PROPUESTA DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL “EL TÍBAR”.

STEFANIA ROA CARDONA

ALEJANDRO CASTELLANOS CAMPOS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

BOGOTÁ, COLOMBIA

2018

PROPUESTA DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL “EL TÍBAR”.

STEFANIA ROA CARDONA

20151081067

ALEJANDRO CASTELLANOS CAMPOS

20151081070

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

TECNÓLOGO EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

DIRECTOR:

RAFAEL EDUARDO LADINO PERALTA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

BOGOTÁ, COLOMBIA

2018

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del director del Trabajo de Grado

_____

Rafael Eduardo Ladino Peralta

Firma del Evaluador

_____

Néstor Sergio Gutiérrez

Bogotá D.C., 2018

Agradecimientos

Agradecemos la confianza y el apoyo brindado por parte de nuestras familias, que sin duda alguna en el trayecto de nuestras vidas nos han demostrado su amor, corrigiendo nuestras faltas y celebrando nuestros triunfos.

A la Universidad Distrital, a nuestros docentes por los conocimientos transmitidos, y en especial al Ing. Rafael Eduardo Ladino por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Al igual que a nuestros colegas de la tecnología en gestión ambiental y servicios públicos que nos han brindado los espacios para el dialogo, la discusión y la comunicación abierta de temáticas elementales que han ayudado a forjar un carácter profesional en nuestras vidas.

Y gracias a todos los que nos brindaron su ayuda.

Abstract

Keywords: Renewable energy, solar energy, photovoltaic system, power generation, climate change.

Climate change is a phenomenon caused by greenhouse gases (GHG), which are mostly the product of the burning of fossil fuels for the generation of electrical energy, causing negative impacts on the environment. Colombia is a privileged country, thanks to the diversity it has throughout its national territory, within which it uses a large part of non-renewable resources such as fossil fuels in energy production, thus generating great impact on the environment.

It is for this reason that in the present work the analysis for the proposal of a solar photovoltaic system for the experimental and research center "El Tíbar" of the Francisco José de Caldas District University located in the village of Guasa via Choachí-Ubaque in the department of Cundinamarca; where a study of the energetic characteristics of the property is made and after this a technical proposal is given based on the estimated demand of this.

This project seeks to promote research on the generation of energy from non-conventional sources and the appropriation of the spaces offered by the Francisco José de Caldas District University by the university community.

Resumen

Palabras claves: Energía renovable, energía solar, sistema fotovoltaico, generación de energía, cambio climático.

El cambio climático es un fenómeno causado por los gases efecto invernadero (GEI), los cuales en su mayoría son producto de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, causando impactos negativos sobre el medio ambiente. Colombia es un país privilegiado, gracias a la diversidad que posee a lo largo y ancho de su territorio nacional, dentro del cual utiliza gran parte de los recursos no renovables como los combustibles fósiles en la producción energética, generando así gran impacto al medio ambiente.

Es por esta razón que en el presente trabajo se expone el análisis para la propuesta de un sistema solar fotovoltaico para el centro experimental y de investigación "El Tíbar" de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas ubicada en la vereda Guasa vía Choachí-Ubaque en el departamento de Cundinamarca; en donde se realiza un estudio de las características energéticas del predio y posterior a esto se da una propuesta técnica a partir de la demanda estimada de este.

Este proyecto busca promover las investigaciones sobre la generación de energía de fuentes no convencionales y la apropiación de los espacios que brinda la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por parte de la comunidad universitaria.

Tabla De Contenido

1. Introducción 1

2. Objetivos 3

2.1. Objetivo general 3

2.2. Objetivos específicos 3

3. Planteamiento del problema 4

4. Justificación 5

5. Marco referencial 7

5.1. Marco conceptual 7

5.1.1. Energía solar fotovoltaica 7

5.1.2. Sistema fotovoltaico 7

5.1.2.1. Sistemas aislados, ... 8

5.1.2.2. Sistemas de conexión a la red 8

5.1.2.3. Sistemas híbridos 9

5.1.3. Cambio climático. 9

5.1.4. Energía renovable. 11

5.1.5. Energía solar. 12

5.1.6. Aprovechamiento de la energía solar 12

5.1.6.1. La energía solar pasiva, ... 13

5.1.6.2. La energía solar térmica 13

5.2. Marco legal. 13

5.3. Marco geográfico. 14

5.3.1. Predio “El Tíbar.” 14

6. Proceso metodológico 17

6.1. Tipo de investigación. 17

7. Diagnóstico de las características energéticas del predio “El Tíbar”. 19

7.1. Diagnóstico de oferta energética 21

7.1.1. Radiación solar en Choachí según el IDEAM 21

7.1.2. Radiación solar según la NASA - Atmospheric Science Data Center (ASDC) 23
7.1.3. Brillo solar 24
7.1.4. Días al mes sin brillo solar 26

8. Regulaciones y procedimientos en la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en Colombia 28

8.1. Ley 1715 de 2014 28

8.2. Normas para proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE) 30

9. Propuesta de sistema eléctrico alimentado con energía solar fotovoltaica para el centro experimental "el Tíbar" 32

9.1. Consumo proyectado 32
9.2. Rendimiento de la instalación (R) 33
9.4. Cálculos del sistema solar 36
9.4.1. Cálculo de módulos solares fotovoltaicos 36
9.4.2. Calculo de baterías 37
9.4.3. Cálculo de regulador requerido 38
9.4.4. Cálculo de inversor requerido 39

10. Dimensión económica. 41

10.1. Valor de los equipos 41
10.2. Costos de mantenimiento 42
10.3. Costos totales 42
10.4. Beneficios 43
10.5. Tiempo de recuperación de la inversión inicial. 44

11. Dimensión ambiental. 47

11.1. Beneficio de reducción de emisiones $CO2$. 47

12. Resultados 48

13. Conclusiones 53

14. Recomendaciones 55

Bibliografía **56**

Anexos. **62**

Lista De Tablas

Tabla 1. Normatividad general que trata la energía solar fotovoltaica. 13
Tabla 2 Consumos actuales en la vivienda 21
Tabla 3. Histórico mensual multianual de radiación solar en Choachí..... 22
Tabla 4. Radiación solar diaria según la Nasa 23
Tabla 5 Media anual de brillo solar en Choachí 25
Tabla 6 Media anual de días al mes sin brillo solar. 26
Tabla 7 Instituciones ambientales según la ley 1715. 28
Tabla 8 Normas para proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE) 30
Tabla 9 Normas técnicas para sistemas fotovoltaicos..... 30
Tabla 10 Consumos proyectados para la finca el Tíbar 32
Tabla 11 Tabla de perdidas 34
Tabla 12 Consumo anual en la vivienda. 35
Tabla 13 Criterio para tensiones de trabajo en C.C. 37
Tabla 14 Datos para cálculo de baterías 37
Tabla 15 Valor de los equipos y costo de instalación. 41
Tabla 16 Valor de mantenimiento de los equipos..... 42
Tabla 17 Costo anual de inversión del sistema solar fotovoltaico. 43
Tabla 18 Costo del servicio público de energía eléctrica proyectado..... 43
Tabla 19 Recuperación de inversión..... 45
Tabla 20 Datos generales (base para cálculos) 48
Tabla 21 Calculo del módulo solar fotovoltaico..... 48
Tabla 22 Calculo de batería 50
Tabla 23 Calculo para las unidades de regulación..... 50
Tabla 24 Calculo de unidades de inversores..... 51
Tabla 25 Tabla resumen de elementos requeridos 52

Lista De Ilustraciones

Ilustración 1 Sistema fotovoltaico aislado. 8
Ilustración 2 Instalación fotovoltaica conectada a la red. 9
Ilustración 3. Casa de la finca el Tíbar 15
Ilustración 4 Localización del predio el tíbar 16
Ilustración 5 Inmueble en malas condiciones estructurales 19
Ilustración 6 Conexión de un tomacorriente en la finca El Tíbar. 20
Ilustración 7 Medición de tensión en el domicilio 20
Ilustración 8 Conexión del sistema solar fotovoltaico en el Tíbar 40

Lista De Graficas

Grafica 1 Registro histórico de proyectos energéticos en Colombia 2011-2016. 6

Grafica 2. Variación de la temperatura media global en el periodo 1850 – 2015 11

Grafica 3 Irradiación media mensual de Choachí expresados en (kWh/m_2 x día) 22

Grafica 4 Radiación solar según la NASA Fuente: Autores 24

Grafica 5 Media anual de brillo solar en Choachí, expresado en (Hora/día) 25

Grafica 6 Media anual de días sin brillo solar por mes 27

Lista De Anexos

Anexo A Lista de chequeo de red eléctrica 62
Anexo B Plano de irradiación solar en el municipio de Choachí. 63
Anexo C Plano horas de brillo solar en Choachí. 64
Anexo D Plano instalación eléctrica del centro experimental el Tíbar. 65
Anexo E Ficha técnica del módulo solar fotovoltaico 66
Anexo F Ficha técnica de acumulador. 69
Anexo G Ficha técnica del inversor. 70
Anexo H Ficha técnica del regulador 72
Anexo I Evidencias fotográficas del inmueble ubicado en el sur del predio “El Tíbar”. 73
Anexo J Inmueble objeto del proyecto 77

1. Introducción

Colombia es un país muy afortunado en la tenencia de recursos naturales, y ese fortunio se expresa en el gran sistema energético nacional, gracias a que cerca del 75 % de la producción energética se debe al potencial hídrico que oferta nuestro territorio (Castillo, Castrillón , Vanegas, Valencia, & Villicaña, 2014), como resultado de dicho apunte, cerca de 44737 millones de m^3 para el caso específico del año 2012 fueron utilizados en producción energética de la nación (IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014, 2015) , sin embargo dadas las problemáticas paulatinas del cambio climático se ve limitada la oferta de dicha generación en épocas de extremo calor, reduciendo los niveles hídricos almacenados en represas o embalses y disminuyendo así la producción eléctrica, alterando la oferta en la red energética nacional que a la vez se plasma en limitación energética en municipios, apagones en distintas zonas del territorio nacional, incremento en las tarifas de la energía, entre otros; Afectando el desarrollo de las comunidades colombianas.

A este modelo energético se le agrega el restante 25%, distribuido en 19% ,5% y 1% para la generación eléctrica por medio de combustibles, fuentes menores de energía y cogeneración. Respectivamente. [1] Cabe resaltar que no es un panorama desconcertador frente a otras naciones vecinas, el problema recae en los constantes fenómenos naturales y la contaminación innecesaria del planeta por medio de fuentes de generación no renovable que afectan de una u otra manera el bienestar de la población. Así, junto a los compromisos adquiridos en los objetivos de desarrollo sostenible, Colombia inicia un camino en la transmutación de energías no renovables a energías no convencionales renovables, Por ello, este proyecto busca plasmar la implementación de un sistema no convencional, el sistema solar fotovoltaico en la finca el tíbar, predio perteneciente a

[1] Ver el informe presentado por el ministerio de minas y energía que titula ENERGÍA ELÉCTRICA memorias al congreso de la republica 2012-2013, página 115

la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en aras de incentivar a la comunidad educativa a la participación y apropiación de estos espacios, el cual específicamente el tíbar se encuentra en deterioro infraestructural y presupuestal.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Proponer la instalación de un sistema solar fotovoltaico para el predio centro experimental y de investigación “El Tíbar” de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas ubicadá en la vereda Guasa vía Choachí-Ubaque en el departamento de Cundinamarca.

2.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar las características energéticas principales del predio.
- Identificar cuáles son las regulaciones y procedimientos en la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en Colombia.
- Analizar los datos teórico-prácticos recolectados para el planteamiento de la propuesta del sistema solar fotovoltaico para el centro experimental “el Tíbar”.

3. Planteamiento del problema

La gran dependencia energética de los países es mayor a través de los años, Colombia es un país privilegiado tanto en combustibles fósiles, como en recursos naturales, en este país es utilizado principalmente como fuente de energía la hidroelectricidad por la abundancia de agua en la mayoría de zonas del país, y los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), cuyas reservas ya se están agotando. (CVN, Colombia una potencia en energias alternativas, s.f.) En Colombia el 93% de la energía producida es de origen fósil, el 4% aproximadamente proviene de la hidroenergía y un 3% de biomasa (UPME, Plan energetico nacional colombia: Ideario Energético 2050, 2015).

Al tener claro que el cambio climático producido en gran parte por la quema de combustibles fósiles en la generación de energía, elevando los niveles de emisiones, generando así daño en la capa de ozono permitiendo mayor concentración de calor y produciendo así altas temperaturas.

De esta manera afectando los cuerpos de agua plasmándose en disminución de sus niveles hídricos y ocasionando bajas producciones eléctricas que conllevan a problemáticas de déficit energéticas en el territorio (UPME, Plan energetico nacional colombia: Ideario Energético 2050, 2015).

Los problemas señalados anteriormente han sido analizados por muchos expertos en el cuidado al medio ambiente y han sido plasmados para ingresar al campo de aplicación de este proyecto en el predio de la Universidad Distrital, ya que surge la importancia de crear utilidad académica para la educación. Esta propiedad denominada “el Tíbar” desde el año 1997 que fue recibida por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas a título de donación del banco nacional del comercio (anteriormente banco de caldas); y a la fecha se encuentra en total abandono infraestructural, presupuestal y académico.

4. Justificación

Las grandes sequías causadas por el fenómeno del niño en el país, han afectado la producción de energía principalmente hídrica como la evidenciada en el año 2016, los daños ambientales por la exploración y explotación de fósiles y las Zonas No Interconectadas (ZNI) son problemáticas latentes en el entorno nacional, así se concibe a la importancia de integrar fuentes de generación de energía renovable no convencionales. Para esto Colombia implementó programas de eficiencia energética ligados al plan energético nacional en donde se asegura la demanda energética ampliando su cobertura en busca de brindar un bienestar en la población colombiana, al mismo tiempo mitigar las emisiones de gases y contribuir al cambio climático, esto en papel suena muy lindo, pero la realidad de la nación es distinta la implementación de energías no convencionales está atrasada frente a países latinoamericanos.

