

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 55
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): GERMAN EDUARDO APELLIDOS: CORREDOR JAIMES

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MIGUEL ARMANDO APELLIDOS: BRICEÑO GUERRERO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): FACTIBILIDAD FINANCIERA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL ÁREA DE SECADO PARA LA LADRILLERA ECOBEMEN S.A.S

RESUMEN

La importancia de este proyecto gira en torno a que permite disipar las dudas de los altos mandos de la empresa para la posible implementación del sistema, puede ser tomado como referencia para otros proyectos donde se desee implementar un sistema similar. En caso de ser viable económicamente, la implementación de este proyecto puede generar una disminución en el consumo energético, lo que se traduce principalmente en beneficios económicos. En el mismo caso hipotético de que el proyecto sea viable, los beneficios económicos anteriormente mencionados pueden ser destinados al crecimiento industrial de la empresa, teniendo en cuenta que todo el proceso de producción no está completamente sistematizado y se puede optimizar. Se llegó a la conclusión de que Al realizar la tabla de viabilidad financiera se demostró que el sistema es de buena viabilidad ya que dio una TIR del veintiséis por ciento y en el cuarto año la empresa recupera su inversión. Se justifica la realización del proyecto en la empresa con un muy buen margen de ganancias, si se siguen las recomendaciones respectivas.

PALABRAS CLAVE: Factibilidad, Energía fotovoltaica, área de secado, ladrillera, consumo energético

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 55 PLANOS: 0 ILUSTRACIONES: 20 CD ROOM: 1

****Copia No Controlada****

FACTIBILIDAD FINANCIERA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN
EL ÁREA DE SECADO PARA LA LADRILLERA ECOBEMEN S.A.S

GERMAN EDUARDO CORREDOR JAIMES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN ED ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

FACTIBILIDAD FINANCIERA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN
EL ÁREA DE SECADO PARA LA LADRILLERA ECOBEMEN S.A.S

GERMAN EDUARDO CORREDOR JAIMES

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de

Ingeniero Mecánico

DIRECTOR

Ing. Mecánico MIGUEL ARMANDO BRICEÑO GUERRERO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN ED ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 22 DE NOVIEMBRE 2021
HORA: 4:00 P.m.
LUGAR: PLATAFORMA VIRTUAL GOOGLE MEET
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO: "FACTIBILIDAD FINANCIERA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL ÁREA DE SECADO PARA LA LADRILLERA ECOBEMEN S.A.S."

Jurados: Ing. JORGE EDUARDO GRANADOS G.
Ing. YEZITH JELMARO ROJAS ORTEGA

Director: ING. MIGUEL ARMANDO BRICEÑO GUERRERO

Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
GERMAN EDUARDO CORREDOR JAIMES	1121540	Cuatro, Dos	4.2

APROBADA



Ing. JORGE EDUARDO GRANADOS G.



Ing. YEZITH JELMARO ROJAS ORTEGA



Vo.Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCÍA
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Mecánica

Dedicatoria

A Dios que me dio la salud y todos los medios para poder desarrollar este proyecto de grado. A mi familia en especial a mi padre German Antonio Corredor Peñaranda, mi madre Rosalba Jaimes García y a mi hermano Jhoneider Corredor Jaimes por su apoyo incondicional durante todo este proceso académico.

GERMAN EDUARDO CORREDOR JAIMES

Agradecimientos

Gracias al Ingeniero Miguel Armando Briceño Guerrero por aceptar dirigir el proyecto, por confiar en mí, la dedicación y la paciencia que me tuvo. Gracias a la Empresa Ecobemen y a la ingeniera Angelica Esteban Acevedo por abrir las puertas de su empresa y dejarme realizar el proyecto. Gracias al Ingeniero Mecánico Jesús Pedroza por su ayuda durante la carrera, por enseñarnos que siempre hay que esforzarnos y dedicarnos a las cosas que queremos lograr, por guiarnos como profesionales con calidad humana.

Gracias a la Alma Mater y a cada docente que hizo parte de nuestro proceso, gracias por su exigencia y constancia

Tabla de contenido

	Pag
Introducción	11
1. Problema	12
1.1 Titulo	12
1.2 Planteamiento del problema	12
1.3 Formulacion de la pregunta	13
1.4 Objetivos	13
1.4.1 Objetivo General.	13
1.4.2 Objetivos Específicos.	14
1.5 Justificación	14
1.6 Alcance	15
1.7 Limitaciones y delimitaciones	15
1.7.1 Limitaciones.	15
1.7.2 Delimitaciones.	15
2. Marco referencial	16
2.1 Antecedentes	16
2.2 Marco teórico	18
2.2.1 ¿Qué es la energía solar?	18
2.2.2 Panel solar fotovoltaico.	20
2.2.3 Efecto fotovoltaico.	23
2.2.4 Radiación solar.	23
2.2.5 Sistema fotovoltaico	24
2.2.6 Selección de equipos	25
2.3 Marco conceptual	30

2.4 Marco contextual	31
2.5 Marco legal	31
3. Diseño metodológico	33
3.1 Tipo de investigación	33
3.2 Fuente de información	33
3.2.1 Primaria.	33
3.2.2 Secundaria	33
3.3 Diseño metodológico	33
4. Dimensionamiento del sistema	35
4.1 Cálculos energéticos	37
4.2 Potencia instalable	37
4.3 Área solar y número de paneles	38
4.4 Orientación de los paneles solares.	38
4.5 Inversor	39
4.6 Diferentes propuestas para suplir la necesidad	39
4.6.1 Primera propuesta	39
4.6.2 Segunda propuesta	41
4.6.3 Tercera propuesta	42
4.7 Selección de una propuesta	43
4.8 Conexión del sistema	44
5. Cotización	47
6. Análisis de viabilidad financiera del sistema fotovoltaico	50
7. Conclusiones	51
8. Recomendaciones	52
9. Referencias bibliograficas	53

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Cálculos energéticos	37
Tabla 2. Especificaciones del sistema	44

Tabla de figuras

	Pág.
Figura 1. Esquema representativo	19
Figura 2. Células de silicio monocristalino	21
Figura 3. Células de silicio policristalino	21
Figura 4. Células de silicio amorfo	22
Figura 5. Diagrama del sistema fotovoltaico	28
Figura 6. Imagen satelital de El Zulia.	36
Figura 7. Mapa de radiación solar en Colombia	36
Figura 8. Promedio mensual de radiación en Cúcuta	37
Figura 9. Panel solar jinko	40
Figura 10. Inversor CPS 10 kW	40
Figura 11. Inversor CPS 5 kW	41
Figura 12. Amerisolar	41
Figura 13. Fronius	42
Figura 14. Crady	42
Figura 15. HUAWEI	43
Figura 16. Fronius solar configurator	46
Figura 17. Cotización por empresa SEIENERGY	47
Figura 18. Cotización por empresa Erco energía S.A.S	48
Figura 19. Cotización por empresa Erco energía S.A.S	49
Figura 20. VPN TIR sistema fotovoltaico.	50

Introducción

En la actualidad, Colombia busca suplir la demanda de energía eléctrica de manera eficiente en todas las regiones del país ya que se tienen dependencias de fuentes de energía que demandan el uso de recursos naturales, como la generación a base de combustibles fósiles: petróleo, carbón, al igual que la generación a base fuentes de agua (hidráulica). (Gómez Ramírez J, 2017)

Colombia cuenta con un potencial positivo de energía solar fotovoltaica frente al resto del mundo; aunque se presentan variaciones, los datos evidencian que en todo el territorio el promedio de irradiación solar es alto. El mayor potencial en Colombia se encuentra en las regiones de la Costa Atlántica y Pacífica, la Orinoquía y la Región Central. (Gómez Ramírez J, 2017)

La energía solar FV es una excelente solución a esta situación, ya que es de fácil instalación y operación (Zonas aisladas), su fuente de generación es inagotable (Sol), cuenta con buen recurso solar y es amigable con el medio ambiente. Además, los sistemas fotovoltaicos son de fácil instalación y sus costos tienden a disminuir, es decir: necesitan poco mantenimiento, presentan larga vida útil y el costo de las celdas solares cada vez es menor. (Gómez Ramírez J, 2017)

Los consumos de energía de una empresa son muy altos y depender solo de la energía convencional no suele ser sustentable para pequeñas empresas, este proyecto buscará si es factible o no la implementación de un sistema de paneles solares, para reducir los costos considerablemente.

