San Cristóbal de Medellín; en áreas rurales que se dedican al cultivo de flores y hortalizas. A través de información meteorológica y la implementación de la normatividad vigente en Colombia para la generación de energías alternativas.



Georeferenciación Vereda El Llano SCR

Fuente: https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0

El recurso solar para la ciudad es adecuado para el desarrollo de proyectos de generación fotovoltaica. Con los datos tomados del IDEAM en estaciones del área metropolitana del valle de

Aburrá, la energía anual supera los 1.700 kWh/m² para el periodo analizado, mientras que para las estaciones E2 y E3, alcanzan a superar los 1.600 kWh/ m² y 1.700 kWh/m² respectivamente. De acuerdo a esto, el recurso estimado corresponde al 77,6% del registrado en la Guajira según el Atlas de la Radiación Solar de Colombia (2.190 kWh/m²) (UPME-IDEAM, 2005), zona con los mejores registros del país. Comparando con otras regiones, se observa que Medellín tiene el 91,3% de la energía anual correspondiente a la media de la Costa Atlántica (1.825 kWh/m²) y el 103,4% de la media de la Zona Andina (1.643 kWh/m²)

El estudio se realizó para 3 cultivadores de flores y hortalizas del corregimiento San Cristóbal zona rural de Medellín, los consumos de energía son para uso domiciliario y en sistemas de iluminación y riego para el cultivo, se realizó un análisis individual en el consumo de KWh (Kilovatios hora) para proceder a realizar un análisis de las necesidades puntuales. El análisis individual se realizó diferenciado los consumos hogar con la cuenta de energía de servicios públicos, esto para los que no tienen conexiones irregulares; los que tiene evasión de las medidas, el cálculo del consumo se realizó calculando el valor de la potencia requerida de acuerdo a los elementos utilizados en la labor por medio de aforo de consumo.

Cultivador 1: tiene un consumo hogar promedio de 70 KWh mensual en su cuenta de servicios, para el cultivo tiene un consumo mensual de 16 KWh, lo que quiere decir que 54 KWh, son exclusivamente para el consumo hogar. Los gastos relacionados con el cultivo son exclusivamente para iluminación, que utiliza 17 bombillas LED de 9W. este consumo se calcula en la relación de P (potencia) = (voltaje) x I (corriente), el promedio de una bombilla conectada a 110 V con 0.032 de A, consume 7.23 de potencia, en relación, el consumo se calcula por 12 horas, por 30 días al mes. Este caso en particular no tiene fraude al medidor de energía. El lote de cultivo tiene un área de 15.487 m² con cultivos de hortalizas.

Cultivador 2: Tiene un promedio consumo hogar de 82 KWh mensual, para el cultivo el cultivo tiene un consumo mensual de 36 KWh, utilizado en sistema de iluminación nocturna para incentivar el crecimiento de las plantas con la utilización de 182 bombillas de 9W LED, a 110 V con 0.032 de A, consume 7.23 de potencia el consumo se calcula por 12 horas, por 30 días al mes. Tiene alteración al consumo de energía para evadir el medidor. El lote de cultivo es de 1.480 m² con cultivos de hortalizas.

Cultivador 3: tiene un consumo promedio hogar de 58 KWh mensual (tomado de la cuenta de servicios públicos), para el cultivo tiene un promedio de 100 KWh mes, de los 3 cultivadores, este tiene el consumo más alto en el cultivo, ya utiliza en sistemas de riego que genera potencia con bomba de agua de $\frac{3}{4}$ HP, con una potencia de 552 Watt con 0.552 KWh y 302 bombillas de 9 W Led. El cálculo del consumo de los 100 KWh se calculó por aforo, ya que tiene un contrabando de energía por medio de una conexión a la red de alumbrado público. El lote del cultivo es de 4.800 m² con cultivos de flores y hortalizas.

4.3. Propuesta de diseño y retorno de la inversión

4.3.1. Propuesta de diseño para cultivador 1:

Para la propuesta de diseño se tomó el consumo promedio de la cuenta de servicios públicos, este usuario no tiene alteraciones a la red y asume el costo total de la factura del consumo hogar y 17 bombillas de 7W Led que utiliza para el cultivo.

