



**Diseño de un sistema fotovoltaico on grid para un predio rural en el
municipio de Floridablanca**

Seminario

Rafael Julián Pardo Rueda.

CC: 13.870.854

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
CIENCIAS BASICAS
TECNOLOGIA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2021**



**Diseño de un sistema fotovoltaico on grid para un predio rural en el
municipio de Floridablanca
Seminario**

Rafael Julián Pardo Rueda.

CC: 13.870.854

**Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en electricidad industrial**

DIRECTOR

Sergio Andrés Morales Restrepo

Alfredo Rafael Acevedo Picón

Verena de Jesús Mercado Polo

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
CIENCIAS BASICAS
TECNOLOGIA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2021**

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Evaluador



Firma del Director

Bucaramanga, julio 14 de 2021

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi padre, Ing. Rafael Pardo Novoa, quien me inspiro, me oriento, me guio y me forjo como persona, como padre y como ingeniero. Por su comprensión, por su paciencia, por su amor incansable y por sus concejos, todo lo que hoy soy gracias a su esfuerzo y dedicación. Por enseñarme el valor de la disciplina, del orden, y por la pasión por la profesión

A mi hijo y mi esposa, por ser mi motivación, mi fuerza y mi orgullo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la universidad, docentes, compañeros e ingenieros, que han hecho parte de mi formación como profesional, quienes han aportado y compartido sus conocimientos y experiencias; con las cuales he podido realizar este trabajo de investigación y con los cuales podre desarrollar nuevos proyectos a futuro; en especial a los docentes del proyecto de grado, por sus orientaciones y lineamientos.

Agradezco a mi esposa y a mi hijo, quienes han sacrificado su tiempo y esperado con cariño en casa.

A mis padres por mostrarme el camino y a mi hermano, por acompañarme en él.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
2. MARCO REFERENCIAL	22
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	28
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	29
5. RESULTADOS	36
6. CONCLUSIONES	42
7. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXOS	47

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Celda Solar	22
<i>Figura 2.</i> Producción de energía mensual del sistema FV	33
<i>Figura 3.</i> Irradiación mensual sobre plano fijo	34

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la primera fase de equipos para diseñar el sistema FV.	36
Tabla 2. Descripción de la primera fase de equipos para diseñar el sistema FV.	37
Tabla 3. Descripción de la regulación DC.	37
Tabla 4. Descripción de la regulación AC.	39
Tabla 5. Descripción presupuesto sistema FV.	39
Tabla 6. Descripción tasa de retorno de la inversión del sistema FV.	41

RESUMEN EJECUTIVO

La empresa Cisoelec Ingenieros. S.A.S. llevo a cabo el estudio de viabilidad de un sistema fotovoltaico para una vivienda ubicada en el sector de Floridablanca, Santander, en la cual obtuvo valiosa información de proyectos similares a nivel mundial y nacional. Los cuales sirvieron de guía de apoyo para el estudio de este proyecto, basándose en fuentes reales y documentadas.

Se calculó la demanda energética teniendo en cuenta las diferentes cargas y tiempos de uso, esto se hizo para poder lograr la carga de la vivienda mas precisa, independientemente también se realizó el estudio de la carga de la casa, por medio del recibo y el histórico de luz, el cual se obtuvo por medio de la empresa prestadora del servicio de energía.

Posteriormente se realizaron los respectivos cálculos para la selección de los equipos y dispositivos que componen el sistema, entre los cuales se incluyen paneles, inversores, protecciones, conductores, entre otros. Adicionalmente se visualiza el área en el cual se va a realizar el montaje del sistema FV, y se calcula que la superficie disponible para la instalación del sistema FV, es suficiente para la demanda energética de la casa.

Después de realizar el dimensionamiento del sistema se estimaron los costos detallando cada elemento que se va a utilizar en el sitio, la mano de obra y la utilidad del proyecto, con el fin de determinar la viabilidad de la propuesta. Se debe tener en cuenta que, para este proyecto, se mantuvo como constante los valores del precio kWh en el tiempo, equipos, mano de obra, elementos de instalación, etc. Ya que para este tipo de proyectos, el tiempo es un factor que limita desarrollo de ese análisis como tal. Finalmente se concluyó que el proyecto es rentable y se hace un retorno de la inversión en un tiempo estimado de seis años.

PALABRAS CLAVE. Sistema Fotovoltaico, Contador bidireccional, Inversor, paneles solares, On Grid.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

INTRODUCCIÓN

CISOELEC Ingenieros S.A.S. es un equipo de ingenieros comprometidos con la calidad y eficacia de los equipos, con el fin de cumplir con las exigencias de cada uno de los clientes.

El equipo de trabajo está encabezado por personal altamente capacitado y con años de experiencia en el desarrollo de infraestructura para proyectos. Es por eso que un trabajo de apoyo y guía para este proyecto es una tesis de Arabia Saudita, donde se presenta una solución FV por medio de una herramienta llamada BEopt, la cual construye un modelo térmico de una casa en Qassim, Saudi Arabia, para simular el consumo horario de kilowatios hora, ya que su principal demanda son los aires acondicionados. La idea es reducir el costo de la energía eléctrica en un sitio donde el consumo es considerablemente alto. (Elgar & Cory , 2012)

En Bangladesh se resuelve un problema de suministro FV para un predio particular. En este país, pasa algo muy particular y es que el 65% de la población no tiene acceso a la electricidad y la mayoría de esta gente vive en pueblos lejanos. Para este caso, se optó en la instalación de un sistema FV para poder suplir gran parte de ese 65% de demanda. (Ahsan & Hossan, 2014)

El cliente al cual se le va hacer el estudio del sistema FV acude a nosotros como empresa, buscando una solución integral para poder mitigar el alto consumo de energía en su hogar.

Los diferentes procesos que se emplean para la generación de energía eléctrica, son cada vez más costosos, ya que los recursos naturales requeridos para estos

procesos son no renovables, es decir pueden agotarse si no se usan racionalmente. Con base a lo expuesto anteriormente, se han desarrollado e impulsado inversiones en la investigación y el desarrollo de sistemas que, a partir de recursos naturales renovables, con los que se pueda producir energía a costos razonables. Teniendo en cuenta que todos los ciudadanos tienen el derecho y el deber de cuidar el medio ambiente, junto con el estado, se buscan las herramientas que permitan desarrollar proyectos con tecnología de punta, en donde se pueda generar energía eléctrica de manera segura, practica y se pueda obtener un retorno de la inversión realizada.

Hoy en día las tecnologías avanzan y el mundo está en constante cambio, es por esto que se busca ser más ecológicos con el medio ambiente y al mismo tiempo poder innovar con tecnología de vanguardia. Este proyecto quiere motivar a la industria y familias colombianas en apostar por la energía renovable, ya que son un recurso prácticamente infinito y con grandes beneficios.

El proyecto expone la situación de un hogar colombiano, en donde el recibo de la luz es muy costoso y se plantea una solución a dicho problema, la cual se hace el estudio de un sistema FV con su debido presupuesto y el retorno de la inversión en los años. Los resultados obtenidos del análisis y los cálculos, son muy alentadores para el cliente, ya que, si se aprueba la inversión del sistema FV, este sería muy rentable.