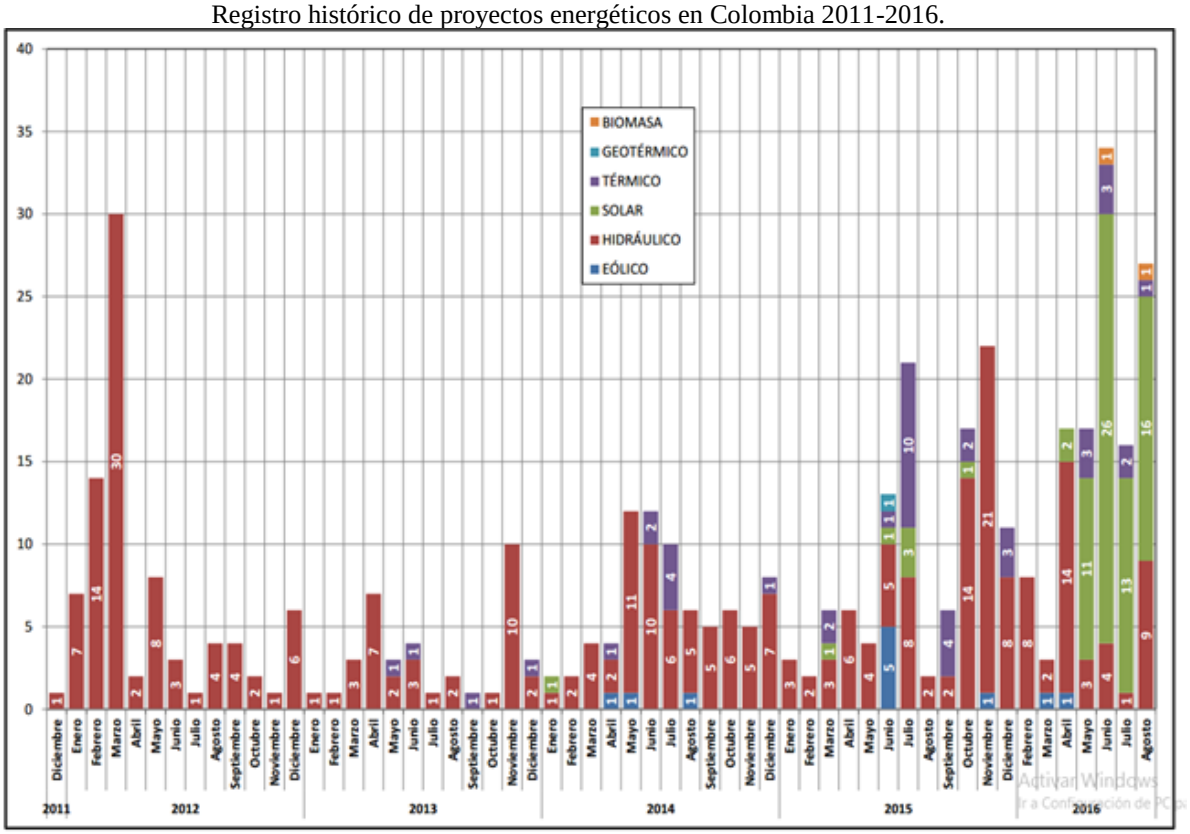
En la Grafica 1 tomada de (UPME, Registro de Proyectos de Generación, 2016) se presenta un registro histórico desde el año 2011 hasta el mes de agosto del 2016, de la distribución de la capacidad instalada de proyectos registrados y activos de generación eléctrica en Colombia tomado de la unidad de planeación minero energética (UPME) y en la cual se observa el crecimiento exponencial que ha tenido la energía solar en los últimos meses del año 2016 superando los proyectos de producción hidroeléctrica, contrastando así la necesidad por invertir tiempo, espacio y conocimiento en la energía solar en especial fotovoltaica.

Este proyecto enmarca la necesidad de proponer la implementación sistemas alternativos no convencionales para la generación de energía eléctrica, mediante un sistema solar fotovoltaico, tanto para la obtención de beneficios económicos como ambientales en el centro experimental y de investigación “El Tíbar”, con el fin de reducir la dependencia de las fuentes convencionales y contribuir al medio ambiente incentivando a la comunidad estudiantil, grupos y semilleros de

investigación de la universidad distrital a explorar los avances y estudios de energía solar fotovoltaica junto con otras energías alternativas en este centro experimenta logrando un interés por la comunidad estudiantil en el aprovechamiento y la apropiación de estos espacios brindados por la universidad.

Aclarando que según el Plan de desarrollo municipal de Choachí 2016 - 2019 en su eje temático 3 TERRITORIAL AMBIENTAL plantea unos programas, dentro del cual se encuentra *"Promover la utilización de energía solar como aporte al proceso de adaptación al cambio climático y el uso de energías seguras y sostenibles, garantizando el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos"* (Gutierrez Pardo, 2016, pág. 39).

Grafica 1
Registro histórico de proyectos energéticos en Colombia 2011-2016.



Fuente: (UPME, Plan energetico nacional colombia: Ideario Energético 2050, 2015).

5. Marco referencial

5.1. Marco conceptual

A continuación, se establece las relaciones conceptuales necesarias para el óptimo entendimiento del proyecto.

5.1.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se obtiene transformando la energía del sol en energía eléctrica. Este proceso se da gracias al material que tiene la capacidad de absorber fotones y emitir electrones. Esta energía es utilizada para un consumo energético bajo, y es más utilizada en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

Las energías solares contribuyen a la reducción de gases efecto invernadero y estas se encuentran clasificadas en sistemas foto-térmicos y sistemas fotovoltaicos.

Los sistemas foto-térmicos son los que aprovechan la concentración de la radiación del sol, con el fin de llevar un fluido con suficiente temperatura para accionar motores. Pueden ser pasivos o activos, los pasivos aprovechan los efectos térmicos de la radiación del sol de manera natural, y los activos aprovechan los efectos térmicos de la radiación del sol, pero mediante procedimientos técnicos (Jutglar, 2004).

Los sistemas fotovoltaicos (sistema a tratar en el proyecto) convierten la energía solar en electricidad mediante células fotoeléctricas.

5.1.2. Sistema fotovoltaico.

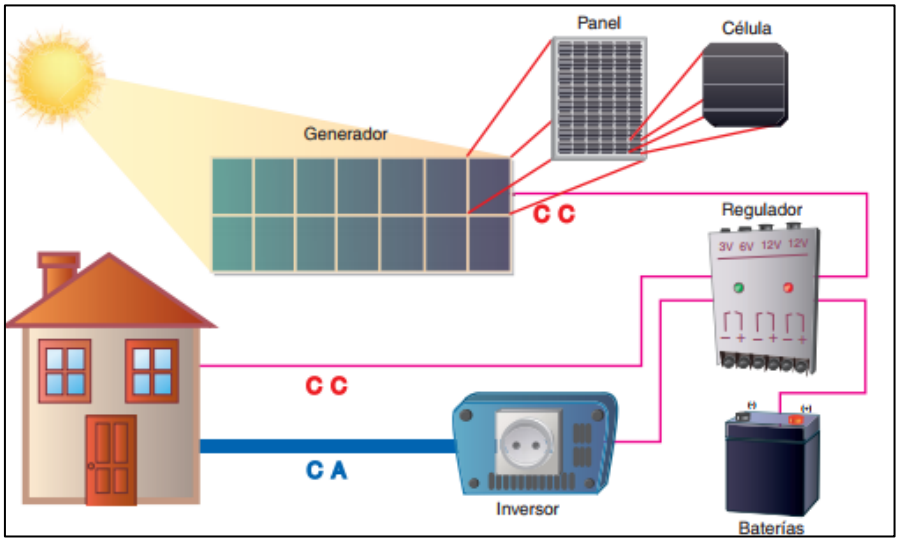
Es el conjunto de equipos mecánicos y eléctricos, constituidos por el panel o modulo fotovoltaico, la batería, el regulador de carga, el inversor y las cargas de aplicación referente al consumo. Este sistema según (FOCER, 2002) tiene las siguientes funciones:

- Transformación directa de energía solar a energía electica.
- Almacenamiento de la energía generada.
- Proporcionar y utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.

Según (Méndez & Cuervo, 2007) estos sistemas fotovoltaicos se clasifican en:

5.1.2.1. ***Sistemas aislados,*** pueden ir con o sin batería, son aquellos sistemas que satisfacen la demanda de energía eléctrica de lugares donde no existe red o de difícil acceso para la distribución de energía eléctrica. Solo proporciona energía en el día, y por esta razón tienen normalmente sistemas de acumulación de energía. En otros casos no requieren acumuladores ya que solo se requiere cuando haya sol, por ejemplo, para el bombeo de agua. El cual se observa en la ilustración 1.

Ilustración 1
Sistema fotovoltaico aislado.

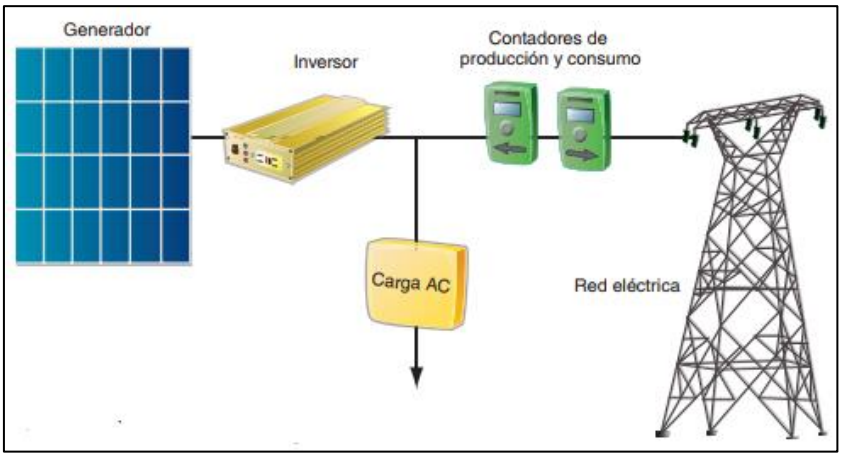


Fuente: (Diaz & Carmona, 2010).

5.1.2.2. ***Sistemas de conexión a la red***, son aquellos que no tienen acumulación, ya que las horas de insolación la energía es canalizada a la red eléctrica, tiene sistemas de seguimiento de

la tensión de la red de distribución, y no tienen baterías; el cual se observa en la ilustración 2.

Ilustración 2
Instalación fotovoltaica conectada a la red.



Fuente: (Diaz & Carmona, 2010).

5.1.2.3.***Sistemas híbridos***, son aquellos sistemas fotovoltaicos que se apoyan de una fuente generadora secundaria perteneciente a otro sistema de generación eléctrica, por ejemplo, el eólico.

5.1.3. Cambio climático.

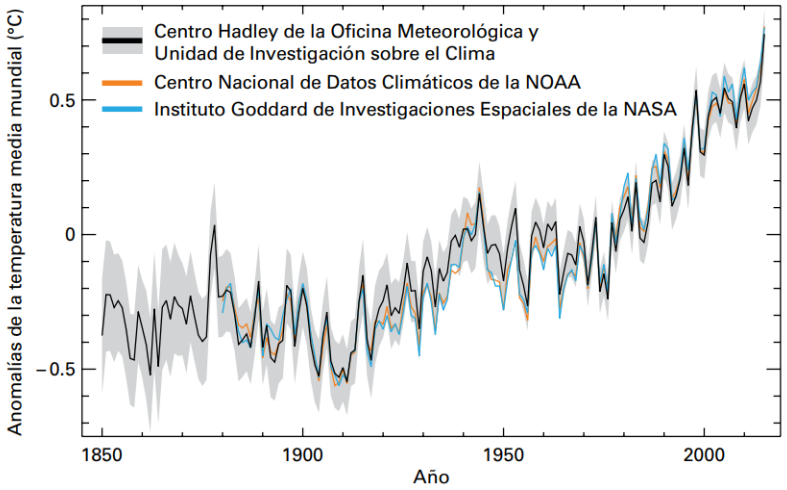
La sociedad actual ha dedicado gran parte de tiempo a la investigación del clima y de los efectos que genera esté en el mundo, por tal motivo se ha descubierto un incremento en la temperatura media del planeta gracias a datos históricos, generando así una preocupación a nivel mundial; a continuación, se presenta una pequeña reseña histórica junto a sus conceptos acerca del cambio climático, en donde el lector podrá sentirse cómodo con el concepto de su preferencia.

A partir de 1987 con EL INFORME DE BRUTLAND en donde se expone los peligros a los que se ve el planeta dadas las extracciones naturales intensivas y el consumo que produce una

sociedad industrializada y modernizada, se inician estudios en el clima y las variaciones de temperatura en el planeta, un año después se crea El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) con el fin de facilitar evaluaciones integrales de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta, así el IPCC define a cambio climático como "todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana." (IPCC, 1988); Luego, en Conferencia de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en la ciudad de Kioto ubicada en Japón, en donde le muestra al mundo entero las problemáticas presentes que radican en la emisión de gases efecto invernadero se brinda una nueva definición de cambio climático siendo esta; "un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables".

Otros autores definieron al cambio climático como; "una modificación identificable y persistente del estado del clima por variabilidad natural o por efecto de la actividad humana". (Vargas, 2009), esto se debe al crecimiento exponencial de la población y sus consumos donde se produjo grandes impactos en el planeta como las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), la causa más importante del cambio climático es la actividad humana en el planeta, sin embargo otros motivos que señala (Barros, 2005) del calentamiento, estos pueden ser las variaciones de la órbita terrestre, los procesos geológicos, variación de la radiación solar, cambios en la actividad volcánica, la dinámica interna del sistema climático, y la actividad antrópica.

Grafica 2.
Variación de la temperatura media global en el periodo 1850 – 2015



Fuente: (OMM, 2016)

En la grafica 2, extraida de datos registrados por (OMM, 2016) muestra la variacion de la temperatura media global desde los años 1850, hasta el año 2015, en el cual se observa que tiene un crecimiento significativo desde los años 1980 en adelante, y en el año 2015 se registra el pico mas alto de la variacion media de temperatura global.

Gracias a las conferencias de naciones unidas sobre el cambio climático realizadas en los años 1998, 2009,2015 con sedes en Kioto, Copenhague y París respectivamente. La gran mayoría de países han apostado por las energías renovables como factor mitigador del cambio climático.

5.1.4. Energía renovable.

Las energías renovables son todas aquellas que provienen de fuentes inagotables, por lo tanto su aprovechamiento es ilimitado, esto quiere decir, la cantidad de energía disponible en el planeta, no disminuye a medida que se utiliza (Guillen Solis, 2012); estas energías se caracterizan según (Jara, 2006)“porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil, no se consumen ni se agotan en una escala humana de tiempo”. Como lo son: la energía solar

(fotovoltaica, térmica y pasiva), la hidráulica, la eólica, la proveniente de los océanos, la biomasa y geotérmicas. Además de mitigar impactos pactos ambientales, estas fuentes de energía contribuyen a la seguridad de suministro y sostenibilidad ambiental.

5.1.5. Energía solar.

El Sol es la estrella más cercana a nuestro planeta y fuente directa o indirecta de toda la energía acumulada en nuestro globo, esto es observado en distintos campos de acción, por ejemplo ; cuando se quema leña para producir energía o la se utiliza para alguna actividad de construcción se está utilizando madera producida por procesos fotosintéticos de lo que antes era una planta, los vientos utilizados en la energía eólica son producidos por la distribución desigual del calor a lo largo de la tierra, el trasporte de agua mediante el ciclo de evaporación, entre otros beneficios. Esta estrella produce 3.8×10^{23} kW de potencia en reacciones de fisiones nucleares concentradas y esparcidas por el espacio, pero la tierra apenas capta 1.73×10^{6}kW en buen ahora porque esta energía que logra llegar al planeta es miles de veces más que suficiente para proveer a la humanidad de toda la energía demandada en la actualidad. (Harper, 2014)

5.1.6. Aprovechamiento de la energía solar

Como ya se había dicho, la energía solar que llega a la tierra es demasiada, por lo que existen varias formas de aprovechamiento, en Colombia según la unidad de planeación minero energética (UPME) en su boletín estadístico 2012 -2016 muestra que para la mitad del año 2016 se presentaron 46 proyectos con una generación total aproximada a los 589,92 MW, lo que muestra el gran interés que se viene dando en el país por la energía solar en especial fotovoltaica. Las formas de captación y utilización de la energía solar se dividen en:

5.1.6.1.***La energía solar pasiva,*** la cual capta la energía solar, la almacena y la distribuye de forma natural, sin mediación de elementos mecánicos. Sus principios están basados en las características de los materiales empleados y en la utilización de fenómenos naturales de circulación del aire. Por ejemplo: la retención de calor en un invernadero, la calefacción en una cabaña construida con madera la cual es calentada gracias a la energía solar que impacta este tipo de material y acumula el calor dentro del domicilio.