Cultivador No 1						
Consumo promedio mensual KWh	Valor del consumo promedio en \$	Propuesta panel solar y novel de abastecimiento en KWh al mes	Ahorro promedio mensual en el consumo de energía con los paneles \$	Promedio del retorno anual	Valor de la inversion	Tiempo estimado del retorno de la inversión
70 KWh	\$ 60.000	60 KWh	\$ 51.000	\$ 617.936	\$ 9.900.600	16 Años

Imagen propia Propuesta cultivador 1

El tiempo del retorno de la inversión se calcula con los consumos actuales, en caso que el cultivador continúe cancelando mensualmente el mismo valor que venía cancelando por suministro

de energía al operador de servicio actual, con la diferencia que en este caso estaría cancelando adicional al consumo de energía (el cual, será menor) su propio sistema de autonomía energética. En caso de aumentar el valor cancelado mensualmente el tiempo de retorno de la inversión inicial disminuirá en función del aumento del valor cancelado mensualmente.

De acuerdo a las Especificaciones técnicas se requiere instalar un sistema interconectado para una Red de 70 kw/mes aprox. en el Municipio de Medellín en la modalidad llave en Mano, Las Características Principales del Sistema serían las Siguietes:



Imagen propia Cultivo 1

Condiciones

-Ahorro de emisiones anuales de CO₂: 250 KG/anuales aproximadamente

-Generación de energía del sistema solar: 60 KWh/ mes aprox.

Cotización Empresa Ingesolar

CANTI	CODIGO	REFERENCIA	VALOR ANTES DE	TOTAL
-------	--------	------------	----------------	-------

DAD			IVA	
2	2403369	PANEL SOLAR POLICRISTALI NO 275W JINKO	\$ 343.750	\$ 687.500
1	EEDR0001	MICROINVERS OR Y600	\$ 917.000	\$ 917.000
SUBTOTAL EQUIPOS SIN IVA				\$ 1.604.500
1	1 KIT	KIT DE MONTURAS	\$ 490.000	\$ 490.000
1	1 KIT	INSTALACION	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
1	1 KIT	IMPLEMENTO S DE INSTALACION	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
1	1 KIT	CREG 30 Y CONTADOR BIDIRECCION AL	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
SUBTOTAL				\$ 6.990.000
IVA				\$ 1.328.100
TOTAL EQUIPOS CON IVA				\$ 8.318.100
INVERSIÓN TOTAL				\$ 9.922.600

Imagen propia Cotización Ingesolar cultivador 1

4.3.2. Propuesta para cultivador 2:

El cultivador 2 tiene un consumo promedio en factura de servicios públicos de \$79.000, mensuales, como tiene instalado un fraude al medidor, se realizó un cálculo por aforo de 117 bombillas de 9W Led que utiliza para iluminación nocturna del cultivo, lo que arroja un consumo promedio mensual de 132 KWh.

Cultivador No 2						
Consumo promedio mensual KWh	Valor del consumo promedio en \$	Propuesta panel solar y novel de abastecimiento en KWh al mes	Ahorro promedio mensual en el consumo de energía con los paneles \$	Promedio del retorno anual	Valor de la inversion	Tiempo estimado del retorno de la inversion
132 KWh	\$ 113.000	120 KWh	\$ 118.181	\$ 1.418.172	\$ 11.894.100	8 años

Imagen propia Propuesta cultivador 2

El tiempo del retorno de la inversión se calcula con los consumos actuales, en caso que el cultivador continúe cancelando mensualmente el mismo valor que venía cancelando por suministro de energía al operador de servicio actual, con la diferencia que en este caso estaría cancelando adicional al consumo de energía (el cual, será menor) su propio sistema de autonomía energética. En caso de aumentar el valor cancelado mensualmente el tiempo de retorno de la inversión inicial disminuirá en función del aumento del valor cancelado mensualmente.

De acuerdo a las Especificaciones técnicas se requiere instalar un sistema interconectado para una Red de 120 kw/mes aprox. En el Municipio de Medellín en la modalidad llave en Mano, Las Características Principales del Sistema serían las Siguietes:



Imagen propia Cultivo 2

Condiciones

-Ahorro de emisiones anuales de CO2: 550 KG/anuales aproximadamente

-Generación de energía del sistema solar: 120 KWh/ mes aprox.