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica y la disponibilidad de área para el sistema FV; este es un proyecto muy rentable. Por otro lado, estaría ayudando al medio ambiente y la casa estaría ganando una valorización, al ser pionera de esta tecnología, lo cual haría que los demás vecinos optaran por empezar a implementar ese mismo sistema FV, para cada una de sus casas.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

El método empleado para la solución del problema es teórico, ya que a pesar de que el proyecto es real, se tomaron medidas de consumo energético y se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este proyecto. No se realizaron pruebas de autogeneración de energía por medio del sistema fotovoltaico. Sin embargo, estos resultados descritos en este documento están basados en datos reales en cuanto a referencias de paneles, inversores y consumo de energía, los cuales serían muy aproximado a los datos obtenidos en caso de realizar pruebas prácticas de funcionamiento.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las energías renovables, son suministros de energía limpia, inagotable y con un alto crecimiento competitivo, se diferencia de los combustibles fósiles principalmente por la abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del mundo, la principal ventaja es que no generan gases de efecto invernadero.

Hoy en día las energías renovables van en un incremento masivo, ya que el costo de las tecnologías que estos sistemas implementan ha ido disminuyendo por la gran demanda y competitividad entre ellos, mientras que los costos de las tecnologías de energías fósiles es lo contrario, cada vez van en incremento.

Hoy en día el país con mayor uso de energía solar se lo lleva Alemania, seguido por España, Japón y Estados Unidos, la lista continua. Por otro lado, en Latinoamérica esta Chile como principal generador de energía FV, seguido por México, Brasil y Argentina

En Colombia el uso de la energía solar se ha vuelto cada vez más aceptada y asequible para la gente, la ubicación geográfica privilegiada para la irradiación energética hace de este un país óptimo para dicha tecnología. Los beneficios tributarios de la Ley 1715 del 2014 hacen que se cree un ambiente perfecto para el desarrollo de pequeños y grandes proyectos relacionados en la energía solar. A pesar de todo, hoy en día en Colombia, prefiere las grandes hidroeléctricas como fuentes generadoras de energía, a pesar del alto impacto ambiental que estas generan.

Hoy en día el nivel de consumo energético ha venido en aumento, y todo esto es debido al incremento de la población, y al desplazamiento de la gente en las zonas

rurales hacia las grandes ciudades, esto ocasiona una demanda considerable de energía. El hecho de tener que generar mas energía para las grandes ciudades, esto implica mas contaminación ambiental. La baja implementación de sistemas FV y el poco conocimiento al respecto, hace que la gente no obtenga este tipo de tecnología en sus hogares.

Ya que este cliente cuenta con una casa ubicada en Ruitoque bajo, el cual esta dotada con altos equipo de consumo energético tales como aires acondicionados en la mayoría de los espacios, piscina, turco, cine, etc. Esto causa que la factura mensual del servicio de energía eléctrica se incremente significativamente, ante lo cual se requiere el análisis e implementación de iniciativas que permitan reducir el consumo energético y el costo del servicio. En este contexto, el cliente de una vivienda del sector requiere el apoyo para la reducción de ese consumo de energía.

Se ha visto que en Colombia se utilizan los sistemas FV para energizar sistemas AC. En esta tesis se alimenta una carga similar a la del predio que se está evaluando. Se plantea un sistema FV para la demanda energética de los aires acondicionados, se pudo extraer gran información de este proyecto, ya que para el sistema FV propuesto, también lleva cargas de aire acondicionado. (Cortés Gómez & Torres Riveros, 2019)

En esta tesis se muestra un esquema de enseñanza de la tecnología FV que presenta algunos componentes que se pueden utilizar en este proyecto, ya que lo que se plantea es el conocimiento didáctico por media una herramienta interactiva (Matiz Mora & Macareno Carrillo , 2019)

En la Ciudad de Bucaramanga se realizó el estudio de la implantación de un sistema FV para abastecimiento de una obra en construcción, los datos en los que nos

podimos apoyas de esta tesis, nos fueron muy útiles, ya que en ella nos basamos en las tarifas de cobro del kWh y en datos de presupuesto. (Pirajon Gonzalez, 2015)

En nuestra compañía ponemos a su disposición un servicio integral de asesoría, diseño eléctrico, acústico y realización de obras civiles, ofreciéndole siempre productos de la mejor calidad.

La empresa Cisoelec Ingenieros. S.A.S., se le ha presentado la oportunidad de llevar a cabo el estudio de viabilidad de un sistema Foto Voltaico para una vivienda familiar ubicada en Floridablanca / Santander, en el sector de Ruitoque Bajo Km 2,5 vía la hormiga.

El cliente, propietario y dueño de la vivienda argumenta que el consumo de energía en su hogar es muy elevado y el costo promedio mensual del recibo de luz se encuentra entre \$1.200.000 y \$1.500.000 de pesos.

Debido al alto consumo de energía mensual, el propietario ha optado por racionar de algún modo el consumo de varios equipos eléctricos, más sin embargo se siente de cierta manera frustrado al no poder disponer con tranquilidad del uso de sus equipos eléctricos.

Por ende, la empresa Cisoelec Ingenieros S.A.S., le plantea una alternativa de solución al problema por medio de un sistema Fotovoltaico On Grid, en el cual se realizará el estudio del consumo energético de la vivienda, su retorno de la inversión en el tiempo y el costo beneficio de los equipos nuevos.

En efecto ya que la ubicación geográfica de la vivienda es favorable radialmente y debido al área de disponibilidad que tiene la vivienda en metros cuadrados en cubierta, se realizara el estudio para la instalación de un sistema Fotovoltaico On

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Grid para reducir el consumo de energía mensual y poder darle la tranquilidad y satisfacción al cliente de que cuenta con un hogar en cierto porcentaje auto sostenible económicamente y de vanguardia en el sitio.

El problema establecido anteriormente permite plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo diseñar un sistema fotovoltaico on grid económicamente viable para satisfacer la demanda energética de una vivienda de alto consumo y reducir el valor de la factura del servicio de energía eléctrica?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día la energía solar trae muchos beneficios consigo misma, ayuda al desarrollo sostenible del planeta, por cada 100 kW de potencia solar instalada, se prevé la emisión de 75.000 kg de CO₂ al año.

La principal ventaja de la energía solar, es que es la más económica, ya que reduce de forma significativa la factura del servicio de energía eléctrica. También es una energía silenciosa y amigable con el medio ambiente, no causa contaminación. Esta energía está disponible en todo el mundo, ya que donde haya sol, habrá energía solar en mayor o menor medida.

En Colombia las grandes empresas también le están apostando a las energías renovables y es el caso de Ecopetrol, quien anuncia la construcción de seis nuevos ecoparques solares para el 2021. Con la construcción de estos nuevos ecoparques, Ecopetrol tiene la posibilidad de producir petróleo, hacer el tratamiento de petróleo, gas y agua con energía solar, esto es una muestra del desarrollo a nivel industrial y además los beneficios que con lleva el genera nuevos empleos y el ser amigable con el medio ambiente.