1. Problema

1.1 Titulo

Factibilidad financiera de la generación de energía fotovoltaica en el área de secado para la ladrillera ECOBEMEN S.A.S

1.2 Planteamiento del problema

En Colombia, históricamente la mayor fuente de energía proviene de plantas hidroeléctricas y de termoeléctricas acumulan casi el 100% de la producción de energía. Esta situación es frecuente desde 1975, cuando las hidroeléctricas acumulaban el 77% y las térmicas el 23% restante. (García, 2013)

En el 2012, Colombia produjo algo más de 60,000 GWh de electricidad (equivalente al 0,29% de la producción mundial), pero en comparación con 1975, se produce 5 veces más que en esa fecha. Esta energía fue consumida principalmente por las residencias, la industria y el comercio con un 41, 31 y 24 por ciento respectivamente. Esto lleva a que casi todo lo que se produce es redistribuido para consumo final mientras muy poco es de consumo propio y aún menos es exportado. (García, 2013)

Para una empresa medianamente pequeña con rentabilidad baja el costo de la energía convencional es considerablemente alto, ya que en Norte de Santander es de KWh \$ 601.44 COP, el uso de energías renovables como la energía fotovoltaica podría ser una alternativa para la problemática de costos, así mismo con la generación distribuida comprendida en la ley 1715 del 2014 “La presente ley 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. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda”.

Colombia se trazó el objetivo de integrar fuentes no convencionales de energía al sistema energético nacional. Dentro de las políticas de esta ley se promovieron la autogeneración y generación distribuida, permitiendo la entrega de excedentes de estas actividades a la red.

Debido a lo anteriormente planteado se piensa llevar cabo la investigación del sistema fotovoltaicos con el objetivo de resolver la necesidad detectada de la empresa en su área de secado ya que ésta es el área de mayor consumo energético, así mismo reducir los costos significativamente a largo plazo y el excedente de energía eléctrica conectarla a la red distribuidora de energía local.

1.3 Formulación de la pregunta

¿Es factible financieramente implementar un sistema de energía fotovoltaica a partir de paneles solares en el área de secado para la ladrillera ECOBEMEN S.A.S?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General. Determinar la factibilidad financiera de la generación de energía eléctrica a partir de paneles solares en el área de secado para la ladrillera ECOBEMEN S.A.S.

1.4.2 Objetivos Específicos. Realizar el proceso de inspección y reconocimiento de la planta física.

Desarrollar un plan para la generación de energía a base de celdas fotovoltaicas, para el área de secado de la ladrillera para la ladrillera ECOBEMEN S.A.S

Realizar la cotización de los implementos necesarios y el área requerida para el montaje de dicho sistema.

Elaborar el respectivo análisis de viabilidad y rentabilidad de lo planeado.

1.5 Justificación

La importancia de este proyecto gira en torno a los siguientes aspectos:

Permite disipar las dudas de los altos mandos de la empresa para la posible implementación del sistema.

Puede ser tomado como referencia para otros proyectos donde se desee implementar un sistema similar.

En caso de ser viable económicamente, la implementación de este proyecto puede generar una disminución en el consumo energético, lo que se traduce principalmente en beneficios económicos.

En el mismo caso hipotético de que el proyecto sea viable, los beneficios económicos anteriormente mencionados pueden ser destinados al crecimiento industrial de la empresa, teniendo en cuenta que todo el proceso de producción no está completamente sistematizado y se puede optimizar.

1.6 Alcance

En este proyecto se utilizará una metodología para desarrollar un estudio de viabilidad financiera de la generación de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, primero dimensionando el sistema y realizando el modelo matemático para el análisis de su rentabilidad y su respectivo análisis de datos.

1.7 Limitaciones y delimitaciones

1.7.1 Limitaciones. Cierta dificultad de obtener cotizaciones de los elementos a utilizar, debido a las pocas empresas regionales del sector energético que manejan este tipo de tecnología.

1.7.2 Delimitaciones.

Delimitación espacial

Este proyecto se llevará a cabo en la residencia del estudiante y la empresa, de la ciudad de Cúcuta y el Zulia, Departamento Norte de Santander.

Delimitación temporal

La duración del proyecto se realizará en 4 meses, después de la aprobación por parte del comité curricular de ingeniería mecánica de la Universidad Francisco de Paula Santander.

2. Marco referencial

En esta sección, se definen aquellos conceptos que se deben tener en cuenta durante el desarrollo de la tesis, permitiendo así contextualizar y dejar en claro a que se refiere cada concepto cuando son mencionados en los posteriores capítulos.

2.1 Antecedentes

El uso de la energía solar se puede remontar épocas muy antiguas donde por sí misma la agricultura no podría concebirse sin la utilización constante la energía emitida por el sol, pero siendo más específicos el uso de la energía solar mediante mecanismos más elaborados podríamos remontarnos a el año 212 A.C cuando Arquímedes atacó mediante un rayo de luz a una flota romana. (Marta, Suministro solar , 2011)

También se puede hacer referencia al uso de la energía o luz solar en calendarios, o instrumento para calcular el tiempo.

Fue el físico francés Edmond Becquerel el descubridor del llamado efecto fotovoltaico en 1839, aunque este importante descubrimiento se mantuvo inexplorado en el olvido por los siguientes 75 años. A la edad de sólo 19 años Becquerel descubrió que algunos materiales generaban pequeñas cantidades de corriente eléctrica cuando se exponían a la luz. (Marta, suministro solar, 2011)

El resurgimiento de la energía solar como una disciplina científica se produce en 1953, cuando Farrington Daniels organiza en la Universidad de Wisconsin un Simposio Internacional sobre la utilización de la Energía Solar, auspiciado por la Nacional Science Foundation de Estados Unidos. Dos años más tarde, en Tucson (Arizona), se celebró otro simposio y se formó la Asociación para la Aplicación de la Energía Solar. (Marta, suministro solar, 2011)

Las energías alternativas han tenido un crecimiento significativo en las últimas décadas debido a la necesidad de reducir la contaminación, especialmente los gases de efecto invernadero, como estrategia contra el cambio climático. Una de las energías alternativas más eficiente, sostenible y rentable, es la energía solar aplicada para generación de electricidad o energía fotovoltaica. Esta tecnología puede aplicarse para solucionar diversas problemáticas, tales como deficiencias en el servicio de energía eléctrica convencional, abastecimiento de energía a poblaciones vulnerables sin acceso a la red eléctrica, ahorro de energía para hogares, instituciones e industrias, entre muchas otras. Es importante resaltar que esta energía alternativa genera múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos, por lo que cada día se convierte en la opción más rentable y sostenible de generación de energía.

Según un informe publicado por EPA y Greenpeace, los precios de la fotovoltaica se han reducido un 40 % desde 2005 y desde 2015 han caído otro 40 %, con lo que podrán competir con los precios de la electricidad para los hogares en los próximos cinco años. Se describe también que la energía fotovoltaica ha venido reduciendo sus costes y aumentando su eficiencia hasta llegar al momento actual, en el que se prevé que la inversión global en esta tecnología pase de los 35.000-40.000 millones de euros actuales a más de 70.000 millones en 2015. La industria prevé asimismo que la fotovoltaica suponga un 12 % de la demanda energética europea en 2020 y un 9 % de la mundial en 2030. Se concluye que la energía solar fotovoltaica es una tecnología clave para combatir el cambio climático, genera entre 35 y 50 empleos por cada tonelada de dióxido de carbono (CO₂) que se reduce y aumenta la seguridad de suministro, ya que reduce la dependencia de las importaciones de energía. (Greenpeace, 2018)

2.2 Marco teórico

2.2.1 ¿Qué es la energía solar? Para saber qué es la energía solar basta con mirar hacia el Sol, es aquella que procede de los rayos solares, que proporcionan luz durante el día. Cada partícula de luz solar que llega a la superficie terrestre, conocida como fotón, contiene energía que alimenta nuestro planeta.

La energía solar es la principal de nuestros sistemas climáticos y de las fuentes de energía de la Tierra. Una cantidad de radiación solar llega a la superficie del planeta cada hora para cubrir nuestras necesidades energéticas globales durante casi un año entero. Una de las características fundamentales de la energía solar es la de poder aprovecharse y reconvertirse para ser usada mediante colectores fotovoltaicos o termosolares.