5.1.6.2.***La energía solar térmica,*** obtiene los beneficios de la energía producida por el sol gracias a unos dispositivos denominados colectores que se dividen en baja, media y alta temperatura, en donde la temperatura de los fluidos es de 60°, 100° y 300° grados centígrados respectivamente, este tipo de aprovechamiento es interesante de investigar, pero no es nuestro tema de investigación, por lo que no se realiza mayor detalle de su proceso de recolección, captación, almacenamiento y utilización.

5.2.Marco legal.

La Legislación colombiana para las energías no convencionales es amplia, en la tabla 1 se puede observar la normatividad vigente.

Tabla 1.
Normatividad general que trata la energía solar fotovoltaica.

NORMATIVIDAD	DISPONE
Ley 142 de 1994	"Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones".

NORMATIVIDAD	DISPONE
Ley 143 de 1994	"Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética".
Ley 1715 de 2014	"por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional". (Congreso Nacional de la Republica, 13 de mayo de 2014)
Ley 697 de 2001	"Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones".
Ley 1665 de 2013	Por medio de la cual se aprueba el "ESTATUTO DE LA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (IRENA)".
Decreto 3683 de 2003	"Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial"
Decreto 6429 del 2014	"Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración".

Fuente: Autores.

5.3.Marco geográfico.

5.3.1. Predio "El Tíbar."

La finca El Tíbar es un centro experimental y de investigación, ubicado en la vereda Guazá en el municipio de Choachí a 3.5 km de la vía Choachí-Ubaque en el departamento de Cundinamarca,

con un área definida en las escrituras del predio igual a 23050 m² pero según el estudio topográfico de (Beltrán & Ortiz, 2017) resulta un área real de 34603.219 m², este predio fue donado a la universidad Distrital Francisco José de Caldas por el Banco nacional del comercio (anteriormente banco de caldas). Este predio funciona como un centro de investigación, para los grupos de investigación, ya sea de tipo individual o adscrito a una institución universitaria o no universitaria.

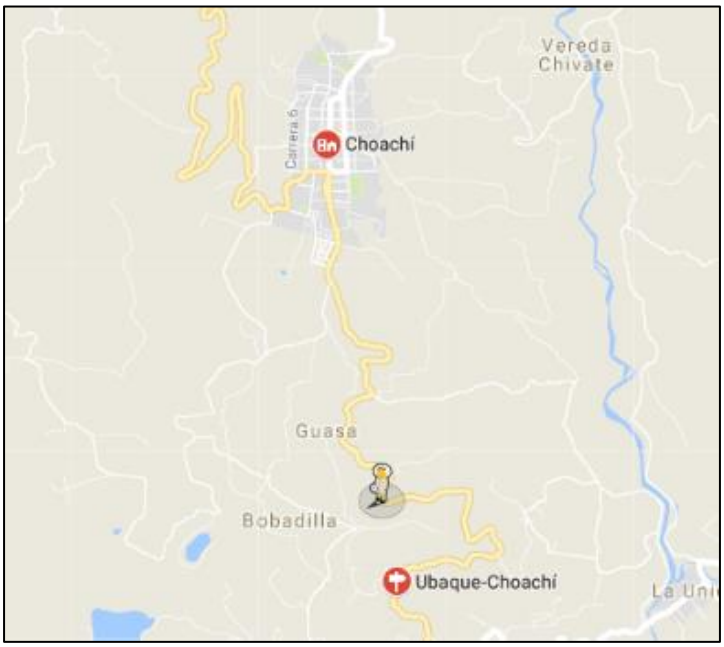
En principio el objetivo principal de este centro es promover actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología, como la investigación científica o tecnológica, capacitación y entrenamiento de capital humano, transferencia de tecnología, divulgación científica, gestión, seguimiento y evaluación de procesos de ciencia y tecnología.

En la ilustración 3, se muestra la fachada de la casa que queda ubicada en el predio el Tíbar, y en la ilustración 4 se observa la ubicación del predio en el mapa de Google.

Ilustración 3.
Casa de la finca el Tíbar

Fuente: Autores

Ilustración 4
Localización del predio el tíbar



Fuente: (Google, 2017)

6. Proceso metodológico

El presente trabajo de grado cuenta con una parte teórica investigativa y otra parte práctica.

Tiene un enfoque cualitativo dado que se midió las condiciones energéticas iniciales presentes en el domicilio, junto a las condiciones de irradiación presentes en el predio. También recoge gran parte de enfoque cuantitativo, ya que se basa del análisis estadístico según las mediciones recopiladas en campo; con el fin de lograr los objetivos principales.

6.1.Tipo de investigación.

El tipo de investigación será exploratoria, en donde se manejó un número de variables como el consumo de energía del predio, la radiación presente en distintas horas del día, entre otras. Y También se encaminó a la investigación descriptiva, porque con la ayuda de información suministrada por medios confiables se compiló en un texto en donde se detallan las regulaciones y los procedimientos necesarios para la instalación e implementación de un sistema solar fotovoltaico.

6.1.1. Consulta de información.

Se indagó mediante informes, libros y revistas las metodologías más eficientes utilizadas para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos junto a la adaptación de las regulaciones legales establecidas en la norma. Como apoyo se utilizó fuentes bibliográficas con el fin de extraer la mayor cantidad de conceptos necesarios para el entendimiento del proyecto, al igual que los procesos de instalación, y normas regulatorias en Colombia especializadas en el tema de incorporación de las energías alternativas al territorio nacional.

6.1.2. Diagnostico.

Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizó un análisis de potencia, tensiones, y corrientes consumidas por los electrodomésticos y/o aparatos eléctricos, con estos datos se realizó una proyección a futuro, ya que actualmente se encuentra en abandono el predio como cercas, sistemas de riego, entre otros. Con el fin de determinar la energía que pueda ser consumida por el predio en general, además de observar las características físicas del predio.

Para los datos que son necesarios como el de radiación solar en el área en donde se encuentra ubicado el predio, se utilizó la ayuda del atlas interactivo del IDEAM, y se calculó el sistema solar fotovoltaico apropiado para dichas condiciones.

6.1.3. Análisis de la información.

Se recopiló los datos teóricos y prácticos arrojados en el diagnóstico energético y físico del predio, procediendo a la integración de la fase investigativa y así analizando la viabilidad del proyecto.

6.1.4. Propuesta de un sistema solar fotovoltaico para el Tíbar.

Se recolectó todos los resultados y análisis con el fin de elaborar un documento final, el cual será presentado como propuesta de grado para optar por el título de tecnólogos en gestión ambiental y servicios públicos junto con una copia a la secretaria general de la universidad para la posible implementación de este sistema solar fotovoltaico.

7. Diagnóstico de las características energéticas del predio “El Tíbar”.

El predio cuenta con un área no mayor a cinco hectáreas, en donde se encuentran ubicados dos inmuebles, que por sus características físicas denotan el deterioro infraestructural, con más relevancia el predio ubicado al sur de la finca (Ilustración 5), estas características estructurales se pueden observar en el anexo I. Por lo que el objeto de análisis, estudio y propuesta es realizado al inmueble ubicado al norte de la finca (ver anexo J) el cual goza de una infraestructura más estable con posibilidades de mejora y desarrollo.

Ilustración 5
Inmueble en malas condiciones estructurales

Fuente: Autores.

Así pues, mediante una lista de chequeo (ver anexo A) se evaluó las características energéticas frente a datos básicos exigidos en una red eléctrica domiciliaria por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas -RETIE- arrojando resultados como se puede observar en la ilustración 6, son desconcertantes ya que en dicha imagen se evidencia la mala conexión de un tomacorriente, al no conectar al dispositivo un conductor de retorno o fase.

Ilustración 6
Conexión de un tomacorriente en la finca El Tíbar.

Fuente: Autores

El sistema se encuentra en total funcionamiento (ver anexo D). Con una tensión variable de 120V por lo que se puede evidenciar en la ilustración 7, la cual es alimentada por la red energética de Choachí, y comercializada por las empresas públicas de Cundinamarca ESP. Esto da un indicio crucial, ya que se reconoce que la finca posee sistema eléctrico activo, aunque evidencia ciertas oportunidades de mejora en la repartición de los circuitos.

Ilustración 7
Medición de tensión en el domicilio

Fuente: Autores.

El consumo actual de la vivienda se estima dadas las cargas observadas en el lugar, junto a una estimación de las horas de consumo (Ver tabla 2) dada la no existencia de un registro histórico acerca de los consumos del inmueble.

Tabla 2
Consumos actuales en la vivienda

Electrodoméstico	Cant.	Potencia Total (W)	Potencia Unit. (W)	Uso diario (Hora)	Consumo Energético diario (Wh)	Consumo energético mensual (Wh/mes)	Tensión (V)	Corriente Consumida (Amper)
Bombillas Genie Plus	11	14,0	154,0	1,0	154,0	4620	120,0	0,12

Fuente: Autores

7.1.Diagnóstico de oferta energética

Revisando los históricos de radiación y el brillo solar, brindados por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales -IDEAM- se logró reconocer un aproximado de la oferta energética percibida en el área donde se plantea instalar el sistema solar fotovoltaico gracias a los comportamientos multianuales en el clima de la región de Cundinamarca, especialmente el municipio de Choachí.

7.1.1. Radiación solar en Choachí según el IDEAM

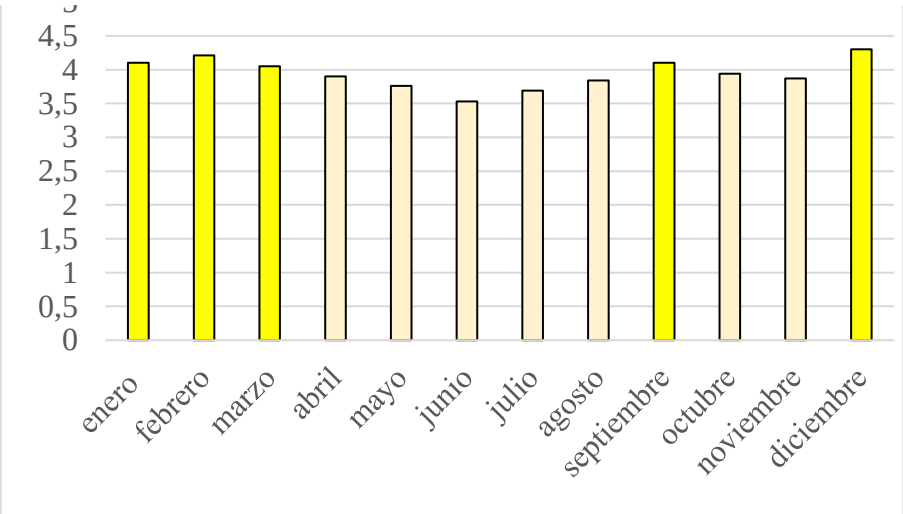
Es plasmada en el presente archivo a fin de obtener el valor representativo de la distribución espacial del potencial energético solar en Choachí, estableciendo así el valor promedio diario de radiación solar que incide sobre una superficie plana por metro cuadrado. Para ello se realiza el resumen en la tabla 3 y la gráfica 3 junto al plano que se podrá consultar en el anexo b.

Tabla 3.
Histórico mensual multianual de radiación solar en Choachí

Mes	Radiación (kWh/m2)
Enero	4,1
Febrero	4,21
Marzo	4,05
Abril	3,9
Mayo	3,76
Junio	3,53
Julio	3,69
Agosto	3,84
Septiembre	4,1
Octubre	3,94
Noviembre	3,87
Diciembre	4,3

Fuente: (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.) editado por autores.

Grafica 3
Irradiación media mensual de Choachí expresados en (kWh/m$_2$ x día)



Fuente: Datos compilados del (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.)

Se concluye, así pues, que la irradiación mensual en Choachí es baja en comparación a los demás territorios de la nación, obteniendo un comportamiento bimodal a lo largo del periodo anual, donde su irradiación es menor en los meses de mayo, junio y julio, posteriormente a un incremento

en septiembre y una disminución en octubre y noviembre, obteniendo así un promedio de irradiación media mensual de 3,94 kWh/$\boldsymbol{m^2}$x día

7.1.2. Radiación solar según la NASA - Atmospheric Science Data Center (ASDC)

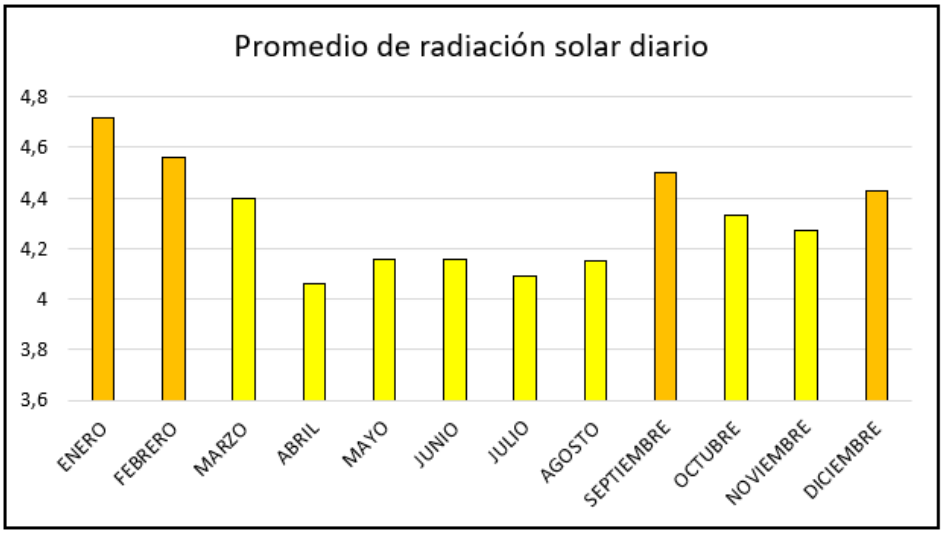
Aparte de la radiación solar expresada por el IDEAM, la Nasa posee un organismo dedicado a las mediciones atmosféricas alrededor del mundo, por esto se elige presentar los datos arrojados por ((NASA, 2018).

Tabla 4.
Radiación solar diaria según la Nasa

MES	Promedio de radiación solar diario
	kWh/m^2/d
Enero	4,72
Febrero	4,56
Marzo	4,4
Abril	4,06
Mayo	4,16
Junio	4,16
Julio	4,09
Agosto	4,15
Septiembre	4,5
Octubre	4,33
Noviembre	4,27
Diciembre	4,43

Fuente: (NASA, 2018).