La empresa debe innovar en productos y servicios para subsistir en el futuro. Ya que estamos en cambio constante, en el cual las tecnologías avanzan rápidamente y este artículo es un buen ejemplo de emprendimiento el cual ayuda a incentivar la innovación de nuevos servicios para la empresa. (Gallo Zapata, 2019)

Existen ejemplos en América latina donde se han aplicado políticas de innovación en empresas mediante el uso de la TIC, esto lleva a cuestionarnos que se debe estar en constante cambio para poder estar a la vanguardia, y esta tesis es un buen ejemplo que ayuda al cambio. (Quiroga-Parra, Hernández, Torrent-Sellens, & Ramírez, 2014)

A causa de las nuevas tecnología y energías renovables, la empresa Cisoelec Ingenieros. S.A.S., se ha visto en la obligación de ampliar su portafolio de servicios a sus clientes, ofreciéndoles un abanico de soluciones a nivel Fotovoltaica para satisfacer sus necesidades específicas.

Las tecnologías FV tienen un mercado potencial importante en Colombia, y especialmente en el caribe, esto es lo que nos comparte este artículo, el cual nos aporta la demanda y oferta que existe en nuestro país, y la oportunidad de mercado para el crecimiento empresarial. (Cantillo Guerrero & Daza Escorcía, 2012)

Debido al alto consumo de energía mensual representado en dinero, la compañía se ve en la obligación como empresa dedicada al desarrollo de aplicaciones en el sector eléctrico poder brindar una solución viable a sus clientes de manera óptima y eficaz.

Hay ejemplos de casos éxitos en la utilización de los sistemas de generación FV. Es el caso de esta tesis, donde se amplía información de cómo hacer la investigación adecuada, para el diseño de una granja FV, el cual sirvió de aporte a la empresa, para pensar en futuros horizontes de trabajo. (Ocampo Taborda , 2019)

Así mismo se creará el ecosistema que aporta al crecimiento de la compañía como tal en su reconocimiento de good will y al cliente en su satisfacción al momento de reducir sus gastos mensuales. Adicionalmente contará con un sistema Foto Voltaico

a largo plazo, el cual le traerá grandes beneficios ambientales, económicos y de índole de valorización del predio.

En esta tesis se evidencia como se enfoca en concientizar a las personas de una manera innovadora por medio del uso de paneles solares, ya que busca disminuir gran parte de los niveles de contaminación, así mismo es lo que se busca en este proyecto, dar a conocer diferentes alternativas del buen uso de las energías renovables. (Espinosa González, 2014)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación técnica y financiera de un sistema Fotovoltaico On Grid para la generación de energía eléctrica que permita satisfacer la demanda energética de la vivienda casa 6 del conjunto la constancia / Floridablanca.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la demanda energética de la vivienda a partir del análisis de las cargas y consumos para la selección de los diferentes equipos y dispositivos.
- Dimensionar los diferentes elementos que componen un sistema fotovoltaico On Grid teniendo en cuenta las cargas y demanda energética para determinar la viabilidad técnica.
- Realizar la evaluación financiera del sistema fotovoltaico propuesto con base en los costos de los equipos seleccionados y el ahorro energético para determinar su rentabilidad.

2. MARCO REFERENCIAL

Para entender el funcionamiento de las celdas fotovoltaicas, es interesante invocar a su creador el francés Alexander Edmond Becquerel, quien en el año 1839 realizó un experimento químico en el cual puso cloruro de plata en una solución ácida, le puso un par de electrodos de platino y la iluminó, esta reacción que se obtuvo al ser iluminada la platina generó corriente eléctrica.

Después de varios años, el señor Charles Fritts, es considerado como el inventor de la primera celda solar, basándose en el conocimiento entregado por el francés Alexander Edmond años atrás, Charles Fritts consigue la primera celda solar, con una eficiencia del 1%. Desde aquel entonces se han venido haciendo cambios en los diferentes tipos de materiales, para poder tener una mayor eficiencia.

Figura 1.

Celda Solar



Nota: (Iluminet Revista de Iluminación, 2016)

En esencia, una celda fotovoltaica es un dispositivo electrónico el cual transforma la luz del sol en energía eléctrica. Esta transformación se lleva a cabo en el momento en que se absorben los fotones de luz solar, para poder liberar electrones, los cuales generan corriente eléctrica. Los paneles solares se componen de varias celdas fotovoltaicas interconectadas entre sí.

El principio de funcionamiento de una celda fotovoltaica es el siguiente. La celda fotovoltaica está compuesta por dos tipos de materiales semiconductores, uno que contiene la carga positiva, y otro con carga negativa. Al exponerse a la radiación solar, se produce una reacción atómica, en la cual un fotón de luz solar colisiona con un electrón el cual a su vez deja un espacio que será ocupado por otro electrón que ha sido extraído por su propio átomo.

El papel de la celda fotovoltaica es hacer que los electrones libres vayan de un material semiconductor a otro, buscando un hueco el cual hay que llenar, este trabajo produce una diferencia de potencial por ende se produce también una corriente eléctrica. (Iluminet Revista de Iluminación, 2016)

Las celdas fotovoltaicas se interconectan entre sí para formar los paneles solares fotovoltaicos, mediante los cuales se genera energía eléctrica y además se requiere de otros equipos y dispositivos para el suministro de energía eléctrica en forma de corriente alterna de acuerdo a los parámetros de la red.

Uno de los equipos necesarios en los sistemas fotovoltaicos es el inversor, el cual, en pocas palabras, como su nombre lo indica transforma o invierte la corriente continua que es producida por el sistema fotovoltaico, en corriente alterna. Por lo general esta corriente es con la que funciona la mayoría de los equipos en los hogares.

Existe una variedad de inversores en el mercado, pero los inversores string y con optimizador de potencia son los más frecuentes en cuanto a uso doméstico en el mundo.

El funcionamiento del inversor string, hace que los paneles solares se conecten en serie entre sí, generando un conjunto de ramales entre ellos, cada ramal va conectado a un inversor solar que es el que realiza la función de convertir la corriente continua generada por los paneles, en corriente alterna, que es la que demanda la casa. (SotySolar, 2021)

La energía eléctrica en un hogar, normalmente se mide por medio de un aparato llamado contador eléctrico, el cual marca la cantidad de energía entregada a la vivienda, este contador sería de tipo unidireccional, que es el que la mayoría de los hogares tienen, solo marca la energía en un solo sentido.

Cuando se dice que el contador es bidireccional, es que funciona en los dos sentidos, por ejemplo, si la vivienda tiene un sistema FV, y está generando energía, la cual no está siendo absorbida por la casa o está generando energía extra, esta energía será exportada al operador de red, la cual pasaría por el contador bidireccional y se marcaría la energía inyectada a la red. Dicha energía sería vendida al operador de red. (Ingenieria y Construcciones S.A.S, 2020)

En cuanto al marco legal, en Colombia la constitución política de Colombia en el artículo 79, determina el derecho que tienen las personas a gozar de un ambiente sano y el deber que tiene el estado de proteger la diversidad y la integridad del medio ambiente. Es por esto que el estado Colombiano, tiene la responsabilidad de promover leyes y destinar rubros que cumplan con el aprovechamiento de los recursos naturales de manera sostenible; como lo exige la ley 99 de 1993, en donde se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, quien será el ente encargado de

la gestión y conservación del medio ambiente y recursos naturales renovables, creando el Sistema Nacional Ambiental (SINA), Que debe dirigir y coordinar, por medio de conjunto de orientaciones, normas, programas, actividades, recursos e instituciones que permiten la puesta en marcha de principios ambientales contenidos en la Constitución política de Colombia de 1991.