Posee un carácter inagotable, lo que la convierte en uno de los recursos renovables más beneficiosos. Su impacto medioambiental es mínimo, puesto que no produce residuos ni emite gases de efecto invernadero. A pesar de todas sus ventajas, cuenta con algunas desventajas; un factor negativo es la dependencia de la cantidad de luz solar que incide a la superficie en cada zona del planeta. El sol no llega de manera similar en todas las partes del mundo. (AGUAE, s.f.)

La radiación solar existe en el Planeta como resultado de la captación de radiaciones electromagnéticas provenientes del Sol; la superficie terrestre capta sólo una parte de esta energía radiante, aproximadamente un 15%, ya que el resto la refracta a la atmósfera. A este fenómeno también se le llama constante solar. (CABELLO, 2006)

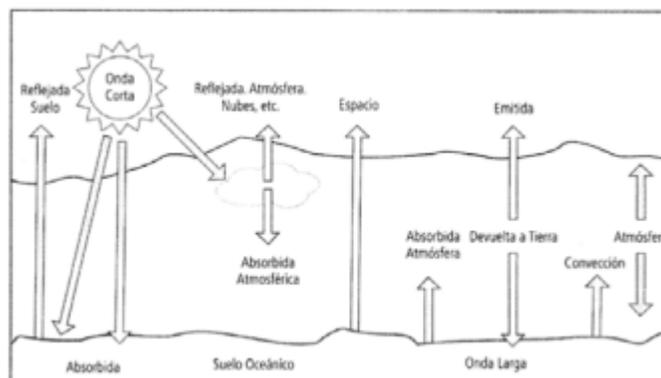


Figura 1. Esquema representativo

Fuente: QUIÑONES A., Solución para el desarrollo sustentable: 2006, pág. 28

La energía solar absorbida por la Tierra en un año es equivalente a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y diez mil veces superior al consumo actual. El sol es la única fuente de materia orgánica y de energía vital de la Tierra, y aunque a veces nos pasa desapercibido, ya hoy estamos utilizando masivamente la energía solar, en forma de alimentos, leña o energía hidroeléctrica. Los mismos combustibles fósiles, cuya quema está en el origen del deterioro ambiental, no son otra cosa que energía solar almacenada a lo largo de millones de años. La fotosíntesis es hoy el empleo más importante de la energía solar, y la única fuente de materia orgánica, es decir, de alimentos y biomasa. (CABELLO, 2006)

Los paneles se disponen en forma tal, que obtengan la mayor cantidad de luminosidad durante gran parte del día; la radiación obtenida se concentra en las células fotovoltaicas, que son obleas de aproximadamente 400 micras, las que procesan la radiación, generando energía eléctrica limpia,

sin impacto sobre el medio ambiente, como lo hacen otras formas de generación de electricidad.
(CABELLO, 2006)

2.2.2 Panel solar fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos o placas fotovoltaicas, están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico porque la energía lumínica produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Los materiales para celdas solares suelen ser silicio cristalino o arseniuro de galio. Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes normalizados, más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor coste.

Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 A a 0,5 V (equivalente a un promedio de 90 W/m², en un campo de normalmente 50-150 W/m², dependiendo del brillo solar y la eficiencia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

Las células de silicio más empleadas en los paneles fotovoltaicos se puede dividir en tres subcategorías:

Las células de silicio monocristalino están constituidas por un único cristal de silicio. Este tipo de células presenta un color azul oscuro uniforme.



Figura 2. Células de silicio monocristalino

Fuente: ITER, Instalación solar fotovoltaica 2008, pag.4

Las células de silicio policristalino (también llamado multicristalino) están constituidas por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las células monocristalinas. Se caracterizan por un color azul más intenso.

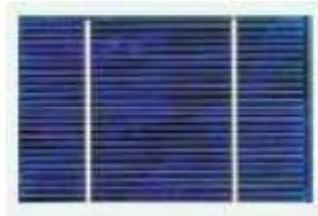


Figura 3. Células de silicio policristalino

Fuente: ITER, Instalación solar fotovoltaica 2008, pag.5

Las células de silicio amorfo. Son menos eficientes que las células de silicio cristalino, pero también más baratas. Este tipo de células es, por ejemplo, el que se emplea en aplicaciones solares como relojes o calculadoras.



Figura 4. Células de silicio amorfo

Fuente: ITER, Instalación solar fotovoltaica 2008, pág. 5

Los lingotes cristalinos se cortan en discos finos como una oblea, pulidos para eliminar posibles daños causados por el corte. Se introducen dopantes impurezas añadidas para modificar las propiedades conductoras en las obleas, y se depositan conductores metálicos en cada superficie: una fina rejilla en el lado donde da la luz solar y usualmente una hoja plana en el otro. Los paneles solares se construyen con estas celdas agrupadas en forma apropiada. Para protegerlos de daños, causados por radiación o por el manejo de estos, en la superficie frontal se los cubre con una cubierta de vidrio y se pegan sobre un sustrato el cual puede ser un panel rígido o una manta blanda. Se hacen conexiones eléctricas en serie-paralelo para fijar el voltaje total de salida. El pegamento y el sustrato deben ser conductores térmicos, ya que las celdas se calientan al absorber la energía infrarroja que no se convierte en electricidad. Debido a que el calentamiento de las celdas reduce la eficacia de operación es deseable minimizarlo. Los ensamblajes resultantes se llaman paneles solares.

2.2.3 Efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. (CATALUNA, 2008)

La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV.

Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico. (CATALUNA, 2008)

2.2.4 Radiación solar. Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. (MANZINI, 2004)

No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiación, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m² (MANZINI, 2004)

2.2.5 Sistema fotovoltaico. Se define como sistema fotovoltaico el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica. (ITER, 2008)

Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

Aislados.

Conectados a la red.

Los sistemas aislados, por el hecho de no estar conectados a la red eléctrica, normalmente están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía sólo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y de la noche. Durante la fase de insolación es, por tanto, necesario prever una acumulación de la energía no inmediatamente utilizada, que es proporcionada a la carga cuando la energía disponible es reducida e incluso nula.

Una configuración de este tipo implica que el campo fotovoltaico debe estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y de la recarga de las baterías de acumulación.

En este caso, se pueden obtener sistemas de alta fiabilidad integrando el sistema aislado con una fuente energética tradicional, por ejemplo, diésel (sistema híbrido diésel-fotovoltaico). La tarea de los sistemas conectados a la red es, por tanto, la de introducir en la red la mayor cantidad posible de energía.

La estructura física de un sistema fotovoltaico (aislado o conectado a la red) puede ser muy diferente.

Se pueden distinguir tres elementos fundamentales:

El campo fotovoltaico.

Sistema de acondicionamiento de la potencia.

Sistema de adquisición de datos.

Es necesario tener en cuenta que, en el caso especial de sistemas sin acumulación conectado en red, es la red misma la que desempeña la tarea de acumulador, de capacidad infinita. La carga la representa, en cambio, el usuario conectado a la red, como sucede en cualquier otro sistema “grid connected”.

2.2.6 Selección de equipos. Componentes del sistema solar fotovoltaico

En el sistema solar fotovoltaico que se va a diseñar la energía producida por los módulos fotovoltaicos es almacenada en baterías de acumulación. La carga es alimentada, a través del regulador de carga, por la energía acumulada en las baterías.

El Panel Solar

El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el panel solar, convierte la energía del sol en energía eléctrica (corriente continua). Su funcionamiento se basa en convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico. Como se indicó anteriormente el efecto fotovoltaico es la propiedad que tienen determinados materiales de producir una corriente eléctrica cuando incide una radiación lumínica sobre ellos. En un panel fotovoltaico la producción de corriente depende de la irradiancia

(nivel de iluminación), de tal forma que a medida que aumenta la irradiancia, aumenta la intensidad a través de la célula. Para el diseño del módulo fotovoltaico, existe la posibilidad de utilizar un solo panel o un conjunto de paneles que se montarán agrupados sobre un determinado soporte y conectados entre sí eléctricamente.

En aplicaciones de poca potencia, es posible hasta la utilización de paneles solares flexibles, que permitirán aplicaciones como alimentar un equipo de comunicaciones, recargar la batería de un teléfono, etc.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido.

Regulador de carga

Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación fotovoltaica en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un sistema de regulación de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de los paneles autorregulados.

El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si, una vez que se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inicia en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligroso y, en cualquier caso, acortaría sensiblemente la vida de la misma.