Grafica 4
Radiación solar según la NASA



Fuente: Autores

Luego de evidenciar la Grafica No. 3 y la gráfica No. 4 se puede analizar que existe una diferencia entre las dos mediciones, siendo la NASA la entidad que arroja mayores datos de radiación en la zona donde se encuentra ubicada la finca de Choachí. Así pues, para el presente proyectos nos acogemos a la medición realizada por la NASA debido a que nos entrega datos acordes a las coordenadas, siendo aún más específico en sus mediciones atmosféricas.

7.1.3. Brillo solar

Sol efectivo o Brillo solar; Es utilizado en el presente proyecto para diseñar un sistema que se adapte a las horas en que la superficie, en este caso de Choachí son más susceptibles a la mayor irradiancia solar[2]. Así el sistema solar producirá el 100% de la energía para la cual fue diseñada. Por ello el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales -IDEAM- brinda mediante el geo-portal un mapa de brillo solar, del cual se extrae la información presentada en la tabla 5 y el mapa (Ver anexo C).

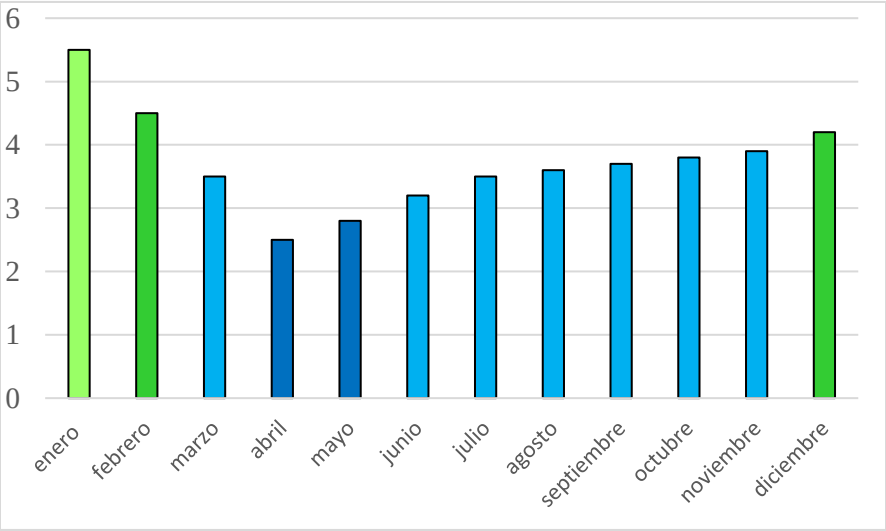
[2] Se produce un sol efectivo o una hora solar pico cuando la irradiancia solar supera los 1000 kWh/m^2

Tabla 5
Media anual de brillo solar en Choachí

Mes	Brillo solar (Hora)
Enero	5,5
Febrero	4,5
Marzo	3,5
Abril	2,5
Mayo	2,8
Junio	3,2
Julio	3,5
Agosto	3,6
Septiembre	3,7
Octubre	3,8
Noviembre	3,9
Diciembre	4,2

Fuente: (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.)modificado por autores.

Grafica 5
Media anual de brillo solar en Choachí, expresado en (Hora/día)



Fuente: Datos compilados del (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.).

Como diagnóstico de brillo solar, gracias a los datos anteriormente ilustrados que la superficie a la que pertenece la finca el Tíbar presenta un comportamiento monomodal a lo largo del año, evidenciando un crecimiento de brillo solar los meses de diciembre, enero y febrero, sumado a un

decrecimiento el resto de meses que componen el año. Logrando así un promedio de brillo solar anual de 3,73 Horas/día, siendo este bajo en comparación al resto del territorio nacional.

7.1.4. Días al mes sin brillo solar

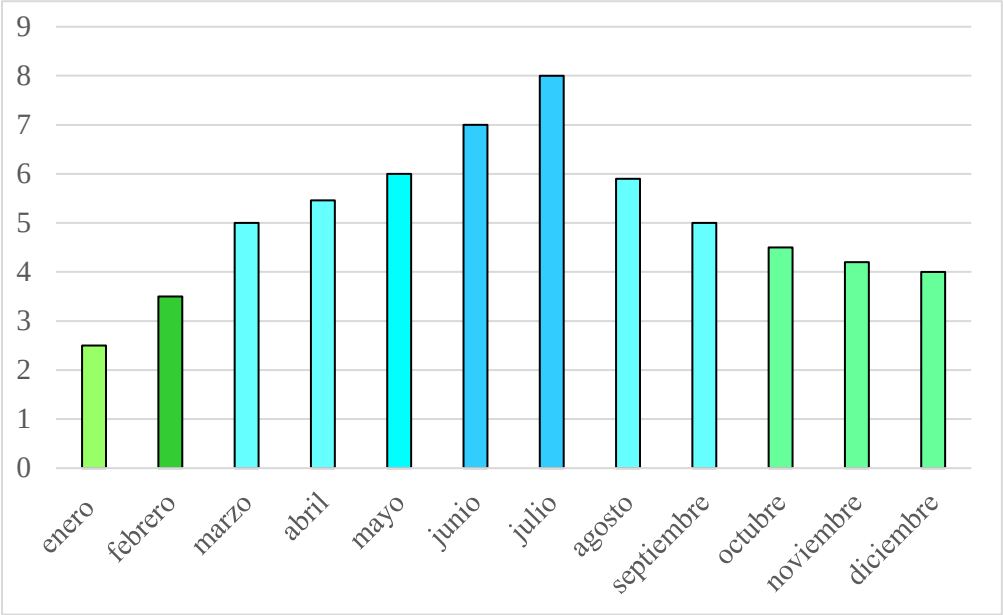
Dentro de la oferta energética solar se pretende recurrir a la escasez de brillo solar presente a lo largo de un mes determinado y en sumatoria los días por año que evidencian una producción menor a los 1000 kWh/$\boldsymbol{m^2 x\ hora}$. En choachi específicamente. Para ello se muestra la tabla 6 y la gráfica 6, las cuales brindaran la identificación de los meses más exigentes para el sistema solar fotovoltaico, ya que dicho sistema tendrá que soportar una demanda energética establecida con una oferta solar inferior al promedio**.**

Tabla 6
Media anual de días al mes sin brillo solar.

Mes	Días mes sin Brillo solar (días)
Enero	2,5
Febrero	3,5
Marzo	5
Abril	5,46
Mayo	6
Junio	7
Julio	8
Agosto	5,9
Septiembre	5
Octubre	4,5
Noviembre	4,2
Diciembre	4

Fuente: Base de datos del (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.).

Grafica 6
Media anual de días sin brillo solar por mes



Fuente: Base de datos del (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.)

De acuerdo a la gráfica 5, obtenida del geo-portal del (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.), se analiza que el comportamiento tipo campana de Gauss es anual y determinante al momento de realizar un cálculo para instalar sistemas solares, en el presente proyecto se trabaja con el indicador más alto de días sin brillo solar, el cual pertenece al mes de julio, siendo este igual a 8 Días por mes sin brillo solar, logrando así la reducción total de una posible sobrecarga al sistema, aunque los demás meses se podrá evidenciar un sobrante energético que podrá ser utilizado en la conexión de otros aparatos electrodomésticos que consuman la energía de exceso.

8. Regulaciones y procedimientos en la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en Colombia

8.1.Ley 1715 de 2014

"Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional"

Esta ley tiene como objeto el desarrollo y uso de fuentes no convencionales de energía (FNCE), en el sistema energético de Colombia; también busca incentivar tributariamente a empresas que ejecuten proyectos de energía renovable, con este incentivo las empresas podrían recuperar la inversión realizada del proyecto.

En el artículo 19 de la presente ley habla específicamente del desarrollo de la energía solar, donde esta se considera FNCE, también promueve la implementación de sistemas de producción de energía y da claridad sobre el papel que juegan instituciones ambientales las encargadas de la administración energética (Min-minas y la CREG), se especifica lo siguiente (ver tabla N°7):

Tabla 7
Instituciones ambientales según la ley 1715.

ENTIDAD	CARGO FRENTE LA LEY
CREG	Diseña la reglamentación técnica, y los valores de pago frente a la venta de energía al sistema interconectado nacional.
Min. vivienda Min. de ambiente y desarrollo sostenible Min minas y energía	Serán los encargados del fomento de las energías alternativas alrededor de la nación, en los sectores y urbanizaciones
Ministerio de minas y energía	Reglamenta las condiciones de participación de energía solar como distribución, estableciendo la reglamentación técnica de calidad y

ENTIDAD	CARGO FRENTE LA LEY
	normas de seguridad, para dicho fin; también considerara esquemas para la medición para todas aquellas edificaciones que utilicen la generación de energía solar.
Min Minas Min Ambiente y desarrollo sostenible	Brindaran parámetros ambientales de los proyectos de energía solar y la mitigación de impactos ambientales que este genere

Fuente: Autores

Los siguientes incentivos tributarios son los más destacados de la presente ley:

- Reducir la renta el 50% del valor de la inversión del proyecto dentro de los primeros cinco años de la realización.
- Los equipos, elementos, maquinaria y servicios importados para la ejecución de estos emprendimientos están exentos de IVA y aranceles (para nuevos proyectos y la maquinaria/equipo no fabricada en el País).

La ley 1715 crea el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) y el fomento de la cooperación internacional para las FNCER, el cual tiene como fin establecer y destinar recursos económicos para instalar sistemas de producción enérgica en zonas del país donde no existe un sistema de producción y aprovechamiento de la energía tradicional.

Esta ley tiene como finalidad establecer el marco legal e instrumentos para promover las FNCE, fomentar su investigación, inversión y desarrollo de tecnologías limpias para la producción de energía, alcanzar la eficiencia energética y dar respuesta a la demanda (Congreso Nacional de la Republica, 13 de mayo de 2014).

8.2.Normas para proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE)

De acuerdo a la ley 1715 de 2014 las entidades encargadas de los incentivos para proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE) deben tener en cuenta las norma que se muestran en la tabla N°8.

Tabla 8
Normas para proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE)

Resolución	Descripción
Resolución 143 de 2016 UPME	Establece los requerimientos para el registro de proyectos de generación con fuentes no convencionales de energía.
Resolución 045 de 2016 UPME	Procedimientos y requisitos para emitir la certificación y avalar los proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE)
Resolución 0281 de 2015 UPME	Define el límite máximo de potencia de la auto regeneración a pequeña escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)
Decreto 2143 de 2015 MME.	Reglamenta los lineamientos para la aplicación de incentivos establecidos en la Ley 1715

Fuente: Autores

En la tabla 9 se establecen las normas técnicas que rigen los estándares mínimos de calidad.

Tabla 9
Normas técnicas para sistemas fotovoltaicos

ÍTEM	NORMA	
Paneles Fotovoltaicos:	Norma IEC-61730 de 2009 sobre seguridad en módulos fotovoltaicos	IEC 61730- 1: Requisitos para la construcción. 61730-212: Requisitos para las pruebas.
	Paneles de Silicio Cristalino	Norma NTC 2883 de 2006.

ÍTEM	NORMA	
	Paneles fotovoltaicos de película delgada	Norma NTC 5464 de 2010.
	Paneles en condiciones especiales	Norma NTC 5512 de 2013.
Regulador de Carga Solar:	Norma NTC6016 de 2013	Define los requisitos de comportamiento y rendimiento de los controladores de carga de batería y todas las que apliquen para estos reguladores.
Inversores:	Norma NTC2183 de 2014 y NTC5759 de 2010	Establecen las pautas de medida de rendimiento de los acondicionadores de potencia usados en los sistemas fotovoltaicos aislados y en los conectados a la red eléctrica.
Baterías:	NTC 5287 de 2009	Suministra la información necesaria referente a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típicos utilizados para verificar la eficiencia de las baterías.

Fuente: Autores

9. Propuesta de sistema eléctrico alimentado con energía solar fotovoltaica para el centro experimental “el Tíbar”.

9.1.Consumo proyectado

Ya que el inmueble no presenta una habitabilidad, sin embargo, se busca interesar a la comunidad para el uso del domicilio como centro experimental, por lo tanto, los elementos establecidos en la tabla 10 buscan asemejar la posibilidad de tener dichas cargas, por lo tanto, se presentan los siguientes consumos.

Tabla 10
Consumos proyectados para la finca el Tíbar

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Tensión del sistema (V)	Intensidad (A)	Intensidad Total (A)	Horas de uso diario	Ah día	Energía diaria consumida (kWh/d)
mini equipo de sonido	1	120	120	120	1,00	1,00	1	1,00	0,12
Reproductor CD/ DVD	1	30	30	120	0,25	0,25	2	0,50	0,06
Computador portátil	2	100	200	120	0,83	1,67	3	5,00	0,6
Teléfono inalámbrico	1	5	5	120	0,04	0,04	1	0,04	0,005
Iluminarias	12	25	300	120	0,21	2,50	2	5,00	0,6
Proyector Video Beam	1	490	490	120	4,08	4,08	2,5	10,21	1,225
Tv LCD de 40"	1	150	150	120	1,25	1,25	2,5	3,13	0,375
Total	19	920	1295	840	7,67	10,79	14	24,88	2,985

Fuente: Autores.

9.2.Rendimiento de la instalación (R)

Una instalación eléctrica en un estado normal posee perdidas energéticas en el interior del sistema, dichas perdidas ocurren a causa de la integración de los componentes requeridos en el sistema baterías, inversores, reguladores, conductores y cargas, entre otros.

Por ello se realiza el cálculo de las pérdidas totales o rendimiento total de la instalación, reconociendo así, cuál debe ser el potencial energético del sistema solar fotovoltaico requerido para los consumos, para ello se dicta la siguiente ecuación en busca de hallar el coeficiente de pérdidas totales (R).

$$R= (1- (1 - b - c - v) *a*\frac{N}{Pd}) - b - c - v$$

En donde:

B = Coeficiente de perdidas por rendimiento en las baterías

C= Coeficiente de perdidas en el inversor

V= Coeficiente de otras perdidas

a = Coeficiente de descarga

$\boldsymbol{N}$**=**Días de Autonomía de la batería.

$\boldsymbol{P_d}$**=** Profundidad de descarga de la batería.

Por fines interpretativos se presenta la tabla 11 que resume la fórmula de rendimiento de la instalación -R- junto con la explicación de los valores para mayor claridad de los componentes de perdidas individuales

Tabla 11
Tabla de perdidas

TABLA DE RENDIMIENTOS			
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	VALOR	DESCRIPCIÓN
B	Coeficiente de perdidas por rendimiento en las baterías	0,1	Es la perdida que sufre el acumulador al transcurrir la vida útil del componente, siendo 0,1 valor máximo.
C	Coeficiente de perdidas en el inversor	0,1	Dados por la ficha técnica del inversor comprado (ver anexo g).
V	Coeficiente de otras perdidas	0,15	Es un valor muy usado en las edificaciones rurales, por su bajo número de conexiones, este se debe a las perdidas por caída de tensión en los conductores y las cargas del sistema.
A	Coeficiente de descarga	0,005	Es la perdida de energía que sufre la batería sin ser utilizada, este se debe a los factores externos (temperatura y humedad) siendo para casos extremos colocar 0,005.
N	Días de autonomía	2	Son los Días a la semana en que el sistema tendrá que suplir los consumos sin brillo solar.
Pd	Profundidad de descarga de la batería	0,65	Dados por la ficha técnica de la batería comprada, este se debe a la capacidad de descarga del componente, para el proyecto la batería a utilizar se podrá descargar hasta el 50%, si se sobrepasa la descarga, la batería se podrá dañar.
R	RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	0,64	

Fuente: Autores

9.3.Energía necesaria

La energía necesaria nos brinda la energía que requiere producir el sistema solar fotovoltaico, así pues, se modelan los consumos acordes a las necesidades de la vivienda (Ver tabla 12), previendo que los meses de enero, junio y julio tienen un factor de consumo bajo acosta de las vacaciones estudiantiles, por lo tanto, es poco probable que se realicen visitas al centro experimental de Choachí.