A partir de la creación del MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se crean una serie de decretos y resoluciones en donde se promueve la autogeneración de energía con el fin de preservar el medio ambiente. El estado promueve por medio de deducción de impuestos de renta, la exclusión del I.V.A., y otros aranceles para la adquisición de sistemas autogeneradores y los requisitos para su adquisición y control del sistema.

A continuación, se mencionan algunos de los decretos y resoluciones que cumplen con este concepto.

Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974. Se hace mención a que el ambiente es un patrimonio común. Es por esto, que tanto el estado como los particulares deben hacer parte activa de la preservación y restauración de los recursos naturales renovables.

Artículo 9-“Deben ser utilizados de forma eficiente para lograr su máximo aprovechamiento con arreglo al interés general de la comunidad”

Partiendo de esta intención, que es coordinada y vigilada por el gobierno nacional, con objeto de promover el desarrollo y la utilización de fuentes de energía no convencionales, principalmente las de carácter renovable, como medio necesario para la disminución de emisión de gases de efecto invernadero, que nos compete a todos como ciudadanos y quienes tenemos la obligación y necesidad de defender,

el ministerio de minas y energía de Colombia crea la Ley 1715 de 2014 -"Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético Nacional, para lo cual se estableció el marco legal y los instrumentos para la promoción, desarrollo y utilización de las fuentes no convencionales de energía (FNCE).

El literal e), artículo 2 de la Ley 1715 de 2014, establece *"estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la producción y utilización de energías a partir de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o contables"*.

El artículo 13 de la Ley 1715 de 2014, establece que *"las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozaran de exención de pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. La exención del pago de Derechos arancelarios a que se refiere el inciso anterior se aplicara a proyectos. Se solicitara a la DIAN."*

Adicionalmente, es importante tener en cuenta los trabajos similares que se han desarrollado en este campo. En 2018, Mesa y Flórez (2018) realizaron el estudio del uso desmedido de sus recursos naturales que tiene Colombia, es por eso que se lleva a cabo la iniciativa de incentivar el uso de sistemas FV para estratos 4, 5 y 6. Esta investigación permitirá ver la viabilidad del uso de las energías renovables y al mismo tiempo poder romper ese paradigma en el cual la gente cree que los paneles solares no tienen la suficiente eficiencia para la alimentación de un hogar. (Mesa Murillo & Flórez Isaza, 2018)

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Este proyecto está dirigido en la implementación de tecnologías que nos permitan crear hogares sostenibles, generando una mejor calidad de vida a la sociedad y teniendo un menor impacto ambiental. En este proyecto se busca general conciencia ambiental y crear oportunidad de negocio. (Ramírez Castañeda, 2018)

Adicionalmente, en esta tesis se explica cómo se puede independizar el suministro de la red eléctrica convencional, por un sistema FV, El proyecto pretende independizar un porcentaje de la carga eléctrica residencia. Adicionalmente, cuando no se genere la suficiente energía para abastecer la vivienda, la energía se proveerá de la red de operador local. (Quiceno Correa & Álvarez Herrera, 2017)

Tambien se puede encontrar en este documento el desarrollo de un algoritmo en el cual controla y supervisa un sistema FV conectado a la red. El cual nos indica si la red eléctrica presenta falla o no es muy estable. (Astudillo Calderón & Lema Galarza, 2017)

Es importante mencionar este artículo que quiere incentivar a la gente en la producción de energía FV, por medio del alto cobro de la tarifa. Para poder obtener los resultaos, se basan en una metodología que combina el análisis de equilibrio, con la presentación de un sistema FV. (Morales Sanchez, 2013)

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

A continuación, se presenta la metodología implementada para el desarrollo del proyecto y el cumplimiento de los objetivos:

Fase 1. Recolección y análisis de información. En esta fase se realizó la revisión bibliográfica relacionada con los sistemas de energía solar fotovoltaica y su implementación. Adicionalmente, se recolectaron datos de consumo energético y con el apoyo del software PVGIS, se obtuvo información valiosa para el análisis.

Fase 2: Determinación de la demanda energética: Se debe realizar una lista de las cargas instaladas, identificar la potencia de cada una y el intervalo horario durante el cual está conectada la carga. Con esta información recopilada, tabulada y organizada se define un total de consumo promedio diario, semanal y mensual. Esta información junto con el costo del kW permite describir el consumo mensual y su costo. Con la información recopilada de los paneles comercialmente disponibles se debe aplicar un conjunto de ecuaciones que permiten determinar el número de paneles. De acuerdo con el nivel de potencia que va a manejar el sistema de generación FV, se debe seleccionar el inversor correspondiente. Partiendo de las características de ISC y VCO de los paneles y teniendo en cuenta la tensión y corriente máximas del inversor se propone un esquema de conexión de los paneles. Se define la cantidad de paneles que conforman el string y la cantidad de strings que se deben conectar en paralelo.

Fase 3. Análisis financiero: Se construye o define el presupuesto de la implementación del sistema FV y se evalúa, mediante las herramientas financieras adecuadas, el ahorro de dinero en un periodo de tiempo. Con la información recopilada se generan los documentos necesarios para la generación de los pliegos del sistema.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Para identificar el consumo actual del inmueble en mención, se solicitó al propietario un recibo de energía, en el cual se evidencia el histórico de consumo (kWh), desde el mes de diciembre de 2020, a la fecha. En base a estos consumos, se realizó un cuadro de cargas para identificar el consumo diario de cada equipo durante el día. Con la información que brindó el cliente se pudo determinar la cantidad de horas al día promedio, en la cual se utiliza cada carga del inmueble.

Según el análisis del cuadro de cargas realizado se pudo observar que el consumo de la lavadora y secador es altamente significativo al aporte de energía del recibo de luz, se considera que, si al realizar la instalación del sistema FV se podría suplir esta demanda de energía, ya que, si se organiza el horario de la lavadora y la secadora para que se haga este trabajo en horas pico de sol del día, la generación de energía producida por el sistema FV, abastecería dicha demanda.

Por otro lado, el consumo de energía de tomas en las alcobas es para considerar y poder suplir esta demanda con el sistema FV, ya que la mitad de este consumo se registra en horas días de sol.

Los equipos de mantenimiento de piscina y jacuzzi son otra carga a tener en cuenta en nuestro sistema FV, ya que el consumo de estos equipos se podría abastecer por medio de los paneles solares. Por lo general, estos equipos trabajan durante las horas en las que hay sol.

Debido al área disponible que se tiene para poder instalar el sistema FV y que el sistema FV va hacer on grid, se pretende generar la suficiente energía para suplir la demanda diaria en horas de sol y tener la capacidad de generar más energía para

que esta sea inyectada y vendida al operador de red, para que en su momento sea devuelta con un precio de kWh menor a la tarifa establecida.