Cotización Empresa Ingesolar

CANTI DAD	CODIGO	REFERENCIA	VALOR ANTES DE IVA	TOTAL
4	PANE0003	PANEL POLI HALF CELL 335W	\$ 435.500	\$ 1.742.000

		SERAPHIM SRP-335-BPA		
2	EEDR0001	MICROINVERS OR Y600	\$ 917.000	\$ 1.834.000
SUBTOTAL EQUIPOS SIN IVA				\$ 3.576.000
1	1 KIT	KIT DE MONTURAS	\$ 490.000	\$ 490.000
1	1 KIT	INSTALACION	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
1	1 KIT	IMPLEMENTO S DE INSTALACION	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
1	1 KIT	CREG 30 Y CONTADOR BIDIRECCION AL	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
SUBTOTAL				\$ 6.990.000
IVA				\$ 1.328.100
TOTAL EQUIPOS CON IVA				\$ 8.318.100
TOTAL COTIZACION				\$ 11.894.100

Imagen propia Cotización Ingesolar cultivador 2

4.3.3 Propuesta para cultivador 3:

El cultivador 3 tiene un consumo promedio en factura de servicios públicos de \$56.000, mensuales, como tiene instalado un fraude al medidor, se realizó un cálculo por aforo de 302 bombillas de 9W Led y un sistema de bombeo $\frac{3}{4}$ HP que utiliza para iluminación nocturna del cultivo y riego por bombeo, lo que arroja un consumo promedio mensual de 173 KWh.

Cultivador No 3

Consumo promedio mensual KWh	Valor del consumo promedio en \$	Propuesta panel solar y novel de abastecimiento en KWh al mes	Ahorro promedio mensual en el consumo de energía con los paneles \$	Promedio del retorno anual	Valor de la inversion	Tiempo estimado del retorno de la inversion
189 KWh	\$ 161.973	170 KWh	\$ 144.814	\$ 1.737.768	\$ 13.832.600	7,5 años

Imagen propia Propuesta cultivador 3

Cultivador No 3

Consumo promedio mensual KWh	Valor del consumo promedio en \$	Propuesta panel solar y novel de abastecimiento en KWh al mes	Ahorro promedio mensual en el consumo de energía con los paneles \$	Promedio del retorno anual	Valor de la inversion	Tiempo estimado del retorno de la inversion
189 KWh	\$ 161.973	170 KWh	\$ 144.814	\$ 1.737.768	\$ 13.832.600	7,5 años

El tiempo del retorno de la inversión se calcula con los consumos actuales, en caso que el cultivador continúe cancelando mensualmente el mismo valor que venía cancelando por suministro de energía al operador de servicio actual, con la diferencia que en este caso estaría cancelando adicional al consumo de energía (el cual, será menor) su propio sistema de autonomía energética. En caso de aumentar el valor cancelado mensualmente el tiempo de retorno de la inversión inicial disminuirá en función del aumento del valor cancelado mensualmente.

De acuerdo a las Especificaciones técnicas se requiere instalar un sistema interconectado para una Red de 170 kw/mes aprox. en el Municipio de Medellín en la modalidad llave en Mano, Las Características Principales del Sistema serían las Siguietes:



Imagen propia Cultivo 3

5% Interconexión con operador de red

-Ahorro de emisiones anuales de CO2: 825 KG/anuales aproximado

-Generación de energía del sistema solar: 170 KWh/ mes aprox.

Cotización Empresa Ingesolar

CANTIDAD	CÓDIGO	REFERENCIA	VALOR ANTES DE IVA	TOTAL
6	2403369	PANEL SOLAR POLICRISTALI NO 275W JINKO	\$ 343.750	\$ 2.062.500
1	2406001	INVERSOR 2,5 KW CPS	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
SUBTOTAL EQUIPOS SIN IVA				\$ 4.562.500
1	1 KIT	KIT DE MONTURAS	\$ 490.000	\$ 490.000
1	1 KIT	INSTALACIÓN	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000
1	1 KIT	IMPLEMENTOS DE INSTALACIÓN	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
1	1 KIT	CREG 30 Y CONTADOR BIDIRECCIONA L	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000

SUBTOTAL	\$ 7.790.000
IVA	\$ 1.480.100
TOTAL EQUIPOS CON IVA	\$ 9.270.100
TOTAL COTIZACION	\$ 13.832.600

Imagen propia cotización Ingesolar

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El consumo de energía eléctrica de los campesinos de la zona de estudio este centrado en las necesidades del consumo hogar y el recurso necesario para el cultivo, que en su mayoría es para iluminación nocturna en cultivos de flores y hortalizas, solo uno de ellos utiliza electricidad en sistemas de bombero, los otros dos lo hacen por medio de sistemas de riego de aspersión por gravedad.