Tabla 12
Consumo anual en la vivienda.

MES	Factor de consumo	Promedio de radiación solar diario $kWh/m^2/d$	No de días en el mes	Energía consumida (kWh/d)	Indicador de oferta vs demanda energética.
ENERO	10%	4,72	31	0,2985	15,8124
FEBRERO	80%	4,56	28	2,3880	1,9095
MARZO	100%	4,4	31	2,9850	1,4740
ABRIL	130%	4,06	30	3,8805	1,0463
MAYO	120%	4,16	31	3,5820	1,1614
JUNIO	57%	4,16	30	1,7015	2,4450
JULIO	10%	4,09	31	0,2985	13,7018
AGOSTO	50%	4,15	31	1,4925	2,7806
SEPTIEMBRE	90%	4,5	30	2,6865	1,6750
OCTUBRE	130%	4,33	31	3,8805	1,1158
NOVIEMBRE	100%	4,27	30	2,9850	1,4305
DICIEMBRE	50%	4,43	31	1,4925	2,9682

Fuente: Autores

La energía consumida es el producto entre el factor de consumo y el total de la energía diaria consumida (ver tabla 10). Además, El factor de energía es hallado para identificar el mes en que la radiación solar es baja y los consumos son altos, relacionando el número menor con el mes más

crítico en oferta vs consumo energético. Este es calculado con el producto entre la radiación solar y la energía consumida.

Luego de hallar que el mes de octubre es el más crítico, se toma el valor de energía consumida expresado en kWh/día y se procede a calcular la energía necesaria.

Energía consumida = mes critico en oferta y demanda energético

Energía consumida = Octubre

Energía consumida = 3,88 kWh/día

Energía necesaria = energía consumida / rendimiento de la instalación (ver tabla 11)

Energía necesaria = 3,88 kWh/día / 0,637

Energía Necesaria = 6, 09 kWh/ día

9.4.Cálculos del sistema solar

9.4.1. Cálculo de módulos solares fotovoltaicos.

Para el cálculo de los módulos solares, se eligió por practicidad, economía y eficiencia el panel solar de 270 W emitido por la empresa Jinko Solar[3]; la ficha técnica de dicho panel solar se podrá encontrar en el anexo E, esta es muy importante en el cálculo del sistema, ya que proporciona datos relevantes como:

Potencia pico = 270Wp

Eficiencia del módulo = 16,50 %

Dimensiones = 1650 mm alto * 990 mm ancho * 40 mm

Corriente en la potencia máxima (Imax)= 8,52 A

[3] Empresa líder mundial en la fabricación y comercialización de módulos solares fotovoltaicos

Tensión máxima del módulo solar = 31,7

Luego de reconocer los datos más relevantes, se procede a hacer el cálculo de los paneles arrojando como resultado que se requiere de 5 paneles de 270W para atender la demanda del sistema. (Ver anexo de Excel, memorias de cálculos del sistema).

9.4.2. Calculo de baterías

El ingeniero (Robinson, 2018) presenta la tabla 13, la cual nos indica que acorde a la potencia de la instalación (para el centro experimental es 1295 W) se debe elegir una tensión en corriente continua ya establecida, esto evitara sobrecargas y deficiencias en el sistema.

Tabla 13
Criterio para tensiones de trabajo en C.C.

Potencia de la instalación			Voltaje de C.C de trabajo del sistema (V)
1	-	500	12
500,1	-	2500	24
2500,1	-	5000	48

Fuente: (Robinson, 2018)

A continuación, se presenta la tabla 14 que resume los datos utilizados para el cálculo de las baterías del sistema.

Tabla 14
Datos para cálculo de baterías

DATOS NECESARIOS		DESCRIPCIÓN
Energía necesaria (kWh/Dia)	6,092	Esta es calculada en el subíndice de energía necesaria
Días de autonomía	2	Son los Días a la semana en que el sistema tendrá que suplir los consumos sin brillo solar
Potencia total (W)	1295	Ver tabla 10 y hallar el cálculo de la potencia total del sistema

DATOS NECESARIOS		DESCRIPCIÓN
Voltaje del sistema	24	Ver tabla 13 y relacionarla con la potencia total.
Capacidad de la batería (Ah)	200	Escogida por los autores del proyecto, ver anexo f.
Profundidad de descarga	0,65	Este dato es arrojado por las características de la batería, ver anexo f.

Fuente: Autores

El número total de baterías requeridos para la instalación solar fotovoltaica es de 6 unidades, para ver el procedimiento más específico véase el anexo en formato Excel.

9.4.3. Cálculo de regulador requerido

Este sistema es de 5 paneles solares de 270 W, sin embargo, como medida de protección frente a sobrecargas se procede a calcular el controlador o regulador fotovoltaico, el cual cumplirá la función de proteger y alargar la vida útil de los componentes del sistema solar fotovoltaico en especial la batería. Para el cálculo se debe recordar la corriente máxima del módulo solar fotovoltaico y el número de módulos a instalar.

$$\mathrm{I_{regulador}} = \mathrm{NTP\ x\ Imodulo}$$

Donde:

Iregulador = Corriente requerida por el regulador

Imodulo = Imax del módulo = Corriente máxima del modulo

NTP = Número total de paneles

$$\mathrm{I_{regulador}} = 5 \text{ x } 8{,}52 \text{ A} = 42{,}6 \text{ A}$$

$$\mathrm{V_{regulador}} = \mathrm{V_{acumulador}} = \text{Voltaje del sistema} = 24\mathrm{V}$$

Luego de reconocer la Capacidad requerida para regular o controlar nuestro sistema de posibles descargas o sobretensiones, se eligió el regulador mppt de 20A a 24V marca Luxuri Electonic© (Ver anexo H) y se procedió a calcular el número de unidades con la siguiente formula:

$$\text{Unidades de reguladores requeridos} = \frac{\text{Corriente del sistema}}{\text{corriente del regulador elegido}}$$

$$\text{Unidades de reguladores requeridos} = \frac{42{,}6\ \text{A}}{20\ \text{A}} = 2{,}13\ \text{Unidades} \cong 3\ \text{Unidades}$$

Para soportar la intensidad total de los paneles solares, se establece que se requieren de 3 unidades de reguladores mppt de 20 marca Luxuri Electonic©.

9.4.4. Cálculo de inversor requerido

Para poder utilizar la energía producida por el sistema de energía solar fotovoltaica con los electrodomésticos planteados en la proyección de consumos de la finca, es necesario convertir o modificar la tensión de suministro ya que de lo contrario nuestros electrodomésticos no funcionarían, así se requiere de un equipo electrónico capaz de convertir 24 v a 120 v y una frecuencia de 0 Hz a 60 Hz. Por ello en este espacio se calcula el inversor requerido, de acuerdo con las especificaciones que brinda el Inversor de 1500W a 24V ZONHAN© (Ver anexo G) y así tener datos básicos como:

Eficiencia del inversor = 90%

Luego se realiza el cálculo de las unidades requeridas para convertir la energía utilizada por los electrodomésticos de la siguiente manera:

$$\text{P}_{\text{Inversor}} = \text{P}_{\text{sistema}}\ \text{x}\ (1 + (1 - \text{eficiencia del inversor})$$

$$\text{P}_{\text{Inversor}} = 1295\text{W x}(1 + (1 - 0{,}90))$$

$$\text{P}_{\text{Inversor}} = 1424{,}5 \cong 1425\ \text{W}$$

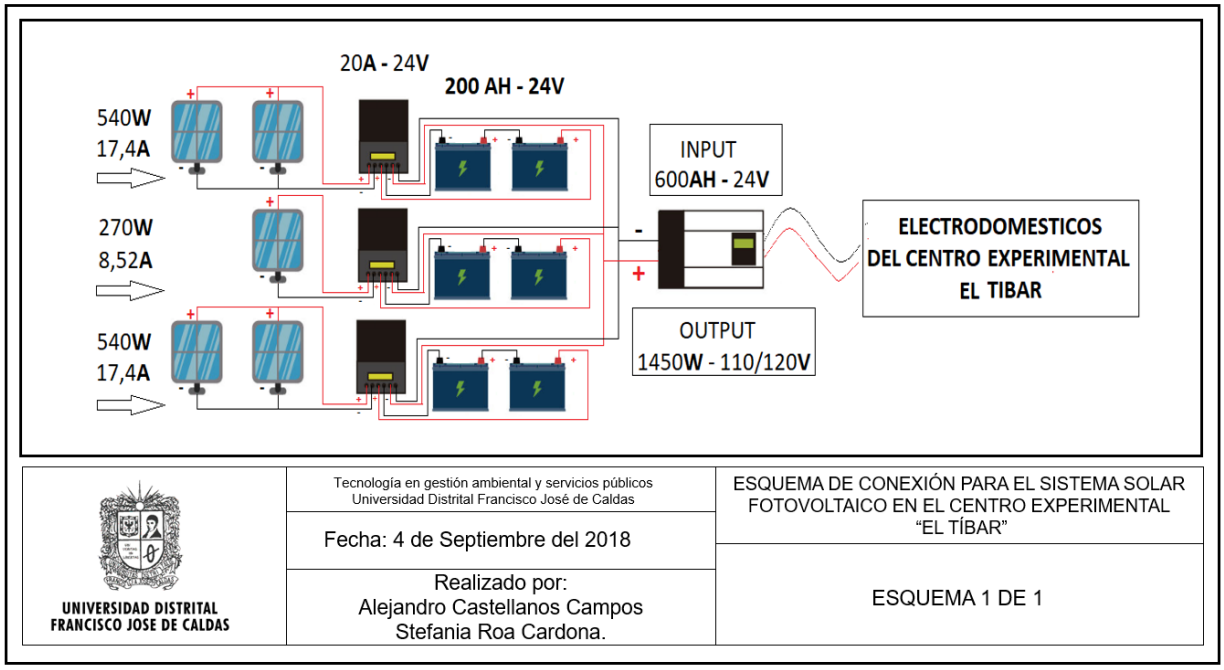
$$\text{Unidades de inversor requeridas} = \frac{\text{P Inversor}}{\text{Potencia del inversor Elegido}}$$

Donde: P sistema: es la potencia del sistema a alimentar con el sistema solar fotovoltaico

$$\text{Unidades de inversor requeridos} = \frac{1425\text{W}}{1500\text{W}} = 0{,}95 \text{ Unidades } \cong 1 \text{ Unidad}$$

Con este procedimiento de cálculos, se concluye que se requiere un inversor de 1500W para el sistema energético del predio el tíbar. (tutosingenieria, 2016).

Ilustración 8 Conexión del sistema solar fotovoltaico en el Tíbar



Fuente: Autores

En la ilustración 8 se evidencia el esquema de conexión propuesto para la instalación del sistema solar fotovoltaico acorde a los resultados obtenidos mediante los cálculos del 9.4.1 hasta el 9.4.4, los cuales corresponden al cálculo de paneles solares fotovoltaicos, baterías, reguladores e inversor respectivamente, logrando así acrecentar la eficiencia y durabilidad de los equipos en uso. También con esta ilustración se pretende brindar una guía sencilla para el personal encargado de realizar la instalación, evitando errores y/o daños en la instalación por malas conexiones entre los diferentes componentes del sistema solar fotovoltaico.

10. Dimensión económica.

Es importante en el proyecto tener en cuenta los costos tanto de los equipos que integran el sistema solar fotovoltaico, como los costos de instalación y el costo de mantenimiento de cada uno de estos.

10.1. Valor de los equipos.

Tabla 15
Valor de los equipos y costo de instalación.

INVERSIÓN INICIAL					
EQUIPO	CANT	VLR UNITARIO	VALOR TOTAL	VLR. POR INSTALACIÓN UNITARIA	INVERSIÓN TOTAL
Modulo Solar Fotovoltaico De 270 Wp A 24v -Jinko Solar	5	$ 680.672	$3.403.360	$ 27.500	$ 3.540.860
Regulador	3	$ 42.689	$ 128.067	$ 12.300	$ 164.967
Batería	6	$ 882.353	$ 5.294.118	$ 21.500	$ 5.423.518
Inversor De Onda Pura	1	$ 714.286	$ 714.286	$ 23.000	$ 737.286
Cable Calibre 12 Awg Rojo X 50 M	1	$ 60.924	$ 60.924	$ 12.300	$ 73.224
Cable Calibre 12 Awg Blanco X 50 M	1	$ 60.924	$ 60.924	$ 12.300	$ 73.224
Cable Calibre 14 Desnudo X 25 M	1	$ 39.832	$ 39.832	$ 12.300	$ 52.132
		SUBTOTAL			$10.064.811
		IVA (19%)			$ 1.912.314
TOTAL					$11.977.125

Fuente: Autores.

El valor de cada uno de los elementos del sistema solar fotovoltaico se puede observar en la tabla 15. Estos precios se obtuvieron en base a la cotización por internet en la página de Mercado Libre para Colombia, ya que allí se encuentra los precios para el presente año (2018), con un IVA del 19%; sin embargo, los precios pueden variar de acuerdo al vendedor. También podemos

observar el valor de la instalación por cada uno de los equipos. El precio de los equipos y su respectiva mano de obra para el Centro Experimental y de Investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas es de **$ 11.977.125**

10.2. Costos de mantenimiento

Tabla 16
Valor de mantenimiento de los equipos.

MANTENIMIENTO[4]			
EQUIPO	CANT	VLR. UNIT	VALOR TOTAL ANUAL
Modulo solar fotovoltaico de 270 Wp a 24V - Jinko Solar	5	$ 6.303	$ 31.515
Regulador de 20 Amperios -	3	$ 2.941	$ 8.823
Batería de 200 ah	6	$ 21.008	$ 126.048
Inversor de onda pura de 1500 W	1	$ 29.412	$ 29.412
Cable calibre 12 AWG rojo x 50 m	1	$ -	$ -
Cable calibre 12 AWG blanco x 50 m	1	$ -	$ -
Cable calibre 14 desnudo x 25 m	1	$ -	$ -
SUBTOTAL			$ 195.798
IVA (19%)			$ 37.202
TOTAL			$ 223.000

Fuente: Autores.

El precio de mantenimiento de cada uno de los equipos se puede ver en la tabla 16, estos precios son en base a la cotización realizada, por lo tanto, el precio del mantenimiento de los equipos para el Centro Experimental y de Investigación de la Universidad Distrital Francisco José de caldas es de $ 233.000 anual.