La vivienda presenta un consumo diario muy promedio a lo habitual de las familias Colombia, en donde de las 00:00 am a las 7:00 am su demanda es de 33,211 kWh, mientras que en las horas de 8:00 am a 16:00 pm su consumo diario sería 29,578 kWh, esto indica dos cosas muy importantes, que es el momento del día en el cual la vivienda no presenta mucha actividad de consumo eléctrico, esto debido a que sus habitantes se encuentran en sus respectivas actividades diarias como trabajando o en el colegio. Pero también esta franja horaria es de suma importancia, ya que es el momento del día en el cual el cliente va a tener la oportunidad de auto consumir su propia energía y además de esto, generar la mayor cantidad de energía posible y hacer la exportación de esa energía al operador de red (OR).

Por último en el horario de las 17:00 pm hasta las 23:00 pm, la vivienda presenta un consumo de 63,22kWh, el cual nos indica que dicha demanda coincide con las horas pico.

Para llevar a cabo el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se ingresaron unos datos al programa PVGIS, el cual nos dio la información necesaria para realizar los cálculos de nuestro sistema FV.

Para obtener el número de paneles solares del sistema FV, se busca la energía que se va a suplir, y este valor de energía (kWh/día) se obtuvo al dividir el consumo actual del recibo de luz que fue 2380 kWh / en 30 días, el cual nos da un consumo aproximado diario. El resultado de ese valor, lo dividimos por la potencia pico de nuestros paneles, al mismo tiempo multiplicado por las horas solar pico, por la performance de trabajo y por la eficiencia de nuestros paneles.

Al realizar este cálculo, obtenemos la cantidad de paneles que se van a necesitar para nuestro sistema FV, se recomienda siempre aproximar los decimales hacia arriba para obtener el siguiente número entero de paneles solares. Es muy importante tener la ficha técnica de los equipos que se van a instalar, ya que en ella se encuentra la mayoría de los datos necesarios para poder dimensionar nuestro sistema FV.

Segundo, para seleccionar adecuadamente la potencia del inversor (kW), es necesario conocer la potencia pico de los paneles, este dato es suministrado por el proveedor en la ficha técnica de los paneles, en nuestro caso la potencia pico es de 455 Wp, dicho valor se multiplica por el número de paneles que se obtuvieron anteriormente. Si el valor es un número entero con decimales, se aproximará al siguiente número entero. Es recomendable manifestarle al cliente un inversor de mayor capacidad para mantener la posibilidad de ampliación. Ya que, si no se dimensiona o sobredimensiona el inversor, su sistema FV no va a poder entregar la potencia que se ha calculado.

La tensión (V) de nuestros paneles, es igual a la tensión MPPT (máxima potencia de tensión) multiplicado por el número de paneles en serie.

La corriente del inversor se calcula con la demanda de nuestro inversor, en este caso es 18 kVA, multiplicado por raíz de 3, ya que es un sistema trifásico tetrafilar y por 208 que sería la tensión. Ya con este resultado, sabemos también la protección que vamos a utilizar (A).

- 1) Se realiza la conexión en el string 1 del inversor con 13 paneles en serie,

Tensión de paneles (V) = Tensión MPPT * # de paneles.

Esta tensión de paneles fue de 540,28 V, con una corriente de corto circuito I_{sc} de 11,6 A y una tensión de circuito abierto Voc de 49,46 V.

2) Se realiza la conexión en el string 2 del inversor con 13 paneles en serie, Esta tensión de paneles fue de 540,28 V, con una corriente de corto circuito I_{sc} de 11,6 A y una tensión de circuito abierto Voc de 49,46 V.

3) Se realiza la conexión en el string 3 del inversor con 12 paneles en serie,

Esta tensión de paneles fue de 498,72 V, con una corriente de corto circuito I_{sc} de 11,6 A y una tensión de circuito abierto Voc de 49,46 V.

Se determina la corriente del inversor

$$I = P/V \cdot \sqrt{3}$$

$$I = 18000/208 \cdot \sqrt{3} = 49,963$$

Ya con la corriente que se obtuvo se determina la protección de sobrecarga con una protección de 3 x (50) A. Y se determina el calibre de cable Cu-THHN #6

Según el análisis realizado por PVGIS, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 2. Producción de energía mensual del sistema FV



Fuente: Elaboración PVGIS

Figura 3. Irradiación mensual sobre plano fijo



Fuente: Elaboración PVGIS

Estos datos nos ayudan y dan una idea de cómo estamos posicionados geográficamente en cuanto a la irradiación solar en el tiempo.

El área disponible para la instalación del sistema FV es de: 530 m²; ya que cada panel a instalar tiene un área aproximada de = 2.3m² y se van a instalar 38 paneles, lo cual ocuparía un área total de 88 m², lo suficiente para nuestro sistema FV.

El análisis financiero del proyecto, da como resultado un proyecto viable para el cliente. Ya que al instalar el sistema FV propuesto, en el que se realizaría una inversión total de \$88.697.986 de pesos, en donde el usuario encontrara una solución integral.

Ya que este valor corresponde a la puesta en marcha total del sistema.

Se realiza un análisis de costos del sistema propuesto. La una inversión inicial es de \$88.697.986 de pesos, en los cuales el cliente tiene un consumo de energía actual mensual de \$1.437.778 de pesos, sabiendo que el precio del kWh está a \$604,1 pesos y se tiene un sistema FV el cual va a producir mensualmente 2.041,63 kWh. Según la producción, se obtiene un ahorro de \$1.233.349,89 pesos reduciendo el recibo de energía mensual a un valor total a pagar de \$204.428,11 pesos.

Se asume que el precio del kWh va hacer constantes en el tiempo, ya que existen diversos factores los cuales pueden variar año tras año. Según estos datos, el retorno de la inversión se cumpliría en un tiempo estimado de 72 meses (6 años).

Sabiendo que un sistema FV tiene aproximadamente una vida útil de 20 años, en la cual el cliente va a poder recoger sus frutos de la inversión durante 13 años.

5. RESULTADOS

El proyecto muestra como resultado una demanda a suplir de 79,333/día el cual se obtuvo determinando la energía consumida en el mes, dividida en 30 que son los días del mes. Según este valor y sabiendo la potencia de cada uno de los paneles, se obtiene la cantidad de paneles que se van a necesitar. Adicional a esto se calcula la potencia del inversor con el número de paneles a instalar y la potencia pico de cada panel, dando un resultado para el inversor de 17,29 kW, aproximándolo siempre al siguiente número entero, en este caso sería 18 kW. (ver tabla 1)

Tabla 1

Descripción de la primera fase de equipos para diseñar el sistema FV.

Hora Solar Pico	4,726
Performance de trabajo	100%
Eficiencia	100%
Energía a suplir [kWh/día]	79,33333333
Número de paneles	38
Factor de coincidencia de carga	100%
Factor de sobrecarga	125%
Potencia Inversor [kW]	17,29
Número de inversores	1

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseños FV.

Tabla 2..

Descripción de la primera fase de equipos para diseñar el sistema FV.

Datos panel	
Potencia pico [Wp]	455
Tensión de circuito abierto Voc	49,46
Corriente de corto circuito Isc	11,6
Tensión MPPT	41,56
Corriente MPPT	10,95
Datos inversor	
Potencia inversor [kW]	18

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseños FV.

Para la instalación de los paneles, se realiza dos conexiones en serie de 13 paneles y una conexión en serie de 12 paneles. (ver tabla 3)

Tabla 3.