- Al preguntar por la satisfacción en la prestación del servicio eléctrico, respecto al pago asociado a este, se evidencia un alto grado de insatisfacción al considerarlo alto, esto deriva en crear formas de defraudar el sistema por medio de conexiones irregulares para evadir los pagos que consideran excesivos.
- Los fraudes al sistema generan fallas técnicas, como son interrupción momentaneas del servicio por sobrecargas; por este motivo los campesinos dicen estar insatisfechos con la prestación del servicio, sin ser conscientes que son directamente causantes de este tipo de incidentes debido a las conexiones irregulares.
- La población objeto del estudio tiene conciencia ambiental son una comunidad organizada que cuida de sus recursos naturales, conocen las ventajas de las energías alternativas y están dispuestos a implementarlas.
- De realizarse la implementación del sistema de energía solar, se aportaría una considerable reducción en las emisiones de CO₂, hasta de 1625 KG/anuales. Con impacto favorable al cuidado del medio ambiente.
- La instalación de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales genera valor y reconocimiento a las comunidades rurales en cuidado del medio ambiente y desarrollo económico

- El tiempo estimable de la recuperación de la inversión oscila entre 4 y años, dependiendo de las condiciones de la instalación y la tasa de retorno de la inversión de energía eléctrica anual, este costo incluye gastos de mantenimiento.

5.2. Recomendaciones

- Fomentar el conocimiento e interpretación de los consumos en la factura de servicio públicos, es importante que el usuario sea consciente de los pagos que está haciendo por el servicio y que porcentaje de estos es subsidiado.
- Desincentivar las conexiones fraudulentas en la red de energía, ya que ocasiona fallas que afectan directamente a las zonas que las implementan, además de tener implicaciones legales a las personas que realizan dichas acciones.
- Se recomienda a la comunidad rural objeto del estudio buscar asociaciones con los operadores de red, para tener acceso a capacitaciones y formas de financiación para la implementación de sistemas de energía renovables.

Referencias

Cadena, Á. I. (2008). Regulación para incentivar las energías alternas y la generación distribuida en Colombia. *Revista de ingeniería. Universidad de los Andes*, 28, 90–98.

Cortés, S. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas*, Vol. 25 No. 38, 375–390.

Coviello, M. F. (2017). Las alianzas público-privadas en energías renovables en América Latina y el Caribe. CEPAL. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14994/1/Articulo%20Renovables%20final.pdf>

García Moreno, F. (2013). Modelo a escala de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar fotovoltaica: nueva perspectiva para el desarrollo agroindustrial colombiano. *Tecnura*, 17, 33–47.

Gómez, D. M. (2018). *Análisis técnico comparativo de la reglamentación para energía fotovoltaica basada en la Ley 1715 de 2014*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Gómez-Ramírez, J. (2017). *La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas*. Universidad Santo Tomás, Bogotá.

Ñuste, W. (2017). COLOMBIA: TERRITORIO DE INVERSIÓN EN FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, Vol. 17 (1), 37–48.

Perdomo Villamil, M. A. (s.f). Importancia de la implementación de la regulación para el uso de energías renovables en Colombia. *Repositorio Universidad Catolica, S.f(S.n)*, 1–31.

Pereira Blanco, M. J. (s/f). RELACIÓN ENTRE ENERGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO ECONÓMICO A PARTIR DEL ANÁLISIS JURÍDICO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA. *SABER, CIENCIA Y Libertad*, Vol. 10, No.1, 35–60.

Pinilla Sepúlveda, Á. (2016). Soluciones energéticas para zonas rurales (¿En el posconflicto?).

Rodríguez Blanco, S. A. (2018). *Propuesta metodológica basada en vigilancia tecnológica para el desarrollo del marco regulatorio de las fuentes no convencionales renovables de energía en Colombia. Estudio de Caso.* (Magister). Universidad Nacional de Colombia °, Bogotá.

Rodríguez, Jorge Díaz. (2012). SISTEMA HÍBRIDO DE ENERGÍA UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR Y RED ELÉCTRICA. *Lámpsakos*, No. 7 |, PP. 69-77.

Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano. (2015). *PROSPECTIVA*, 13, núm. 1, 39–51.

RUIZ MALDONADO, I. A. (2017). *ANÁLISIS PROSPECTIVO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA EN COLOMBIA, EN EL MARCO LEGAL DE LA LEY 1715 DE 2014* (Especialización). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Toledo Arias, C. A. (2013). *Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia.* Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.

Umbarila Valencia, L. P. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6 No 2, 231–241.