10.3. Costos totales

La tabla 17 se refleja la inversión total del sistema solar fotovoltaico para el Centro Experimental y de Investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas la cual es de

[4] Realizado a partir del quinto año de efectuada la instalación, cada dos años.

$ 12.210.125, el cual contempla los costos de los equipos con el IVA del 19%, el costo de la instalación y los costos de mantenimiento anuales.

Tabla 17
Costo anual de inversión del sistema solar fotovoltaico.

COSTOS TOTALES		
Costo	Valor ($)	
Costo de los equipos y costo de instalación, (para 25 años, tiempo estimado para la vida útil de los paneles solares)	$	11.977.125
Costos de mantenimiento.	$	233.000
Costo Anual de Inversión	$	12.210.125

Fuente: Autores.

10.4. Beneficios

Ahorro del costo por servicio público de energía eléctrica.

Tabla 18
Costo del servicio público de energía eléctrica proyectado

CONSUMO ENERGÉTICO					
MES	Energía consumida (kWh/día)	No de días en el mes	Energía consumida (kWh/mes)	Precio de la energía ($/kWh)	Valor total de la energía consumida ($/mes)
Enero	0,2985	31	9,2535	$ 445,70	$ 4.124
Febrero	2,3880	28	66,8640	$ 447,50	$ 29.921
Marzo	2,9850	31	92,5350	$ 449,30	$ 41.576
Abril	3,8805	30	116,4150	$ 451,11	$ 52.517
Mayo	3,5820	31	111,0420	$ 452,93	$ 50.295
Junio	1,7015	30	51,0435	$ 454,76	$ 23.213
Julio	0,2985	31	9,2535	$ 456,60	$ 4.225
Agosto	1,4925	31	46,2675	$ 458,44	$ 21.211
Septiembre	2,6865	30	80,5950	$ 460,29	$37.097
Octubre	3,8805	31	120,2955	$ 462,14	$ 55.594
Noviembre	2,9850	30	89,5500	$ 464,01	$ 41.552

CONSUMO ENERGÉTICO					
MES	Energía consumida (kWh/día)	No de días en el mes	Energía consumida (kWh/mes)	Precio de la energía ($/kWh)	Valor total de la energía consumida ($/mes)
Diciembre	1,4925	31	46,2675	$ 465,88	$ 21.555
TOTAL	27,6710	365	839,3820	5.468,65	$ 382.879

Fuente: Autores.

En la tabla 18 se observa la proyección del consumo anual para el Centro Experimental y de Investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas para el año 2018 el cual es de 839,3820 kWh/año, el cual según lo investigado en (publicos, 2018), el pecio kW/día para la vivienda rural estrato 2 es de $459,85 pesos, lo que quiere decir que el precio mensual promedio para el predio es de $31.907 pesos. Por lo tanto, el costo anual de facturación para el servicio público de energía eléctrica del Centro Experimental y de Investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas es de $382.879 pesos.

10.5. Tiempo de recuperación de la inversión inicial.

En el análisis para el resultado del tiempo de recuperación de la inversión inicial toma diferentes criterios, el primero de ellos es considerar la inversión inicial la cual es de $11.977.125 Luego de esto se consideró el ahorro del recibo de energía eléctrica a partir del año 1 el cual es de $ 382.879, ya que en este año es en el que se ve reflejado el beneficio (ver tabla 17); y se realizó la proyección a 25 años (años de vida útil del sistema solar fotovoltaico), en el cual se consideró la inflación para el servicio de energía eléctrica de 6,33% según histórico de precios datos dados por (Superintendencia de servicios publicos, 2018). El mantenimiento se realiza a partir del año 5 el cual su valor inicial es de $233.000 según la tabla 15 y después de este cada 2 año, para la proyección a 25 años se consideró la inflación del salario mínimo la cual es de 5,41%.

Tabla 19
Recuperación de inversión

TABLA DE RECUPERACION DE INVERSION						
#	Año	Inversión	Ahorro energético	Mantenimiento	Flujo neto	Flujo acumulado
0	2018	$ 11.977.125		$ -	-$ 11.977.125	-$ 11.977.125
1	2019	$ -	$ 382.879	$ -	$ 382.879	-$ 11.594.246
2	2020	$ -	$ 407.115	$ -	$ 407.115	-$ 11.187.131
3	2021	$ -	$ 432.886	$ -	$ 432.886	-$ 10.754.245
4	2022	$ -	$ 460.287	$ -	$ 460.287	-$ 10.293.958
5	2023	$ -	$ 489.423	$ 223.000	$ 712.423	-$ 9.581.534
6	2024	$ -	$ 520.404	$ -	$ 520.404	-$ 9.061.130
7	2025	$ -	$ 553.346	$ 247.129	$ 800.474	-$ 8.260.656
8	2026	$ -	$ 588.372	$ -	$ 588.372	-$ 7.672.284
9	2027	$ -	$ 625.616	$ 273.868	$ 899.484	-$ 6.772.800
10	2028	$ -	$ 665.218	$ -	$ 665.218	-$ 6.107.582
11	2029	$ -	$ 707.326	$ 303.500	$ 1.010.827	-$ 5.096.755
12	2030	$ -	$ 752.100	$ -	$ 752.100	-$ 4.344.655
13	2031	$ -	$ 799.708	$ 336.339	$ 1.136.047	-$ 3.208.609
14	2032	$ -	$ 850.329	$ -	$ 850.329	-$ 2.358.279
15	2033	$ -	$ 904.155	$ 372.731	$ 1.276.886	-$ 1.081.393
16	2034	$ -	$ 961.388	$ -	$ 961.388	-$ 120.005
17	2035	$ -	$ 1.022.244	$ 413.061	$ 1.435.305	$ 1.315.300
18	2036	$ -	$ 1.086.952	$ -	$ 1.086.952	$ 2.402.252
19	2037	$ -	$ 1.155.756	$ 457.754	$ 1.613.510	$ 4.015.761
20	2038	$ -	$ 1.228.915	$ -	$ 1.228.915	$ 5.244.677
21	2039	$ -	$ 1.306.706	$ 507.283	$ 1.813.988	$ 7.058.665
22	2040	$ -	$ 1.389.420	$ -	$ 1.389.420	$ 8.448.086
23	2041	$ -	$ 1.477.371	$ 562.171	$ 2.039.541	$ 10.487.627
24	2042	$ -	$ 1.570.888	$ -	$ 1.570.888	$ 12.058.515

TABLA DE RECUPERACION DE INVERSION						
#	Año	Inversión	Ahorro energético	Mantenimiento	Flujo neto	Flujo acumulado
25	2043	$ -	$ 1.670.325	$ 622.998	$ 2.293.323	$ 14.351.838
Total		**$ 11.977.125**	**$ 22.009.131**	**$ 4.319.832**		

Fuente: Autores.

Tasa Interna de Retorno (TIR)= 5,4%

Relación Beneficio/Costo= 1,351

En la tabla 19 se ve reflejado en detalle lo anteriormente descrito, considerando el flujo neto, esto permitió analizar las proyecciones en el tiempo y concluir que el tiempo de recuperación de la inversión del sistema solar fotovoltaico para el Centro Experimental y de Investigación “El Tíbar” es a los 17 años de su implementación, con una tasa de rentabilidad del 5,4%, y una relación de beneficio-costo del 1,351, lo que significa que los beneficios del proyecto son mayores que los costos.

11. Dimensión ambiental.

En la dimensión ambiental se calcula las emisiones de CO_2 en la generación de energía, esto con el fin de estimar el beneficio ambiental de este proyecto, lo anterior es basado en el trabajo de grado titulado "estudio de factibilidad para la implementación de energía solar fotovoltaica en la zona preescolar del colegio agustiniano" (Garzón Suárez & Martínez Salamanca, 2017).

11.1. Beneficio de reducción de emisiones CO_2.

La (UPME, FACTORES DE EMISION DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL COLOMBIA-SIN, 2017).determino que 1 kWh de energía eléctrica en Colombia genera 0,2129 kg de CO2, así pues, al observar que la energía que se estima consumir en el centro experimental el tíbar es 27,6710 kWh/año.

Calculo de la emisión de CO2 para los consumos del centro experimental el tíbar

839,3820 kWh/año x 0,2129 kg CO2/kWh = 178,704 Kg CO2/ año

Además por la emisión de 1 tonelada de CO2 emitida a la atmosfera en la producción energética por quema de combustibles en Colombia se debe pagar un valor de $15.764 pesos (bank, 2017), así por 1 kg de CO2 emitidos se debe de cancelar $15,76 pesos, por lo tanto el ahorro energético requerirá que no se produzca energía y por lo tanto no se generen emisiones CO2.

Calculo de beneficio económico por emisión CO2

15,76 $/Kg CO2 x 178,704 kg CO2/ año = $ 2817 pesos /año

12. Resultados

La propuesta del sistema solar fotovoltaico se realizó para la cabaña del Centro Experimental y de Investigación “El Tíbar”, ya que por sus características estructurales es la más adecuada del predio.

Los resultados obtenidos de los cálculos efectuados se presentan a continuación, en las tablas de la 20 a la 24, haciendo más practico el entendimiento del lector.

Tabla 20
Datos generales (base para cálculos)

DATOS GENERALES		
Energía consumida	2985	Wh/d
Energía necesaria	6,06	kWh/día
Necesidad del usuario	3582	Wh/d
Tensión de los electrodomésticos	120	V
Tensión del sistema	24	V
Rendimiento de la instalación	0,64	
Potencia total del sistema	1295	W
Días de autonomía	2	Días

Fuente: Autores.

Tabla 21
Calculo del módulo solar fotovoltaico

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	VALOR	EXPRESIÓN
Π	Pi	3,141592	-
Dn	Día de consumo máximo	289	Días

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	VALOR	EXPRESIÓN
Gd	Radiación mínima anual	4060	Wh/m2
EN	Energía necesaria	6,06328125	kWh/día
S	Declinación solar	-9,966257972	N/A
Ws	Angulo de salida del sol	-89,214229	GRADOS
Wss	Angulo de salida del sol sobre un plano inclinado	-89,214229	GRADOS
E	Factor de excentricidad	1,033	N/A
Hd	Radiación sobre el plano horizontal	10362,6128	Wh/m2
Ktm	Indice de claridad	0,391793081	N/A
Fdm	Fracción difusa de la radiación	0,557273818	N/A
Dd	Radiación difusa	2262,531702	Wh/m2
H	Radiación que llega al plano inclinado	1797,468298	Wh/m2
K	Factor de corrección	1,062902927	N/A
H(b,a)	Radiación directa sobre el panel inclinado	1910,534316	Wh/m2
Db	Radiación difusa sobre el panel inclinado	3325,573874	Wh/m2
Al	Radiación albedo sobre el panel inclinado	24,48479596	Wh/m2

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	VALOR	EXPRESIÓN
G	Radiación total sobre el panel inclinado	5260,592985	Wh/m2
HPS (h)	Horas pico solares	5,260592985	Horas
Pp	Potencia pico	1152,58513	W
Np	Numero de paneles solares	5	PANELES SOLARES

Fuente: Autores

Nota: Para ver el proceso exacto ver el anexo de memorias de cálculos en el formato Excel.

Tabla 22
Calculo de batería

NOMBRE DE FORMULA	SÍMBOLO	FORMULA	VALOR
CAPACIDAD 1	C1	Capacidad 1 = Energía necesaria x Días de autonomía	12,12
CAPACIDAD 2	C2	Capacidad 2 = Capacidad 1 / Voltaje del sistema	291,03
CAPACIDAD 3	C3	Capacidad 3 = Capacidad 2 / Profundidad de descarga	447,75

Fuente: Autores

Tabla 23 Calculo para las unidades de regulación

REGULADOR MPPT DE 20A A 24V MARCA LUXURI ELECTONIC©			
ÍTEM	VALOR	UNIDAD	FORMULA
Corriente máxima del panel solar	8,52	Amper	N/A
Numero de paneles solares	5	Paneles	N/A
Capacidad de regulación requerida	42,6	Amper	Capacidad = #paneles x Corriente Max del panel solar
Numero de reguladores requeridos	3	Reguladores	No. de reguladores = Capacidad/corriente del regulador

Fuente: Autores

Tabla 24
Calculo de unidades de inversores

INVERSOR DE 1500W A 24V ZONHAN©		
Potencia requerida	1424,5	W
Eficiencia del inversor	90,00%	%
Potencia del inversor 1	1500	W
Numero de inversores	1	Unidades

Fuente: Autores

En el Centro Experimental y de Investigación "El Tíbar" no presenta consumo actualmente, ya que se encuentra en estado de abandono. En este proyecto se planteó unos consumos básicos, en el caso de que se llegue utilizar este predio con fines académicos. Los consumos proyectados fueron de 2,985 kW/h, en donde se tuvo en cuenta la lejanía del sitio.

Al realizar los cálculos de la propuesta del sistema de energía solar fotovoltaica, basados en el libro de (Tobajas Vásquez , 2014) titulado "*Instalaciones Solares Fotovoltaicas"*, se consideró un margen de seguridad del 20%, la necesidad del usuario la cual es de 6,06 kW/h, para un sistema de 24V de tensión. Se obtuvo los siguientes datos:

- 5 módulos solares fotovoltaicos de 270 WP a 24v -Jinko solar.
- 6 baterías (12V 200 Ah).
- 3 reguladores 20a a 24V marca Luxuri Electonic©
- 1 inversor de 1500W a 24V Zonhan©.

La dimensión económica este sistema solar fotovoltaico tendrá una inversión inicial de $11.977.125 considerando el costo de los equipos, la cual se recuperará a los 17 años.

En cuanto a la dimensión ambiental del proyecto durante sus 25 años generaría $20984{,}5\ kW$, los cuales con el sistema solar fotovoltaico en funcionamiento se evitarán $3.750\ Ton\ CO_2$, contribuyendo a la mitigación del calentamiento global.

Por último, se presenta la tabla 25, en donde se resumen la cantidad de elementos necesarios para el sistema solar fotovoltaico con la marca y características específicas.

Tabla 25
Tabla resumen de elementos requeridos

NOMBRE DEL ELEMENTO	CANTIDAD
Panel solar fotovoltaico Jinko JKM 270PP	5
Inversor Zonhan onda senoidal pura de 6000w	6
Regulador Luxury 20A 12/24v	3
Batería tb12-200 (12v200ah) Impronde SAS	1

Fuente: Autores

13. Conclusiones

Como se evidencia en la visita al Centro Experimental y de Investigación “El Tíbar”, se presenta abandono del predio, pero a futuro por las condiciones del diagnóstico de oferta energética y características geográficas que presenta puede llegar a ser un sitio de aprovechamiento para investigaciones sobre la energía solar fotovoltaica como una fuente de energía no convencional; estas características abastecen la demanda energética haciendo factible la propuesta del sistema de energía solar fotovoltaico en el predio. De esta forma este proyecto contribuye tanto la comunidad estudiantil, como al medioambiente ya que incentivaría la apropiación de este lugar y ayudaría a mitigar el cambio climático reduciendo los gases efecto invernadero y produciendo energía de una fuente inagotable.

Se observar que este proyecto es de pequeña escala (menor o igual a 100 kW), y tiene como finalidad la autogeneración para el predio, con el fin de suplir el consumo energético total del mismo.