Descripción de la regulacion DC.

	Tramo	Longitud [m]	Corriente de corto circuito [A]
SERIE 1 STRING 1 - INVERSOR	S1-TGI	10	11,6
	TGI-INVERSOR	5	11,6
SERIE 2 STRING 2 - INVERSOR	S2-TGI	15	11,6
	TGI-INVERSOR	5	11,6
SERIE 3 STRING 3 - INVERSOR	S1-TGI	20	11,6
	TGI-INVERSOR	5	11,6

Numero de paneles en serie	Tensión de paneles [V]	Constante de material conductor [Cu]
13	540,28	56
12	498,72	56

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

12	498,72	56
-----------	--------	----

Calibre conductor [mm²]	Regulación calculada	Regulación acumulada
6	0,1278%	0,1278%
6	0,0639%	0,1917%
6	0,1917%	0,1917%
6	0,0639%	0,2556%
6	0,2769%	0,2769%
6	0,0692%	0,3461%

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseños FV.

Tabla 4.

Descripción de la regulacion AC.

TRAMO	Descripción	Long [m]	Demanda [kVA]	Fases
INVERSOR 1-TG	Inversor hasta Tablero general	5	18	3

Corriente [A]	Protección sobrecarga [A]	Conductor		
		Material	Calibre	Cantidad
49,96300406	3x(50)A	Cu-THHN	6	1

Regulación				
M [kVA-m]	f.p	KG	Parcial	Acumulada
90	0,9	144,602	0,300808524	0,300808524

Perdidas de potencia		
R [Ω /km]	Pp [kW]	Pp [%]
2,66	0,099602441	0,614829882

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseños FV.

En el análisis de costos del proyecto se tubo en cuenta el detalle de cada uno de los elementos a instalar y el precio de esos elementos al día de hoy (24/07/2021). Obteniendo una inversión total de \$88.697.986 millones de pesos. (ver tabla 5)

Tabla 5.

Descripción presupuesto sistema FV.

ITEM	DESCRIPCION	UND	VALOR	CANT	SUBTOTAL
		CONS	UNITARIO		

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

1	PANELES SOLARES				
1,01	Panel solar 455 Wp	UN	650.000,00	38	28.405.000,00
1,02	Terminales MC4 macho 1000 V 30 A	UN	3.000,00	76	262.200,00
1,03	Terminales MC4 hembra 1000 V 30 A	UN	3.000,00	76	262.200,00
1,04	Estructura en aluminio para paneles	GL	3.000.000,00	1	3.450.000,00
1-st	Subtotal				32.379.400,00
2	INVERSOR				
2,01	Inversor CPS 18 kW	UN	15.000.000,00	1	17.250.000,00
2-st	Subtotal				17.250.000,00
3	TABLERO DE PROTECCIONES				
3,01	Disyuntor bipolar 10 A DC Siemens	UN	42.000,00	6	289.800,00
3,02	Portafusibles 10 A DC midnite solar	UN	25.000,00	6	172.500,00
3,03	Fusibles 10 A DC solar PV	UN	15.000,00	6	103.500,00
3,04	Riel omega x 1 mt	UN	8.500,00	3	29.325,00
3,05	Canaleta ranurada 3 mt 60*60	UN	50.000,00	2	115.000,00
3,06	Platina de cobre 3 mt 3*15	UN	75.000,00	2	172.500,00
3,07	Aisladores para barraje 40 mm	UN	3.000,00	8	27.600,00
3,08	Aisladores para barraje 51 mm	UN	4.200,00	8	38.640,00
3,09	Aisladores para barraje 76 mm	UN	7.100,00	8	65.320,00
3,1	Cofre para tablero eléctrico	UN	800.070	1	920.080,50
3,11	Terminales de ojo 10-12 AWG	UN	1.500,00	4	6.900,00
3,12	Protección termomagnética 3x50 A AC Siemens	UN	240.000,00	1	276.000,00
3,13	DPS bipolar Laumayer	UN	150.000,00	1	172.500,00
3-st	Subtotal				2.389.665,50
4	CABLEADO				
4,01	Cable XLPE 6 mm procables	ml	6.750,00	120	931.500,00
4,02	Cable Cu-THHN #12 AWG centelsa	ml	1.400,00	15	24.150,00
4,03	Cable #8 desnudo Cu centelsa	ml	2.850,00	50	163.875,00
4,04	Contador bidireccional	UN	1.011.500,00	1	1.163.225,00
4-st	Subtotal				1.119.525,00
5	MANO DE OBRA				
5,01	Mano de obra x 2 personas	día	100.000,00	15	1.500.000,00
5,02	Herramienta menor uso diario	gl	200.000,00	1	200.000,00
5,03	Canastilla tipo Mcclister	dia	150.000,00	15	2.250.000,00
5,04	Certificación RETIE	gl	5.000.000,00	1	5.000.000,00
5-st	Subtotal				8.950.000,00

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

TOTAL COSTO DIRECTO	62.088.590,50
A.I.U (30%)	26.609.395,93
VALOR TOTAL	88.697.986,43

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseños FV.

Según los calculos obtenidos el retorno de la inversion del proyecto, esta destinada en un lapso de tiempo de 72 meses, teneiendo en cuneta que los valores del precio del kWh seran constantes en el tiempo. (ver tabla 6)

Tabla 6.

Descripción tasa de retorno de la inversión del sistema FV.

Inversión	88.697.986,43
Pago de energía actual	1.437.778,00
Precio de kWh	604,1
Producción mensual proyectada en kWh	2.041,63
Ahorro proyectado	1.233.349,89
Nuevo valor proyectado del recibo de energía	204.428,11
Tiempo de retorno en meses	72

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseños FV.

6. CONCLUSIONES

El diseño del sistema FV, para el predio en Floridablanca demostró una serie de variantes muy interesantes, respecto al problema que se planteó. Se diseñó un sistema FV el cual según los análisis, dio resultados positivos para el cliente.

Se demostró que la cantidad de energía consumida por el cliente era lo suficientemente significativa para poder pensar en realizar una inversión de un sistema FV, ya que los consumos eran muy elevados, todo esto gracias a la información suministrada por el cliente y el histórico de recibos de energía de luz. Es importante determinar que a la hora de escoger los equipos adecuados para su sistema FV tiene que pensar en garantías del proveedor, tiempos de entrega, respaldo y mantenimiento, ya que de aquí depende la vida útil de sus equipos.

Teniendo en cuenta que la inversión no va a ser tan elevada, sabiendo que tendrá su dinero invertido, en infraestructura del sistema FV, para aproximadamente veinte años. Los análisis respecto a los espacios requeridos para la instalación del sistema FV, fueron aceptados dentro del área que se tenía disponible, el presupuesto brindo un informe más concreto y real, al esperado por el diseñador.

En la proyección del retorno de la inversión se determino que los precios se mantuvieron en el tiempo para poder realizar los cálculos, ya que el precio del kW de energía es un precio q esta en la bolsa de valores, y este varia en el tiempo. También se concluyo que el sistema va hacer rentable para el cliente, desde el inicio, ya que el ahorro mensual es muy significativo y después de haberse pagado la inversión inicial, el sistema generara ganancias significativas en dinero para el cliente.