Otra función del regulador es la prevención de la sobre descarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, siendo éste un fenómeno, que como ya se ha dicho, puede provocar una sensible disminución en la capacidad de carga de la batería en sucesivos ciclos. Algunos reguladores incorporan una alarma sonora o luminosa previa a la desconexión para que el usuario pueda tomar medidas adecuadas, como reducción del consumo, u otras. Los reguladores más modernos integran las funciones de prevención de la sobrecarga, y que además suministra información del estado de carga de la batería. Estos reguladores también pueden incorporar sistemas que sustituyan a los diodos encargados de impedir el flujo de electricidad de la batería a los paneles solares en la oscuridad, con un costo energético mucho menor. También es interesante incorporar modelos de regulación que introducen modos de carga “en flotación”, lo cual permite una carga más completa de las baterías y un mejor aprovechamiento de la energía de los paneles. Las características eléctricas que definen un regulador son su tensión nominal y la intensidad máxima que es capaz de disipar. (ITER, 2008)

Inversores fotovoltaicos

Este aparato tiene la finalidad de adaptar las características de la corriente generada a la demanda total o parcial para las aplicaciones, en determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la solicitada por todos los elementos de consumo.

Tanto las grandes plantas solares de generación eléctrica como las pequeñas instalaciones domésticas necesitan un equipo de electrónica de potencia, que sirva para conectar a los paneles con las cargas eléctricas o con la red eléctrica para poder consumir la energía captada por los paneles fotovoltaicos. A este dispositivo que procesa la energía se le llama inversor fotovoltaico. Los paneles solares, por las características propias de sus materiales, generan potencia en corriente

directa, el inversor es la interfaz para interconectarlos a las cargas o a la red eléctrica, las cuales funcionan con corriente alterna.

Existen diversos fabricantes de renombre mundial como SMA, Fronius, Huawei, SolarEdge, SunGrow, ABB, Enphase y Schneider Electric, que comercializan inversores para emplearse en instalaciones fotovoltaicas, que van desde equipos pequeños que sirven para convertir la energía proporcionada por uno o dos paneles (200 W-500 W), los que manejan arreglos de cuatro a 40 paneles (1 kW-10 kW) para aplicaciones residenciales y los que procesan 10 kW-100 kW en aplicaciones comerciales, hasta los dedicados a convertir grandes cantidades de potencia para plantas generadoras (100 kW a 3 MW). (García, 2013)

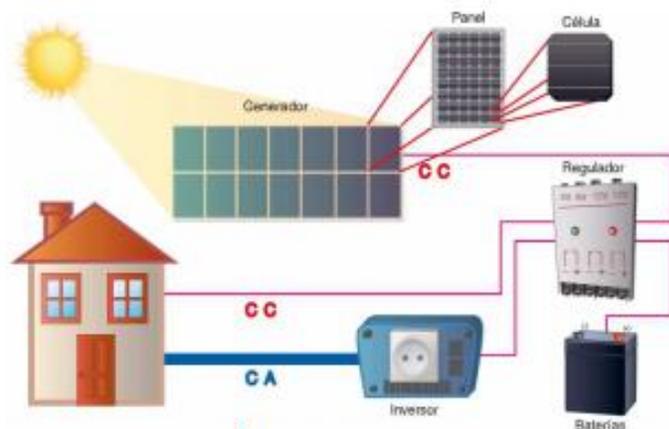


Figura 5. Diagrama del sistema fotovoltaico

En otras aplicaciones, la utilización incluye elementos que trabajan en corriente alterna, puesto que tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente en alterna. La eficiencia del inversor varía en función de la potencia consumida por la carga. Esta variación es necesario conocerla, sobre todo si la carga

en alterna es variable a fin de que el punto de trabajo del equipo se ajuste lo mejor posible a un valor promedio especificado.

Baterías o acumuladores

En las instalaciones fotovoltaicas lo más habitual es utilizar un conjunto de baterías asociadas en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación. La fiabilidad de la instalación depende en gran medida del sistema de acumulación. (IDEA, 2004)

De cara a su empleo en instalaciones de electrificación fotovoltaica, es necesario conocer los siguientes conceptos:

Capacidad: es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios - hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, es decir una batería de 130Ah es capaz de suministrar 130A en una hora o 13A en diez horas. Para acumuladores fotovoltaicos es usual referirse a tiempos de descarga de 100 horas. Las baterías tienen un voltaje nominal que suele ser de 2, 6, 12, 24V, aunque siempre varíe durante los distintos procesos de operación. Es importante el voltaje de carga, que es la tensión necesaria para vencer la resistencia que opone el acumulador a ser cargado.

Eficiencia de carga: es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.

Auto descarga: es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.

Profundidad de descarga: se denomina profundidad de descarga al valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado. Como ejemplo, si tenemos una batería de 100Ah y la sometemos a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%. (IDEA, 2004)

2.3 Marco conceptual

Célula solar

Una de las formas más eficientes y prácticas de aprovechar la luz solar como fuente de energía es convertirla en electricidad mediante células solares. (Nayak, 2019)

A diferencia de numerosos dispositivos optoelectrónicos, las células solares funcionan en un área amplia de longitudes de onda, lo que implica que requieren un recubrimiento antirreflejo de banda ancha.

Fotón

En física moderna el fotón es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluidos los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas y las ondas de radio.

Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

Medidor bidireccional

Funciona en dos direcciones, es decir que no solo mide la energía que fluye de la red al usuario, sino que también la que fluye del usuario a la red.

2.4 Marco contextual

El proyecto será desarrollado en la Universidad Francisco Paula de Santander sede principal Cúcuta, Norte de Santander, dirigido a implementar los conocimientos para mejorar la eficacia en los procesos energéticos de la ladrillera ECOBEMEN S.A.S ubicada en Calle 11N # 20ª - 170 barrio la Alejandra, municipio del Zulia.

2.5 Marco legal

Ley 1715 del 13 de marzo de 2014: “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.”

Decreto número 2143: “Por el cual se adiciona el decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el capítulo 111 de la ley 1715 de 2014.”

Decreto Ley 2811 de 1974: Código de los recursos naturales renovables y protección al medio ambiente.

Resolución CREG no. 025 de 1995: “Por la cual se establece el código de redes, como parte del reglamento de operación del sistema interconectado nacional”, anexo denominado código de redes define, entre otros, los criterios de planeamiento del STN y los requisitos técnicos mínimos para

el diseño, construcción, montaje, puesta en servicio, operación y mantenimiento que todo usuario debe cumplir por o para su conexión”

Resolución no. 181462 de noviembre 10 de 2004: “Por medio de la cual se modifica el artículo 1° de la resolución 18 1401 del 29 de octubre de 2004. Que mediante la resolución 1811401 del 29 de octubre de 2004 se adoptó el factor de emisión de gases de efecto invernadero para los proyectos de generación de energía con fuentes renovables conectados al sistema nacional cuya capacidad Instalada sea igual o menor a 15MW”.

Decreto 2469 de 2014 “Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración”

3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

Según el acuerdo 065, 26 de agosto de 1996 del estatuto estudiantil de la Universidad Francisco Paula Santander el proyecto se enmarca en la “sistematización de conocimientos”, en cual se implementarán los conocimientos adquiridos para tomar decisiones con puntos de vista dentro del campo de la ingeniería.

3.2 Fuente de información

3.2.1 Primaria. Corresponde a la información utilizadas de libros físicos y virtuales como lo son los libros de energía solar, transformación de energía y relacionados con el tema como finanzas entre otros.

3.2.2 Secundaria. Corresponde a la información adquirida y recopilada de páginas web y documentos proporcionados por otras instituciones educativas, universidades, revistas, empresas y proyectos publicados por los mismos autores.

3.3 Diseño metodológico

Objetivo N°1: Realizar el proceso de inspección y reconocimiento de la planta física.

Actividad: Se hará un reconocimiento a las instalaciones de la empresa para conocer la disponibilidad de espacios, las cifras de producción, capacidad instalada, condiciones ambientales y los componentes necesarios para implementar el sistema fotovoltaico.

Metodología: Se consultará la información disponible en la empresa respecto al área, producción, distribución de planta, equipos, recursos humanos, técnicos y económicos para realizar el proyecto.

Objetivo N°2: Elaborar un plan para la generación de energía a base de celdas fotovoltaicas.

Actividad: Se analizarán los datos obtenidos de la inspección y luego se plantearán los posibles planes y se determinara la opción más adecuada, de acuerdo a los cálculos térmicos y de disponibilidad de energía solar.

Metodología: Se consultará en fuentes especializadas: textos, revistas, artículos científicos, trabajos de grado y tutoriales especializados; con el fin de obtener la información necesaria para desarrollar el plan escogido.