Este predio cuenta con el espacio suficiente para implementar un sistema solar fotovoltaico, el cual es beneficiado por un brillo solar de aproximadamente 5,23 horas/día el cual es suficiente para que el sistema funcione correctamente y su promedio de irradiación media mensual de 4,31 kWh/$\boldsymbol{m^2}$/día, se concluye, así pues, que la irradiación mensual en Choachí es baja en comparación a los demás territorios de la nación.

En un principio se estima una demanda de energía bastante baja (aproximadamente del 2,985 kW/h diarios), pero a futuro y dependiendo de la apropiación del espacio por parte de la universidad estos consumos pueden aumentar considerablemente. De acuerdo al análisis realizado, se necesitan 5 paneles para abastecer la demanda energética total del consumo estimado.

Por otra parte, la ley 1715 del 2014 establece cuatro beneficios tributarios, para este proyecto (deducción del impuesto sobre renta, exclusión del IVA en productos y servicios, exclusión del gravamen arancelario y la depreciación acelerada).

La posible inversión para la ejecución del proyecto propuesto se recuperaría al año 17, ocho años antes de que se cumpla la vida útil del sistema solar fotovoltaico, logrando una retribución económica cercana a los $ 14.351.838,con lo que podría reinvertir en un nuevo sistema solar y dejar el obsoleto. Además, este proyecto está directamente relacionado con la mitigación a los impactos ambientales causados en parte por la quema de combustibles en la generación energética disminuyendo los gases efecto invernadero emitidos por el predio “El Tíbar”, junto a la mitigación ambiental se pretende impulsar a futuro en la comunidad estudiantil la investigación sobre esta energía no convencional, logrando de esta forma que el proyecto sea factible.

14. Recomendaciones

Se recomienda utilizar equipos de bajo consumo de energía electica como, por ejemplo:

- Bombillos tipo led, ya que estas consumen aproximadamente 80% menos de energía eléctrica que un foco común.
- Sensores de movimiento para que no haya gasto de energía innecesaria cuando no haya presencia de personas en las instalaciones, ya que estas funcionan en presencia de movimiento.

Se recomienda la implementación del sistema solar fotovoltaico para el Centro Experimental y de Investigación “El Tíbar”, con el fin de promover en la comunidad estudiantil la apropiación de este espacio, mediante la formación de semilleros de investigación sobre las fuentes de no convencionales, de esta forma contribuir a la mitigación del cambio climático y al desarrollo sostenible del país.

Se recomienda capacitar a la Universidad Distrital sobre los espacios que ofrece, y sobre los beneficios tributarios que otorga la ley 1715 del 2014 para promover el desarrollo y utilización de las energías alternativas no convencionales.

Bibliografía

Congreso Nacional de la Republica, C. (13 de mayo de 2014). Ley 1715 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Bogotá D.C, Colombia: Diarío oficial.

Garzón Suárez , D. A., & Martínez Salamanca, J. S. (2017). *FOTOVOLTAICA EN LA ZONA PREESCOLAR DEL COLEGIO AGUSTINIANO.* Recuperado el 15 de Abril de 2018, de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6212/1/Garz%25C3%25B3nSu%25C3%25A1rezDianaAlejandra2017.pdf

Azarquieltecnologia. (s.f.). *Proceso de Cálculo de Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Recuperado el 18 de 01 de 2018, de Proceso de Cálculo de Instalaciones Solares Fotovoltaicas: http://laboral2tecnologia.wikispaces.com/file/view/PROCESO%2520AISLADAS%5B1%5D.pdf/293460368/PROCESO%2520AISLADAS%5B1%5D.pdf

bank, T. w. (20 de 12 de 2017). *Carbon tax* . Obtenido de https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data

Barros, V. (2005). *Cambio climático global.* Buenos Aires: Libros del Zorzal.

Beltrán, J. A., & Ortiz, S. L. (2017). *Ortofotografia del predio El Tibar perteneciente a la Universidad Distrital (Tesis de pregrado).* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

Castillo, Y., Castrillón , M., Vanegas, M., Valencia, G., & Villicaña, E. (2014). *Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía.* Recuperado el 15 de 03 de 2017, de http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a05.pdf

Componentes de una instalacion solar fotovoltaica. (s.f.). Recuperado el 03 de 09 de 2017, de http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf

CVN. (s.f.). *Colombia una potencia en energias alternativas*. Recuperado el 08 de 04 de 2017, de http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html

CVN. (s.f.). *Colombia una potencia en energías alternativas*. Recuperado el 08 de 04 de 2017, de http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html

FOCER. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica.* San José, Costa Rica: Copyrigh.

Google. (2017). *Google Maps*. Recuperado el 24 de 08 de 2017, de https://www.google.com.co/maps/place/Ubaque-Choach%C3%AD,+Choach%C3%AD,+Cundinamarca/@4.5103627,-73.9213715,17z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3fbea05df2b2f9:0x1462cb6654763cea!8m2!3d4.5119182!4d-73.921891

Guillen Solis, O. (2012). *ENERGIAS RENOVABLES.* Mexico D.F : Trillas,S.A de C. V. .

Gutierrez Pardo, A. (2016). *Plan de desarollo 2016- 2019.* Recuperado el 15 de 05 de 2017, de Alcaldia De Choachi: http://choachi-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/30363665623037386465386665383333/plan-de-desarrollo-choachi-2016-2019.pdf

Harper, G. E. (2014). *Instalaciones y sistemas fotovoltaicos* (Primera ed.). Mexico: Limusa.

IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014.* Recuperado el 15 de 03 de 2017, de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

IDEAM. (s.f.). *Atlas Interactivo*. Recuperado el 15 de Abril de 2018, de http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html

ImproindeSAS. (s.f.). *Baterías TB12-200 (12V200AH).* Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de https://docs.wixstatic.com/ugd/821e2a_c9be8cfbcbe945ea9315b41aadf5e23c.pdf

IPCC. (1988). *IPCC.* Recuperado el 05 de 09 de 2017, de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/mains1.html

Jara, W. (2006). *Energías Renovables No Convencionales.* Santiago de Chile: Leaders S.A.

JinkoSolar. (s.f.). *Panel JKM270PP-60.* Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de https://www.jinkosolar.com/ftp/SP-MKT-270PP_rev2014.pdf

Jutglar, L. (2004). *Energía solaR.* Barcelona: Ediciones Ceac.

Méndez, J., & Cuervo, R. (2007). *Energía solar fotovoltaica.* Madrid: Fundación Confemental.

Mercado Libre Colombia. (2018). Recuperado el 15 de Abril de 2018, de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-468569423-regulador-controlador-panel-solar-mppt-20-amper-12-24-vdc-_JM

NASA. (2 de 08 de 2018). *Atmospheric Science Data Center -EOS WEB.* Obtenido de https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?&email=rets@nrcan.gc.ca&step=1&p=&lat=4.507699&submit=Submit&lon=-73.920113

OMM. (2016). *Declaración de la OMM Sobre el estado del clima mundial en 2015.* Recuperado el 05 de Septiembre de 2017, de https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1167_es.pdf

Pasqualino, J., Cabrera, C., & Vanegas, M. (2014). *Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano.* Recuperado el 15 de 04 de 2017, de http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a08.pdf

PROVIENTO. (28 de 10 de 2016). *INVERSORES.* Obtenido de http://www.proviento.com.co/inversores.html

publicos, S. d. (mayo de 2018). *SUI.* Recuperado el 20 de mayo de 2018, de http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_095

Robinson, M. (08 de 02 de 2018). *Electricidad Y Matematicas*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=ORU-1g-B3ls&index=5&list=PLJv1kGaESdua4kp5Ey4uDRlkS7nj71yrZ

Rodreck, D., Patrick, N., & Adock, D. (16 de Julio de 2013). *A cost-benefit analysis of document management strategies used at a financial institution in Zimbabwe: A case study*. Recuperado el 15 de Abril de 2018, de https://sajim.co.za/index.php/SAJIM/article/view/540/640

Tobajas Vásquez , C. (2014). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

tutosingenieria. (18 de 10 de 2016). *Cálculo de autonomia, baterias e inversor*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=Q6oWXc5tO60

UPME. (2015). *Plan energetico nacional colombia: Ideario Energético 2050.* Recuperado el 21 de 05 de 2017, de http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetic9o2050.pdf

UPME. (31 de agosto de 2016). *UPME.* Recuperado el 15 de 02 de 2017, de http://www1.upme.gov.co/Documents/Registro_Proyectos_Generacion_Ago2016.pdf#search=proyectos

UPME. (2017). *FACTORES DE EMISION DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL COLOMBIA-SIN.* Recuperado el 19 de 5 de 2018

Vargas, P. (2009). *El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú.* Perú: Working Paper series.

Congreso Nacional de la Republica, C. (13 de mayo de 2014). Ley 1715 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Bogotá D.C, Colombia: Diarío oficial.

Garzón Suárez , D. A., & Martínez Salamanca, J. S. (2017). *FOTOVOLTAICA EN LA ZONA PREESCOLAR DEL COLEGIO AGUSTINIANO.* Recuperado el 15 de Abril de 2018, de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6212/1/Garz%25C3%25B3nSu%25C3%25A1rezDianaAlejandra2017.pdf

Azarquieltecnologia. (s.f.). *Proceso de Cálculo de Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Recuperado el 18 de 01 de 2018, de Proceso de Cálculo de Instalaciones Solares Fotovoltaicas: http://laboral2tecnologia.wikispaces.com/file/view/PROCESO%2520AISLADAS%5B1%5D.pdf/293460368/PROCESO%2520AISLADAS%5B1%5D.pdf

bank, T. w. (20 de 12 de 2017). *Carbon tax* . Obtenido de https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data

Barros, V. (2005). *Cambio climático global.* Buenos Aires: Libros del Zorzal.

Beltrán, J. A., & Ortiz, S. L. (2017). *Ortofotografia del predio El Tibar perteneciente a la Universidad Distrital (Tesis de pregrado).* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

Castillo, Y., Castrillón , M., Vanegas, M., Valencia, G., & Villicaña, E. (2014). *Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía.* Recuperado el 15 de 03 de 2017, de http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a05.pdf

Componentes de una instalacion solar fotovoltaica. (s.f.). Recuperado el 03 de 09 de 2017, de http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf

CVN. (s.f.). *Colombia una potencia en energias alternativas*. Recuperado el 08 de 04 de 2017, de http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html

CVN. (s.f.). *Colombia una potencia en energías alternativas*. Recuperado el 08 de 04 de 2017, de http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html

FOCER. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica.* San José, Costa Rica: Copyrigh.

Google. (2017). *Google Maps*. Recuperado el 24 de 08 de 2017, de

https://www.google.com.co/maps/place/Ubaque-Choach%C3%AD,+Choach%C3%AD,+Cundinamarca/@4.5103627,-73.9213715,17z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3fbea05df2b2f9:0x1462cb6654763cea!8m2!3d4.5119182!4d-73.921891

Guillen Solis, O. (2012). *ENERGIAS RENOVABLES.* Mexico D.F : Trillas,S.A de C. V. .

Gutierrez Pardo, A. (2016). *Plan de desarollo 2016- 2019.* Recuperado el 15 de 05 de 2017, de Alcaldia De Choachi: http://choachi-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/30363665623037386465386665383333/plan-de-desarrollo-choachi-2016-2019.pdf

Harper, G. E. (2014). *Instalaciones y sistemas fotovoltaicos* (Primera ed.). Mexico: Limusa.

IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014.* Recuperado el 15 de 03 de 2017, de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

IDEAM. (s.f.). *Atlas Interactivo*. Recuperado el 15 de Abril de 2018, de http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html

ImproindeSAS. (s.f.). *Baterías TB12-200 (12V200AH).* Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de https://docs.wixstatic.com/ugd/821e2a_c9be8cfbcbe945ea9315b41aadf5e23c.pdf

IPCC. (1988). *IPCC.* Recuperado el 05 de 09 de 2017, de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/mains1.html

Jara, W. (2006). *Energías Renovables No Convencionales.* Santiago de Chile: Leaders S.A.

JinkoSolar. (s.f.). *Panel JKM270PP-60.* Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de https://www.jinkosolar.com/ftp/SP-MKT-270PP_rev2014.pdf

Jutglar, L. (2004). *Energía solaR.* Barcelona: Ediciones Ceac.

Méndez, J., & Cuervo, R. (2007). *Energía solar fotovoltaica.* Madrid: Fundación Confemental.

Mercado Libre Colombia. (2018). Recuperado el 15 de Abril de 2018, de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-468569423-regulador-controlador-panel-solar-mppt-20-amper-12-24-vdc-_JM

NASA. (2 de 08 de 2018). *Atmospheric Science Data Center -EOS WEB.* Obtenido de https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?&email=rets@nrcan.gc.ca&step=1&p=&lat=4.507699&submit=Submit&lon=-73.920113

OMM. (2016). *Declaración de la OMM Sobre el estado del clima mundial en 2015.* Recuperado el 05 de Septiembre de 2017, de https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1167_es.pdf

Pasqualino, J., Cabrera, C., & Vanegas, M. (2014). *Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano.* Recuperado el 15 de 04 de 2017, de http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a08.pdf

PROVIENTO. (28 de 10 de 2016). *INVERSORES.* Obtenido de http://www.proviento.com.co/inversores.html

publicos, S. d. (mayo de 2018). *SUI.* Recuperado el 20 de mayo de 2018, de http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_095

Robinson, M. (08 de 02 de 2018). *Electricidad Y Matematicas*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=ORU-1g-B3ls&index=5&list=PLJv1kGaESdua4kp5Ey4uDRlkS7nj71yrZ

Rodreck, D., Patrick, N., & Adock, D. (16 de Julio de 2013). *A cost-benefit analysis of document management strategies used at a financial institution in Zimbabwe: A case study*. Recuperado el 15 de Abril de 2018, de https://sajim.co.za/index.php/SAJIM/article/view/540/640

Tobajas Vásquez , C. (2014). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

tutosingenieria. (18 de 10 de 2016). *Cálculo de autonomia, baterias e inversor*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=Q6oWXc5tO60

UPME. (2015). *Plan energetico nacional colombia: Ideario Energético 2050.* Recuperado el 21 de 05 de 2017, de http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetic9o2050.pdf

UPME. (31 de agosto de 2016). *UPME.* Recuperado el 15 de 02 de 2017, de http://www1.upme.gov.co/Documents/Registro_Proyectos_Generacion_Ago2016.pdf#search=proyectos

UPME. (2017). *FACTORES DE EMISION DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL COLOMBIA-SIN.* Recuperado el 19 de 5 de 2018

Vargas, P. (2009). *El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú.* Perú: Working Paper series.

Anexos.