Se determinó que un sistema FV, puede ser rentable si se dispone del área para el montaje del sistema y al mismo tiempo puede llegar a ser, innovador y ecológico.

7. RECOMENDACIONES

Se sugiere que para futuros trabajos relacionados con sistemas FV, hay que tener en cuenta la ubicación geográfica en la cual se va hacer la instalación FV, también determinar si dicha posición cuenta con las estaciones climáticas o no, ya que este factor puede afectar el rendimiento del sistema FV en determinadas estaciones.

Otro factor a tener siempre en cuenta es el consumo de energía actual que demanda la vivienda, este consumo se puede conseguir por medio del recibo de energía de luz, ya que a partir de esa factura nos revela información importante del comportamiento mensual del consumo de energía y su tarifa.

A la hora de tener en cuenta los paneles solares, se recomienda hacer un análisis de precios en el mercado con cada una de sus características técnicas, para poder así determinar el más viable

Respecto al inversor, se recomienda sobredimensionar su capacidad, ya que si se quisiera ampliar el sistema FV, este inversor no se desempeñaría muy bien.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahsan, I., & Hossan, A. (Enero de 2014). Solar Power as Renewable Energy for Home Systems in Bangladesh. *researchgate*, 1-78. Recuperado el 2021, de https://www.researchgate.net/publication/271647041_Solar_Power_as_Renewable_Energy_for_Home_Systems_in_Bangladesh
- Astudillo Calderón, W. V., & Lema Galarza, O. M. (Julio de 2017). *Universidad Politécnica Salesiana*. Recuperado el 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14331>
- Cantillo Guerrero, E., & Daza Escorcía, J. (Agosto de 2012). EL SECTOR SOLAR FOTOVOLTAICO EN EL CARIBE COLOMBIANO: ANÁLISIS TÉCNICO Y DE MERCADO. *Scientia et Technica*(51), 1-6. Recuperado el 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4272049.pdf>
- Cortés Gómez, O. D., & Torres Riveros, Y. E. (Febrero de 2019). *UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. Recuperado el 2021, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14548/TorresRiverosYuliEsmeralda2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Elgar, E., & Cory, D. C. (2012). <http://ndl.ethernet.edu.et/>. Recuperado el 2021, de <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/13005/1/108.pdf>
- Espinosa González, L. Y. (2014). *UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA*. Recuperado el 2021, de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/6830>
- Gallo Zapata, E. A. (Julio de 2019). *Universidad de Piura*. Recuperado el 2021, de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4242>
- Iluminet Revista de Iluminación. (25 de Octubre de 2016). *Iluminet*. Recuperado el 2021, de <https://www.iluminet.com/funcionamiento-paneles-fotovoltaicos-energia-solar/>

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

- Ingeniería y Construcciones S.A.S. (26 de Septiembre de 2020). *hgingenieria*. Recuperado el 2021, de <https://www.hgingenieria.com.co/que-son-los-medidores-bidireccionales-y-en-que-me-benefician/>
- Matiz Mora , D. F., & Macareno Carrillo , J. W. (2019). *UNIVERSIDAD DE SANTANDER – CAMPUS CÚCUTA*. Recuperado el 2021, de <https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/4328/1/DISE%C3%91O%20%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20UNA%20ESTACI%C3%93N%20DID%C3%81CTICA%20PARA%20EL%20ENTRENAMIENTO%20EN%20EL%20MANEJO%20DE%20ENERG%C3%8DA%20S.pdf>
- Mesa Murillo, J., & Flórez Isaza, O. D. (2018). *Universidad Eafit*. Recuperado el 2021, de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12623/Juliana_Mesa_Murillo_OmarDavid_FlorezIsaza_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Morales Sanchez, C. F. (2013). Cálculo de una tarifa de alimentación para instalaciones fotovoltaicas residenciales en Colombia. *Revista Udem*, 16(34), 2-28. Recuperado el 2021, de <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/1963>
- Ocampo Taborda , L. M. (2019). *Universidad Autonoma del Occidente*. Recuperado el 2021, de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11284/T08672.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Pirajon Gonzalez, F. E. (2015). *Universidad Pontificia Bolivariana*. Recuperado el 2021, de http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_29385.pdf
- Quiceno Correa, J. A., & Álvarez Herrera, A. F. (2017). *NSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO*. Recuperado el 2021, de <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/1584>
- Quiroga-Parra, D., Hernández, B., Torrent-Sellens, J., & Ramírez, J. F. (Diciembre de 2014). La innovación de productos en las empresas Caso empresa

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

América Latina. *Cuadernos del CENDES*, 31(87), 63-85. Recuperado el 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/403/40338661004.pdf>

Ramírez Castañeda, V. D. (2018). *Universidad Cooperativa de Colombia*. Recuperado el 2021, de <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/11257>

SotySolar. (2 de Abril de 2021). *sotysolar*. Recuperado el 2021, de <https://sotysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos>

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

ANEXOS

www.jinkosolar.com



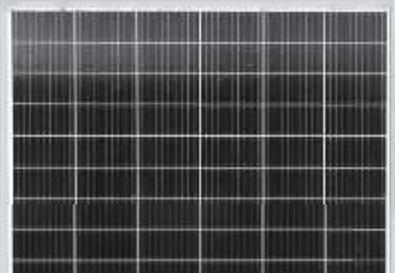
Tiger LM

435-455 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell



KEY FEATURES



- 

9 Busbar Solar Cell
9 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- 

High Efficiency
Higher module conversion efficiency (up to 20.89%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).
- 

PID Resistance
Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.
- 

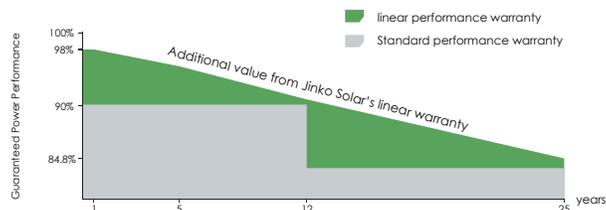
Low-light Performance
Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.
- 

Severe Weather Resilience
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- 

Durability Against Extreme Environmental Conditions
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 25 years

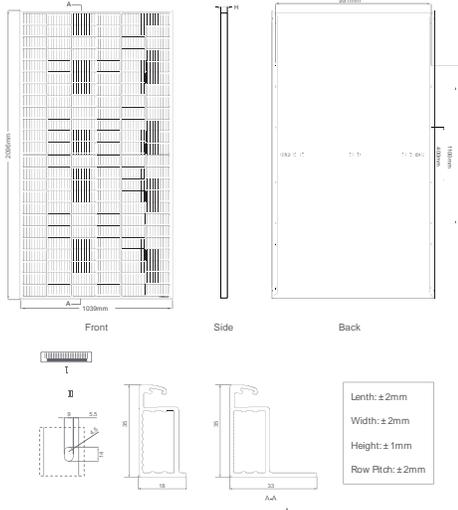


- ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory
- IEC61215(2016), IEC61730(2016) certified product