Objetivo N°3: Realizar la cotización de los implementos necesarios para implementar el sistema, así como los costos de montaje y puesta en funcionamiento del sistema.

Actividad: Obtener ofertas y decidir de acuerdo a Calidad-Precio la mejor opción para la implementación del sistema.

Metodología: Se consultará con empresas locales o nacionales respecto al valor de los implementos y costos de montaje y operación necesarios.

Objetivo N°4: Elaborar el respectivo análisis de viabilidad y rentabilidad de la propuesta escogida.

Actividad: Calcular la viabilidad financiera del plan.

Metodología: Se aplicarán los conceptos apropiados de economía y finanzas para determinar la viabilidad financiera, de acuerdo a la información obtenida.

4. Dimensionamiento del sistema

El potencial de la radiación solar terrestre. La energía que recibimos del sol es suficiente para satisfacer todas las necesidades energéticas del mundo. De hecho, la energía que obtenemos es 10.000 veces el consumo energético actual del mundo.

La irradiancia se define como relativa a La radiación solar supera el metro cuadrado. La radiación no se distribuye uniformemente en la superficie de la tierra, Principalmente debido a la forma de la tierra, el área alrededor del ecuador Más energía solar que otras partes. En segundo lugar, el cielo está despejado debido a la diferencia de humedad del aire. Hay tantas nubes, incluso en la misma latitud, diferentes países y regiones serán diferentes.

Norte de Santander, ubicado en Las coordenadas son 7. 54° Norte y 7. 58° Norte. sé Debe considerar dónde no está el sol Mayor debido a la fecha que se muestra en la Figura 4 Ubicación geográfica.

La mayor irradiancia se obtiene en julio con una cifra de 5 a 5.5 KWh/m² que indica, que en este mes obtendrá la mayor producción de energía del sistema fotovoltaico.

El nivel mínimo de irradiancia se observa en los meses de noviembre y diciembre con un promedio de 4 a 4.4 KWh/m² siendo estos dos meses los de menor producción. Estas dos condiciones deben ser consideradas concienzudamente al momento de diseñar el sistema fotovoltaico. (Ing. Freddy Alejandro Leal González, 2012)



Figura 6. Imagen satelital de El Zulia.

Fuente: Imagen de Google Earth Se tiene en cuenta el rango de la región Andina, ya que la instalación se realiza en el municipio de El Zulia, Norte de Santander.

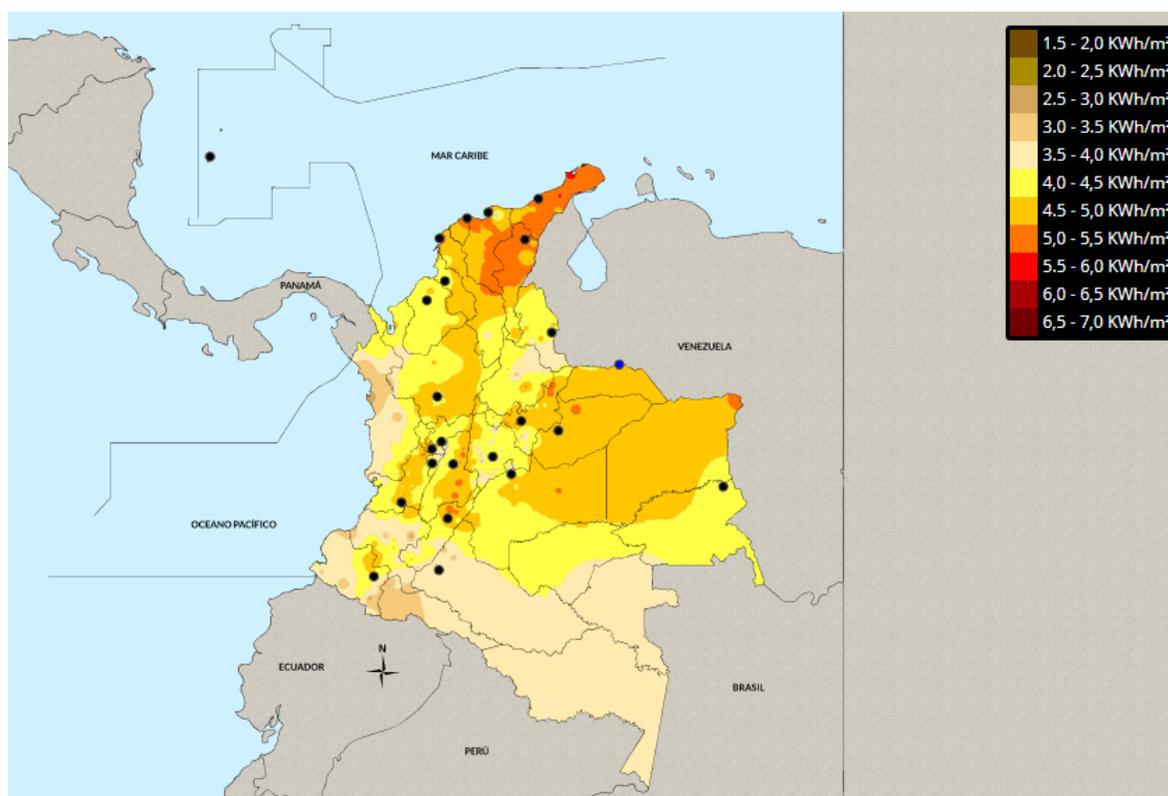


Figura 7. Mapa de radiación solar en Colombia

Fuente: IDEAM <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

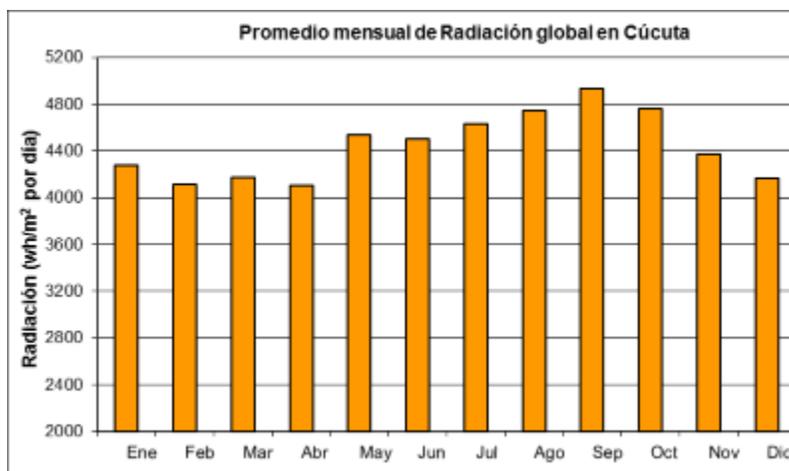


Figura 8. Promedio mensual de radiación en Cúcuta

En Cúcuta, el valor máximo (4.0-4.5 KWh/m²) día.

Fuente: Radiación solar en Colombia.

HSP Promedio: 4

4.1 Cálculos energéticos

Consumo diario, son 2 líneas dobles de 5 ventiladores, en total son 20 ventiladores de 1.5 hp cada uno, con un trabajo de 4 a 5 horas al día y 4 días a la semana.

Tabla 1. Cálculos energéticos

COMPONENTES	UNIDADES	POTENCIA(KW)	CONSUMO (H/DIA)	CONSUMO DIARIO(KW-H/DIA)
MOTOR ELECTRICO	20	22,371	5	111,855

4.2 Potencia instalable

Con los datos de Radiación solar sobre metro cuadrado o HSP, se dimensiona el sistema solar fotovoltaico y se pueden los equipos a utilizar. Para saber la energía total a suplir por los paneles se usa la siguiente ecuación. (A. Castejón, 2010)

$$P_{Demandada} = \frac{\text{ConsumoPromedioDía} \left(\frac{kWh}{mes} \right)}{\text{Díasdelmes} * HSP * \text{perdidas}}$$

Estas pérdidas vendrán ligadas principalmente a las generadas por el inversor, el cableado y se aplicará un factor de seguridad del 10% a la energía demandada para suplir pérdidas de polvo y suciedad, reflectancia angular y espectral, sombras, entre otras. (M. Casa, 2017)

$$\text{Consumo promedio} = 111.9 \frac{kWh}{dia} * 16 = 1790 \frac{kWh}{mes}$$

$$\text{Consumo promedio} = 1790 \frac{kWh}{mes} * 1.1 = 1969 \approx 2000 \frac{kWh}{mes}$$

$$P_{Demandada} = \frac{2000 * 1000}{30 * 4 * 0.9} = 18518 \approx 18600W$$

4.3 Área solar y número de paneles.