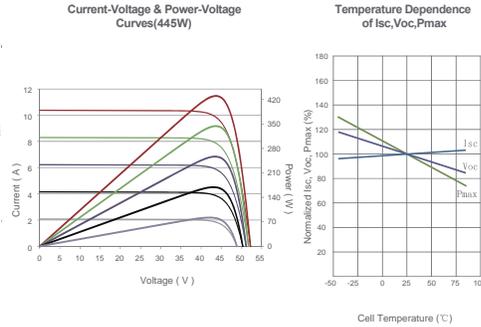
Nomenclature:
JKMxxxM-60/72HLM-(V)

Code	Cell	Code	Certification
null	Full	null	1000V
H	Half	V	1500V

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 166×166mm
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2096×1039×35mm (82.52×40.91×1.38 inch)
Weight	25.1 kg (55.34 lbs)
Front Glass	3.2mm Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack) *For Standard Packing
 31pcs/pallet, 62pcs/stack, 682pcs/40' HQ Container *(Standard Packing)

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM435M-72HLM		JKM440M-72HLM		JKM445M-72HLM		JKM450M-72HLM		JKM455M-72HLM	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	435Wp	324Wp	440Wp	327Wp	445Wp	331Wp	450Wp	335Wp	455Wp	339Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.77V	37.76V	40.97V	37.89V	41.17V	38.10V	41.37V	38.31V	41.56V	38.47V
Maximum Power Current (Imp)	10.67A	8.57A	10.74A	8.64A	10.81A	8.69A	10.88A	8.74A	10.95A	8.80A
Open-circuit Voltage (Voc)	48.67V	45.84V	48.87V	46.03V	49.07V	46.22V	49.27V	46.41V	49.46V	46.59V
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.39A	9.20A	11.46A	9.26A	11.53A	9.31A	11.60A	9.37A
Module Efficiency STC (%)	19.97%		20.20%		20.43%		20.66%		20.89%	
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	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM = 1.5
 NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM = 1.5 Wind Speed 1m/s
 • Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM435-455M-72HLM-(V)-D2.1-EN



CPS SCA-T Series Grid-tied PV Inverter CPS SCA16-18KTL-T/SA

Installation and Operation Manual

Version: 1.0

Date: 26/09/2019



Shanghai Chint Power Systems CO.,LTD

ESSA Grupo epm

Nit: 890.201.230-1
Carrera 19 No. 24-56
 Bucaramanga, Santander Colombia
 Commutador 57 (7) 633 9767

Número de cuenta:
1424940

Con este número puedes hacer trámites y pagos

www.essa.com.co

ESSA Grupo EPM
 @ESSAGrupoEPM
 essa epm
 essagrupoepm

Datos del Medidor

Número: 14002825

%consumo kWh/mes AC: 0

Marca: MER

Factor: 1

Cifras: 6-0

Tipo: A5

Componentes de Costo (CU)

Generación (G): 224.56 \$/kWh
 Transmisión (T): 36.31 \$/kWh
 Distribución (D): 223.25 \$/kWh
 Restricciones (R): 21.19 \$/kWh
 Pérdidas (PR): 50.65 \$/kWh
 Comercialización (C): 59.28 \$/kWh

G+T+D+Cv+PR+R=CUv (\$/kWh): 615.26
CU Opción Tarifaria \$/kWh: 604.10

Liquidación Bienes, Servicios, Conexos y Otros

Concepto	Valor Mes	Saldo
Consumo Activa	\$ 1,437,778	0
Total servicio		\$ 1,437,778

Datos Técnicos y Calidad del Servicio

Grupo de calidad: 31	Transformador: 0118125
Duración h/trimestre: 0	Código del CU: 22 Prop EMPRESA Nivel 1-2
Valor Compensado: \$0	Carga adicional: 0
Ciclo: 116 FENIS RURAL FLORIDABLANCA	Cuentas Áreas Comunes:
Ruta: 116 01-28-013-5901	Consumo mensual promedio:
Clase de usuario: 1 Residencial	Consumo: 2380
Estrato/Nivel: 4/1	DIUG j.n.q: 87.36
Tarifa: 1 Genérica	FIUG j.n.q: 43
Subestación: 42 FLORIDA	DIUute=DIUun.q.m: 371
Circuito: 42501 CTO 1 FLORIDA	FIUute=FIUun.q.m: 4

Histórico de consumo (kWh)

DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	MES	PROM
1728	2082	1899	1945	1920	1844	2380	1903

31 Días de consumo 81678 Lectura Actual 79298 Lectura Anterior
 2380 Diferencia 2380 Consumo 1 Factor multiplicación

- Consumo cobrado por Lectura Tomada
 - La persona en condición de limitación visual podrá solicitar factura ampliada en ESSA

La presente factura presta mérito ejecutivo de conformidad al Art.130 ley 142/94

Aseo \$9,511	ESSA en casa \$0	ESSA \$1,437,778	= \$1,447,289
Este es el valor que pagas sin impuesto de alumbrado público			
Alumbrado público \$258,800	Aseo \$9,511	ESSA en casa \$0	ESSA \$1,437,778
Este es el valor que pagas por: servicio de energía, impuesto de alumbrado público, otros conceptos.			

Mayor información Línea gratuita 018000 971 903

115

Reporta daños y emergencias en nuestro portal web, nuestra app o en la



PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

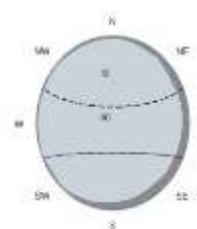
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 7.045, -73.104
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-NSRDB
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 24 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 7 (opt) °
 Ángulo de azimut: -56 (opt) °
 Producción anual FV: 33064.13 kWh
 Irradiación anual: 1836.9 kWh/m²
 Variación interanual: 1007.05 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -3.14 %
 Efectos espectrales: NaN %
 Temperatura y baja irradiación: -9.96 %
 Pérdidas totales: -25 %

Perfil del horizonte:

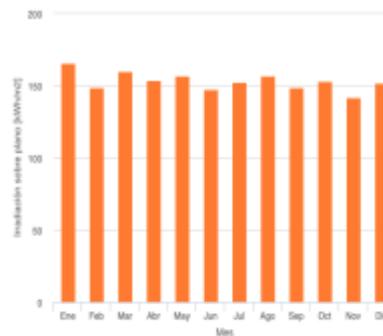


■ Abcisa del horizonte
 --- Elevación solar, Junio
 --- Elevación solar, Diciembre

Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	2978.8	165.5	192.6
Febrero	2678.7	148.8	156.3
Marzo	2881.1	160.2	181.0
Abril	2762.9	153.7	126.5
Mayo	2821.2	156.6	163.6
Junio	2656.5	147.4	74.9
Julio	2753.4	152.7	115.7
Agosto	2818.7	156.8	135.4
Septiembre	2660.9	148.4	352.9
Octubre	2748.9	152.9	163.7
Noviembre	2560.5	141.8	168.9
Diciembre	2742.6	152.0	227.9

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].
 H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
 SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general.
 Nuestro propósito es mantener la información precisa y a día.
 Trataremos de corregir los errores que se nos señalen.
 No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.
 Dicha información:
 (i) es de carácter general y no aborda circunstancias específicas de personas u organismos concretos,
 (ii) no es necesariamente exhaustiva, completa, exacta o actualizada,
 (iii) contiene en algunas ocasiones enlaces a páginas externas sobre las que los servicios de la Comisión no tienen control

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2021.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Datos mensuales de irradiación 2021/06/26