Según la potencia a instalar en el sistema FV On-grid se determinó un módulo solar de 465 Wp, el área solar “As” o el área necesaria para la instalación de los paneles FV varía, así que para conocer ese valor en función de la demanda energética mensual se estableció la siguiente ecuación.

Como no tenemos límites de Área lo podemos suponer.

$$N_{paneles} = \frac{P_{demandada}}{P_{max, panel}}$$

$$N_{paneles} = \frac{18600}{465} = 40 \text{ Paneles}$$

4.4 Orientación de los paneles solares.

(Adler, 2013)

Para obtener el ángulo óptimo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |\varphi|$$

Donde:

β_{opt} = Inclinación óptima para maximizar la captación de energía anual en grados sexagesimales.

φ =Latitud del lugar en grados sexagesimales.

Conociendo las actuales coordenadas del proyecto se puede verificar el ángulo de inclinación recomendado teniendo claro que la orientación es hacia el sur preferiblemente. Latitud: 7.949153°
Longitud: -72.610208°

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |7.9491| \quad \beta_{opt} = 9 \text{ hacia el sur}$$

4.5 Inversor

En cuanto al inversor, es necesario conocer la capacidad que utilizará, como potencia, voltaje y capacidad de corriente, el número de mppt de salida, y debe conocer la disposición de serie y paralelo.

$$P_{instalada} = N_{paneles} * P_{panel}$$

$$P_{instalada} = 40 * 465Wp = 18600 Wp$$

4.6 Diferentes propuestas para suplir la necesidad

4.6.1 Primera propuesta

JINKO SOLAR DE 465 WP

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM455M-7RL3		JKM460M-7RL3		JKM465M-7RL3		JKM470M-7RL3		JKM475M-7RL3	
	JKM455M-7RL3-V		JKM460M-7RL3-V		JKM465M-7RL3-V		JKM470M-7RL3-V		JKM475M-7RL3-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	455Wp	339Wp	460Wp	342Wp	465Wp	346Wp	470Wp	350Wp	475Wp	353Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.97V	39.32V	43.08V	39.43V	43.18V	39.58V	43.28V	39.69V	43.38V	39.75V
Maximum Power Current (Imp)	10.59A	8.61A	10.68A	8.68A	10.77A	8.74A	10.86A	8.81A	10.95A	8.89A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.92V	49.01V	52.14V	49.21V	52.24V	49.31V
Short-circuit Current (Isc)	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A	11.68A	9.43A	11.77A	9.51A
Module Efficiency STC (%)	20.26%		20.49%		20.71%		20.93%		21.16%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

Figura 9. Panel solar jinko

Fuente: (Jinko Solar,2019)

INVERSOR CPS



Technical Data

Model Name	CPS SCA8KTL-DO	CPS SCA10KTL-DO	CPS SCA12KTL-DO
DC Input			
Nominal DC Input Power	8.2kW	10.3kW	12.3kW
Max. DC Input Power	8.8kW	11kW	13.2kW
Max. DC Input Voltage	1000Vdc		
Operating DC Input Voltage Range	250-860Vdc		
Start-up DC Input Voltage / Power	320V/150W		
Nominal DC Input Voltage	600V		
MPPT Voltage Range	320-800Vdc	320-800Vdc	380-800Vdc
Number of MPP Trackers	2		
Number of DC Inputs (strings)	2x2		
Max. Input Current	17A/MPPT		
Max. Input Current per string	17A		
DC Disconnection Type	Embedded switch		
PV Array Configuration	Floating		

Figura 10. Inversor CPS 10 kW

Fuente: (Chintmex,2013)

Model Name	CPS SCE4KTL-O/US	CPS SCE5KTL-O/US	CPS SCE6KTL-O/US	CPS SCE7KTL-O/US
DC Input				
Max. PV Power	4.8kW	6kW	7.2kW	8.4kW
Nominal DC Input Power	4kW	5kW	6kW	7kW
Max. DC Input Voltage	600Vdc			
Operating DC Input Voltage Range	100-515Vdc			
Start-up DC Input Voltage	150Vdc			
Nominal DC Input Voltage	360Vdc			
Number of MPP Trackers	1			
Number of DC Input Pairs	4			
MPPT Voltage Range	225-500Vdc	200-500Vdc	200-500Vdc	200-500Vdc
Max. Input Current	19A	26A	32A	37A
Max. Input Current per String	20A			
DC Disconnection Type	Switch			

Figura 11. Inversor CPS 5 kW

Fuente: (Chintmex,2013)

4.6.2 Segunda propuesta

AMERISOLAR 465 Wp

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN TEC							
Potencia Maxima (P_{max})	435W	440W	445W	450W	455W	460W	465W
Voltaje de Circuito Abierto (V_{OC})	49.6V	49.8V	50.0V	50.2V	50.4V	50.6V	50.8V
Corriente de Corto Circuito (I_{sc})	11.10A	11.16A	11.22A	11.28A	11.34A	11.40A	11.46A
Voltaje a Potencia Maxima (V_{mp})	41.2V	41.4V	41.6V	41.8V	42.0V	42.2V	42.4V
Corriente a potencia Maxima (I_{mp})	10.56A	10.63A	10.70A	10.77A	10.84A	10.91A	10.97A
Eficiencia del Módulo. (%)	19.90	20.13	20.36	20.58	20.81	21.04	21.27
Temperatura de Funcionamiento	-40°C to +85°C						
Voltaje Maximo del Sistema	1000V DC/1500V DC						
Clasificación de Resistencia al Fuego	Tipo 1(De acuerdo con UL1703)/Clase C(IEC61730)						
Máxima Clasificación de Fusibles de la Serie	20A						

TEC: Irradiancia 1000W / m², Temperatura de la celda 25 ° C, AM1.5; Tolerancia de Pmax: ± 3%; Tolerancia de medición: ± 3%

Figura 12. Amerisolar

Fuente: (Amerisolar,2021)

FRONIUS SYMO ADVANCE 15.0-3

DATOS TÉCNICOS		DATOS DE SALIDA CA		SYMO 15.0-3 208
DATOS DE ENTRADA CD				
Potencia FV Recomendada (kWp)	12.0 - 19.5	Potencia máxima de salida	208 V	15000 VA
Máxima corriente de entrada nominal (MPPT1/MPPT2)	50.0 A	Máxima corriente de salida	208 V	41.6 A
Máxima corriente (MPPT1 + MPPT2)	50.0 A		220 V	39.4 A
Máxima corriente de entrada admisible (MPPT1/MPPT2)	75.0 A	OCPD / Breaker CA recomendado	208 V	60 A
Rango de tensión de operación	325 - 1000 V	Eficiencia máxima		97.3%
Máxima tensión de entrada	1000 V	Eficiencia CEC	208 V	96.5 %
Tensión nominal de entrada	325 V	Tamaño de conductor de CA admisible		AWG 14 - AWG 6
Tamaño de conductor admisible de CD	AWG 14 - AWG 6	Tensión de red		208 / 220 V Delta y WYE
Rango de tensión MPP	325 V - 850 V	Frecuencia nominal		60 Hz
Número de MPPT	1	Distorsión armónica Total		< 3.5 %
		Factor de potencia ($\cos \varphi_{act}$)		1 (ajustable 1 - 0 ind./cap)

Figura 13. Fronius

Fuente: (Fronius, 2020)

4.6.3 Tercera propuesta

CRADY SOLAR 465 Wp

CSP-HC- 450 / 465 W		Panel Fotovoltaico		
Características Eléctricas STC				
Referencia de panel	CSP-HC-450W	CSP-HC-455W	CSP-HC-460W	CSP-HC-465W
Potencia nominal (Pmax)	450	455	460	465
Voltaje a potencia nominal (Vmpp)	41,5	41,7	41,9	42,1
Corriente a potencia nominal (Impp)	10,85	10,92	10,99	11,05
Voltaje de circuito abierto (VOC)	49,3	49,5	49,7	49,9
Corriente de cortocircuito (ISC)	11,6	11,67	11,74	11,81
Eficiencia del módulo (%)	20,4 %	20,6 %	20,8 %	21 %
STC (condiciones de prueba estándar): Irradiación 1000W/m ² , temperatura célula 25°C, masa de aire (AM): 1.5 (EN 60904-3)				

Figura 14. Crady

Fuente: (Grupo temper, 2020)

Huawei SUN2000-20KTL-M3

SUN2000-20KTL-M3
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-20KTL-M3
Efficiency	
Max. Efficiency	97.6%
European Efficiency	97.2%
Input	
Recommended Max. PV Power	30,000 Wp
Max. Input Voltage ¹	750 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 750V
Rated Input Voltage	360 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4

Figura 15. Huawei

Fuente: (Solartex,2020)

4.7 Selección de una propuesta

En este punto se selecciona de manera objetiva según las propuestas para suplir la necesidad, se analizan tanto los paneles como los inversores con sus eficiencias y su potencia máxima ya que si tienen un poco más de lo necesitado sería de beneficio ya que el sobre dimensionamiento favorece de buena manera al sistema fotovoltaico.

Para los paneles solares se opta por la marca AMERISOLAR 465 Wp ya que tiene mejores eficiencias que los otros dos y se soporta con una garantía de rendimiento estándar de hasta 30 años cuando los otros disponen de 25 años.

Para el inversor se opta por el FRONIUS SYMO ADVANCE 15.0-3 ya que la marca cps tiene un sistema en paralelo que cuenta con dos inversores que en el apartado de costos es un factor no rentable y el inversor Huawei tiene características similares en eficiencia y sus características técnicas son mejores que las del Huawei, además tiene un precio mayor al de Fronius.

4.8 Conexión del sistema

En este paso, los arreglos en serie y en paralelo tendrán los paneles solares están conectados de acuerdo con las especificaciones.

Tabla 2. Especificaciones del sistema

Panel Amerisolar de 465Wp		Inversor FRONIUS SYMO ADVANCED 15-3	
Voc (V)	50,8	Mpp	2
Vmp(V)	42,4	Max I (A)	50 A
Isc (A)	11,46	Vmax DC(V)	1000
Imp(A)	10,97	Rango de Voltaje	325-1000
Potencia (W)	465	Potencia max(W)	19500

Cada equipo usa estos datos, posibles conexiones o configuraciones basadas principalmente para buscar economía y mayor eficiencia. Idealmente, el objetivo es reducir el número de paralelos para evitar más pérdidas. Mediante corriente y cableado.

Cantidad de paneles: Primero es necesario saber la cantidad máxima de paneles según la referencia seleccionada que podremos conectar al inversor basándonos en la potencia de este.

$$N_{max} = \frac{P_{inversor}}{P_{panel}} = \frac{19500 \text{ W}}{465 \text{ W}} = 41.93 = 41 \text{ paneles}$$

Paneles en serie: para saber la capacidad máxima de los paneles en serie para el inversor teniendo en cuenta los paneles utilizados, se aplica una división entre la tensión máxima del inversor y la tensión de circuito abierto del panel Voc, para así saber qué cantidad de paneles podríamos utilizar como máximo en serie (M. Casa, 2017).

$$N_{serie, max} = \frac{V_{inv, max}}{Voc} = \frac{1000}{58.8} = 19.68$$

$$serie, max = 19 \text{ paneles}$$

Esto muestra que se puede conectar 19 paneles en serie, por la capacidad de potencia y por capacidad de tensión para arreglos en serie, así se puede seleccionar sin ningún problema arreglos en serie de 19 paneles.

$$N_{serie, min} = \frac{V_{inv, min}}{V_{mp}} = \frac{325}{42.4}$$

$$N_{serie, min} = 7.6 = 8$$

Debe tener como mínimo un arreglo en la entrada mpp, de 8 paneles en serie para funcionar, por lo que a una potencia menor instalada a 8 paneles es decir 3720 Wp, este no sería recomendado.

Paneles en paralelo: Se calcula de manera similar, teniendo la corriente máxima por cada mppt, que la de mppt 1 es de 33 A y la de mppt 2 es de 25 A, y tomando la corriente de cortocircuito I_{sc} del panel de 10,76 A, se hace el cálculo de cuantos se pueden instalar (M. Casa, 2017).

$$N_{paralelo, max} = \frac{I_{inv, max}}{I_{sc}} = \frac{50}{11.46}$$

$$N_{paralelo, max} = 4.6 = 4$$

Configuración elegida: Dado que para el proyecto actual se necesitan 40 paneles para buscar el ahorro requerido y conociendo las características de nuestros equipos y disposiciones máximas, se elige la siguiente configuración.

PV1: 2 x 17

PV2: 1 x 6

MÓDULO FV

Módulo FV favoritos

Worldwide Energy and Manufacturing USA Inc. (Amer

Modelo i ?

AS-6M144-HC-465

Número de módulos (1/2/3) (40) 18,60 kWp ?

40 0 ↻

Temperatura del módulo (mín. - máx. / °C) ?

-10 70

Rend.adicional módulo bifacial (%) ?

0

Posibilidades de diseño ?

INVERSOR

País

Colombia ▼

Serie

Symo Advanced ▼

Tipo i

Symo Advanced 15.0-3 / 440 ▼

Relación de potencia (mín. - máx. / %) ?

80 120

◀ La izquierda <
> La derecha ▶

40	18,60 kWp	RP=120%					
■	CA=35%	CCP=8%					
☰	PV1: 2 x 17	PV2: 1 x 6					

Figura 16. Fronius solar configurator

Fuente: (Fronius, 2021)

Para esta marca de inversores, Fronius, hay una página disponible en la cual se pueden verificar las posibles configuraciones de conexión para cada cantidad de paneles a instalar y con la cual corroboraremos si está la seleccionada. La página está en el link de la referencia (4.0, 2021).

En este paso, los arreglos en serie y en paralelo tendrán los paneles solares están conectados de acuerdo con las especificaciones.

5. Cotización

Seienergy



PROPUESTA ECONOMICA

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	VR/ TOTAL
1	Suministro e instalacion Inverter trifasico on grid FRONIUS SYMO ADVANCE 15.0-3 /220Va 15KW - 60Hz - 1MPPT - IP65	1	UND	\$ 80.335.296
2	Suministro e instalacion, Modulo fotovoltaico Monocristalino AMERISOLAR. Maximo rendimiento 144 celdas potyencia 465 Wp - "grade A" Garantía 15 años sobre los defectos del producto y 30 años en rendimiento (certificado RETIE)	40	UND	
3	Herrajes soportes Kw instalado sobre piso	18,6	KW	
4	FG21M21-R Cable Solar 4mm, Rojo/negro (1 metros) doble chaqueta	125	ML	
5	Pareja de conectores MC4 macho + hembra	4	PAR	
6	Ductos IMC 3/4"	25	ML	
7	Ductos IMC 1"	6	ML	
8	Ductos IMC 1/2"	6	ML	
9	Coraza 3/4"	3	ML	
10	Ducto EMT 3/4"	6	ML	
11	Canaleta ranurada 40X25mm	2	UND	
12	Cable UTP CAT 6A uso exterior	40	ML	
13	Cajas de paso IP67 10X10mm	3	UND	
14	Tablero con proteccion conexión DC	1	UND	
15	Tablero con proteccion y barrajes conexión AC	1	UND	
16	Gabinete para instalacion Smart meter	1	UND	
17	Acometidas AC calibre #8 CU	35	ML	
18	Cable encauchetado 4X8	10	ML	
19	Puesta a tierra	1	UND	
20	Acometidas P/Tierra AC calibre #6 CU	60	ML	
21	Certficacion RETIE instalacion fotovoltaica	1	GLB	
22	Proyecto y gestion OR CENS estudio de conexión	1	GLB	
23	medidor bidireccional	1	UND	
SUB TOTAL				\$ 80.335.296
IVA 19%				\$ 5.101.677
TOTAL				\$ 85.436.973

Son: OCHENTA Y CINCO MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y SEIS MIL NOVECIENTOS SETENTA Y TRES PESOS M/C (\$85.436.973,00)

Figura 17. Cotización por empresa SEIENERGY

Propuesta Técnica



Sistema Solar Fotovoltaico Interconectado de 18,6 kWp

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Panel Fotovoltaico Jinko 465 Wp	40
2	Inversor CPS 10 kW	1
3	Inversor CPS 5 kW	1
4	Estructura Aluminio Tipo Terraza/Barro	1
5	Cableado y accesorios	1
6	Sistema de Monitoreo	1
7	Medidor Bidireccional	1
8	Certificación RETIE	1
9	Estudio de Conexión	1
10	Pólizas	1
11	Ingeniería, Logística, Construcción y permisos	1
12	Ingeniería, Logística, Construcción y permisos	1

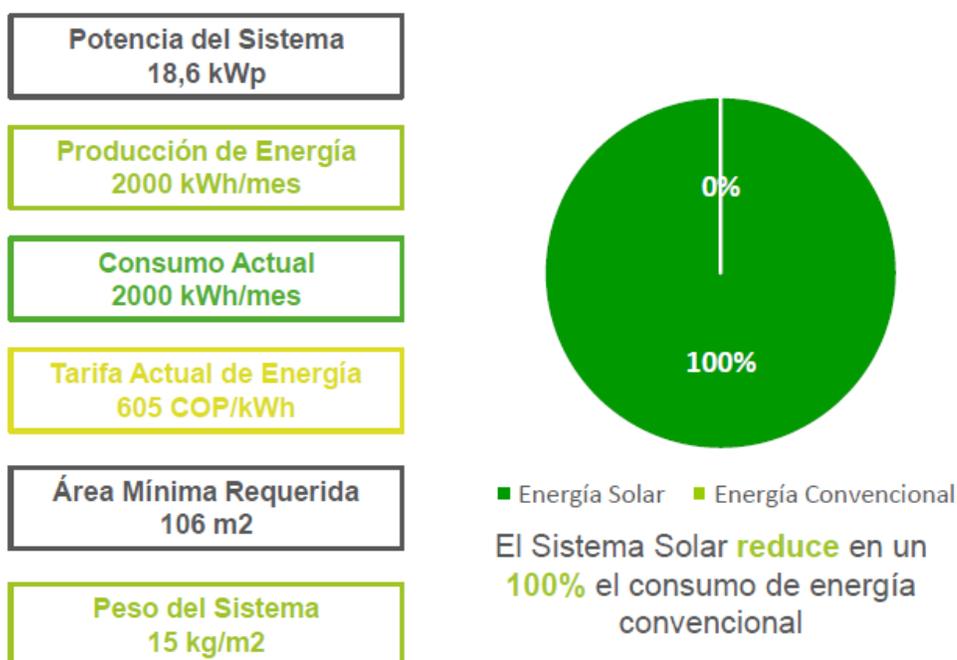


Figura 18. Cotización por empresa Erco energía S.A.S

Propuesta Económica



Ítem	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
1	Sistema Solar Fotovoltaico 18,6 kWp	90.990.618	1	90.990.618
Subtotal:				90.990.618
IVA:				8.208.751
Total				99.199.368

Figura 19. Cotización por empresa Erco energía S.A.S

Selecciona la cotización de la empresa SEIENERGY por sus equipos seleccionados, valores económicos y por sus métodos de pago, adicionando que se menciona anteriormente la importancia de contactar con una empresa del sector para mover la economía de la región ya que si el proyecto se lleva a cabo generarían empleo a personal profesional de la región.

7. Conclusiones

Se plantea un sistema fotovoltaico conectado a la red con el fin de suplir la necesidad de disminuir los costos energéticos del área de secado y a si disminuir los gastos de la empresa Ecobemen S.A.S.

Se plantea un sistema que cubra la energía consumida por los ventiladores, para eso se seleccionó paneles de la marca Amerisolar solar por su gran utilidad en Colombia e inversores de Fronius por sus recomendaciones y confiabilidad.

Al realizar la tabla de viabilidad financiera se demostró que el sistema es de buena viabilidad ya que dio una TIR del veintiséis por ciento y en el cuarto año la empresa recupera su inversión.

Se justifica la realización del proyecto en la empresa con un muy buen margen de ganancias, si se siguen las recomendaciones respectivas.

8. Recomendaciones

Una de las condiciones para que se cumpla con los datos obtenidos es que los ventiladores estén en funcionamiento entre las 9 de la mañana y las 4 de la tarde que es el horario donde la radiación del sol está en sus niveles más altos según la campana de gauss.

Hacer los respectivos mantenimientos para que el sistema no acorte su vida útil, se recomiendan cada 6 meses

Como la empresa es una ladrillera que trabaja con arcilla y se genera una buena cantidad de polvo se recomienda limpiar las superficies de los paneles al menos cada dos días.

Instalar arrancadores suaves y banco de condensadores para disminuir energía reactiva.

9. Referencias bibliograficas

- A. Castejón, G. S. (2010). Instalaciones solares fotovoltaicas. 1er. ed. España: Editex.
- Adler, F. B. (2013). Energía solar fotovoltaica. Instalaciones industriales, 6-9.
- AGUAE, F. (s.f.). FUNDACION AGUAE. Recuperado de: https://www.fundacionaguae.org/que-es-energia-solar/amp/?gclid=Cj0KCQjw0oCDBhCPARIsAII3C_FUlfXuCxdNVxSWJ11DZb3OgGKy1KCE_FGnzhOgRuOMEGT6jZ51rUYaAnZGEALw_wcB
- Allen bradley. (1 de octubre de 2014). Cuándo utilizar un arrancador suave o un variador de frecuencia variable de CA. Recuperado de: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/150-wp007_-es-p.pdf
- Amerisolar (2021) AS-6M144-HC 435W~465 W Monocrystalline module. Recuperado de: <https://cdn.ensolar.com/z/pp/gnd9m19p1q8/802604b2f6f236e2.pdf>
- CABELLO, A. (2006). Solución para el desarrollo sustentable. 2-14.
- CATALUNA, U. P. (2008). instalacion solar fotovoltaica conectada a la red. 9.
- Chintmex (2013) ChintPowerSystem. Recuperado de: <https://chintmex.com/wp-content/uploads/2018/07/ChintPowerSystem.pdf>
- Energía, M. d. (26 de Febrero de 2018). Ministerio de Minas y Energía Resolución 030 de 2018. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02>
- Fronius (2020) FRONIUS SYMO 15.0-3 208. Recuperado de: https://www.fronius.com/~downloads/Solar%20Energy/Datasheets/SE_DS_Fronius_Symo_15.0-3_208_ES_MX.pdf

Fronius (2021) Planificación de instalaciones fotovoltaicas dimensionamiento sencillo.

Recuperado de: <https://fronius.solarconfigurator.de/solar.configurator/quick>

García, C. C. (2013). Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia.

GARCÍA, M. A. (2019). Inversores inteligentes en sistemas de energía solar fotovoltaica. Universitarios potosinos, 26-31.

Gómez Ramírez J, J. D.-M.-R. (2017). LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS. 19.

Greenpeace. (2018). Greenpeace. Recuperado de: <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/10/DesmontandoElImpuestoAlSol.pdf>

Grupo temper(2020)Módulo solar mono-cristalino. CSP-HC- 450 / 465 W. Recuperado de: <http://grupotemper.com/catalogo/images/adjuntos2/FT-ES-CSP-HC-450-465W.pdf>

IDEA, G. (2004). WEB CURSOLAR. Recuperado de: http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/02_acumulador/01_basico/4_acum_01.htm

Ing. Freddy Alejandro Leal González, M. M. (2012). ESTUDIO DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER. Colombiana de Tecnologías de Avanzada.

ITER. (2008). INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA. 3-9.

Jinko Solar(2019) Tiger Mono-facial 450-470 Watt. Recuperado de: <https://jinkosolar.eu/files/jinko/download/2020/datasheet/TR%20JKM450-470M-7RL3-%28V%29-A1-EN.pdf>

Luisa F. Sanabria Perez, L. A. (2019). Analisis Comparativo del Rendimiento de los Modulos Fotovoltaicos Monocristalino y Policristalino bajo Condiciones Climaticas de Fusagasuga. REVISTA INGENIERIA, 13.

M. Casa, M. B. (2017). Instalaciones solares fotovoltaicas. España: 1er. ed. Alfaomega.

MANZINI, F. (2004). nuevas energias renovables: una alternativa energetica sustentable para mexico. 6.

Marta. (24 de 10 de 2011). suministro solar. Recuperado de: <http://www.suministrosolar.com/historiadelaenergiasolar>

Marta. (2011). Suministro solar . Recuperado de: <http://www.suministrosolar.com/historiadelaenergiasolar>

Nayak, P. K. (2019). Photovoltaic solar cell technologies: analysing the state of the art. Nature Reviews Materials, 263-28.

Solartex (2020) Smart String Inverter SUN2000-20KTL-M3 Recuperado de: <https://www.solartex.co/tienda/wp-content/uploads/2021/06/20KTL-M3.pdf>

UPME. (2012). INFORME DE GESTION.