Anexo A
Lista de chequeo de red eléctrica

	PROPUESTA DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL "EL TIBAR".	UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
	ETAPA DIAGNOSTICA	
	LISTA DE CHEQUEO	

Diligenciado por	ALEJANDRO CASTELLANOS CAMPOS		C.C	1023970663	TEL	3103097271
CARGO	Estudiante	Inst.	Universidad Distrital			FECHA: 1/04/2018

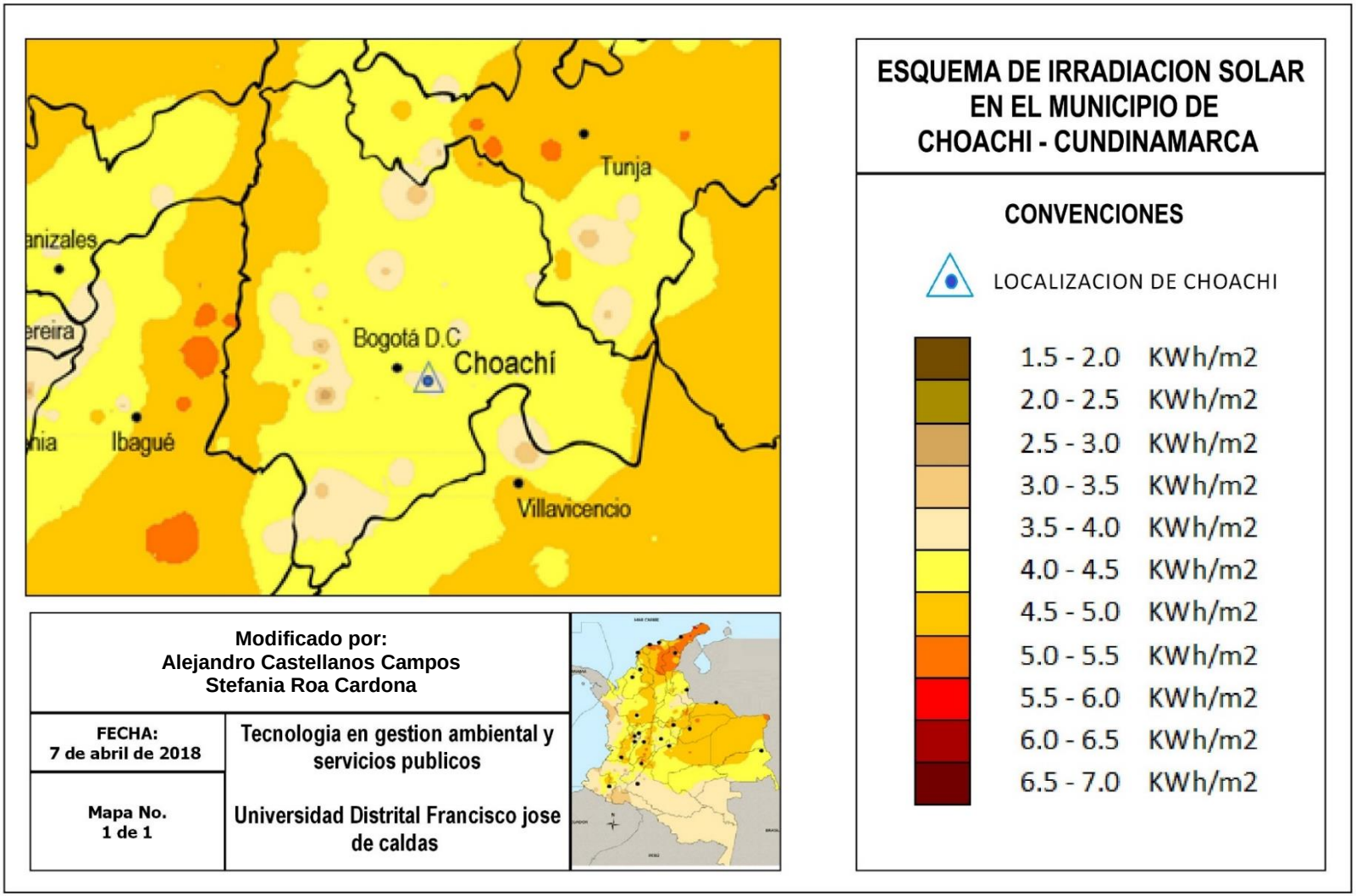
	DATOS BASICOS DEL PREDIO					OBSERVACIONES
1	¿La Finca cuenta con energia electrica?		SI ■	NO □		
	Si responde (SI) continue el segundo item, de lo contrario salte al 9º Item					
2	¿Cual empresa presta el servicio electrio al domicilio? Empresa de energia de cundinamarca ESP					
3	¿Cuantas fases Posee el sistema electrico?		1 ■	2 □	3 □	
	COMPONENTES DE LA INSTALACION					
4	La instalacion electrica cuenta con:					
	Sistema de pueta a tierra		SI ■	NO □		
	Tableros de distribucion		SI ■	NO □		
	Sistema pararrayos		SI □	NO ■		
5	¿Cuantos circuitos posee la isntalacion electrica residencial ?		≤2 □	3 □	4≤ ■	
6	¿Hay precencia de electrodomesticos?		SI ■	NO □		Estufa electrica
7	¿Cual es la potencia Total de los electrodomesticos?					0 W
8	¿Cual es la potencia total del sistema de iluminacion?					154 W
9	¿ Cuantas personas residen en la vivienda?					0
10	¿Cual es el objeto de la vivienda?					
	Unifamiliar	Multifamiliar	Centro experimental	■	Otra	
11	Cuantos habitantes visitan la vivienda mensualmente					
	1a 5	6 a 15	16 a 30	31 a 50	51 a 70	71 a 100	100≤
12	¿Existen cortos electricos en el domicilio ?				SI □	NO ■	
13	¿La instalacion electrica es acorde a el RETIE ?				SI □	NO ■	
14	¿La vivienda Posee un techo adecuado para posible instalacion de un Sistema Solar Fotovoltaico?				SI ■	NO □	

15 Ralice una breve descripcion del estado de la vivienda junto a la instalacion electrica residencial

La Vivienda cuenta con una red electrica convencional, sin embargo la instalacion no cumple con los requisitos minimos en el reglamento tecnico de instalaciones electricas, de seguridad y distribucion de circuitos, ver anexos fotograficos.

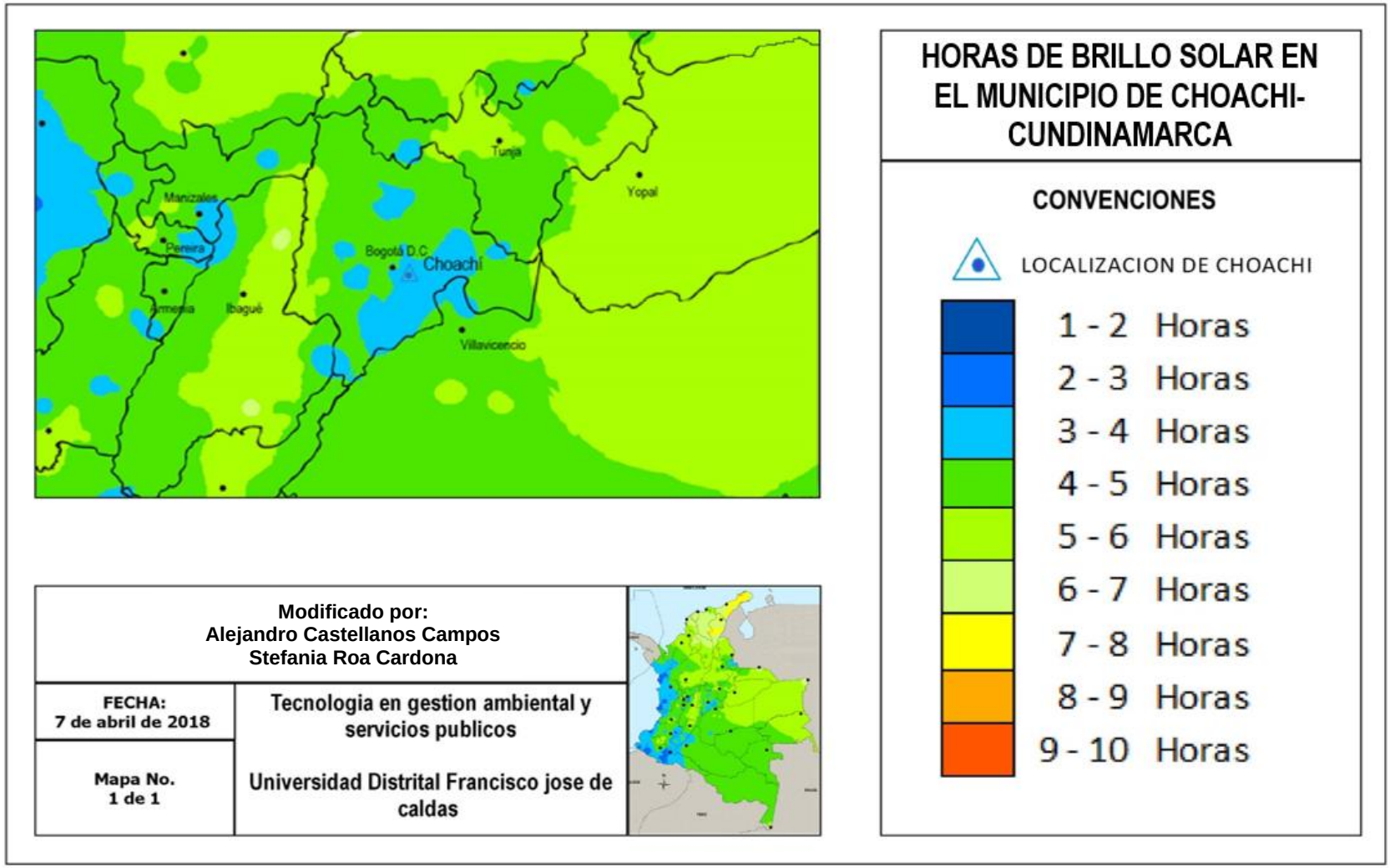
Lista de chequeo realizada por autores del Proyecto

Anexo B
Plano de irradiación solar en el municipio de Choachí.



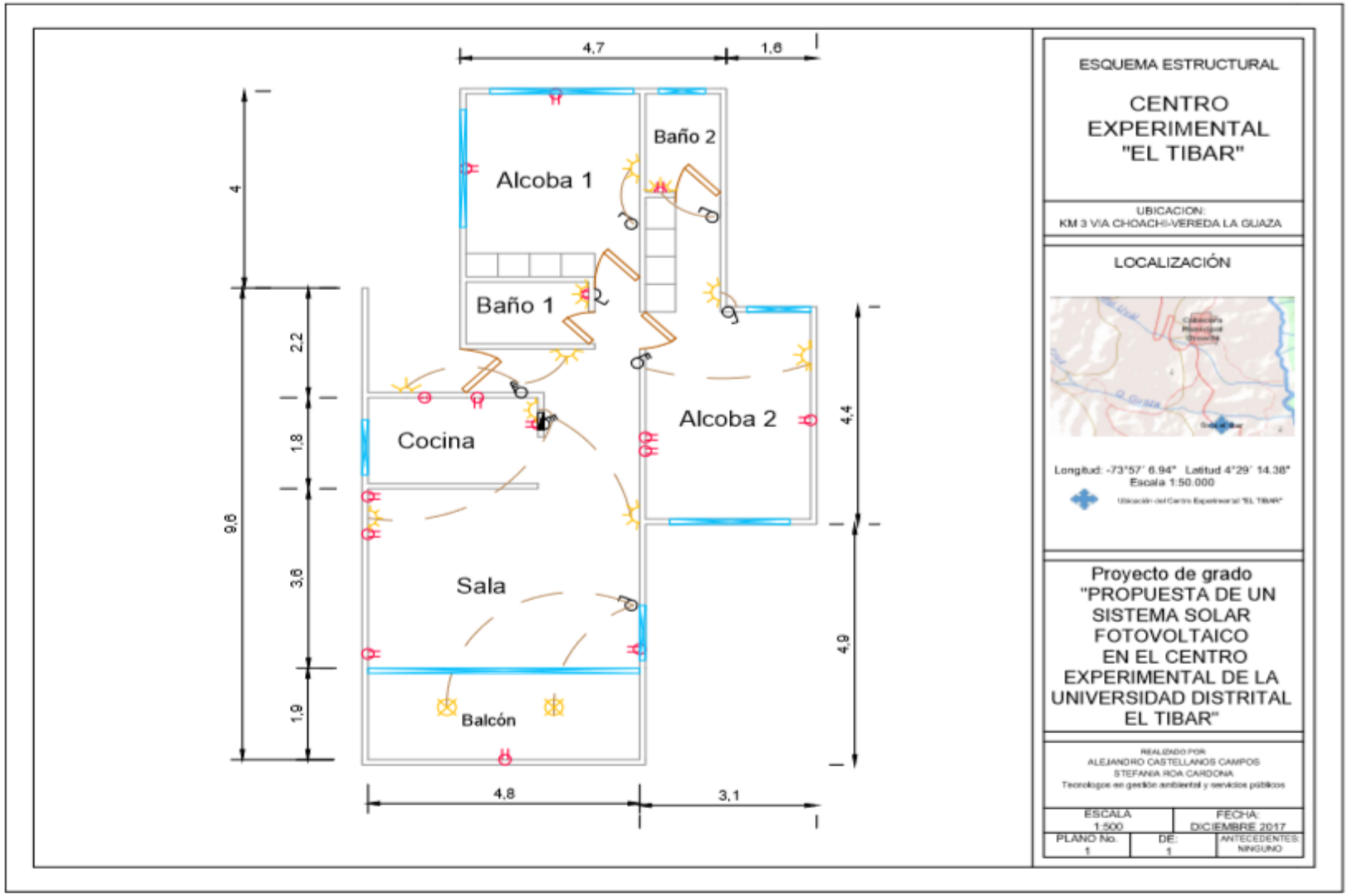
Fuente: (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.) Editado por los autores.

Anexo C
Plano horas de brillo solar en Choachí.



Fuente: (IDEAM, Atlas Interactivo, s.f.) *Editado por los autores.*

Anexo D
Plano instalación eléctrica del centro experimental el Tíbar.



Fuente: Autores.

Anexo E
Ficha técnica del módulo solar fotovoltaico

www.jinkosolar.com

Building Your Trust in Solar

JKM270PP-60
255-270 Vatios
MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+3%

Fábrica con certificación ISO9001:2008, ISO14001:2004,OHSAS18001
Productos con certificación IEC61215, IEC61730

Principales características

Célula solar 4 bus bar:
La célula solar 4 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.

Potencia Elevada:
Los módulos de 60 células policristalinos alcanzan potencias de hasta 270Wp.

Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):
Se garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo Eagle causada por la Degradación Potencial Inducida (PID por sus siglas en inglés) bajo condiciones de 60°C/85% de humedad relativa para la producción en masa..

Rendimiento con baja irradiación lumínica:
El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.

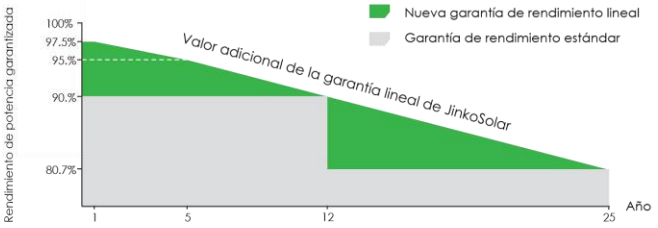
Resistencia en condiciones climatológicas adversas:
Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).

Resistencia en condiciones ambientales extremas:
Alta resistencia a la brisa marina y al amoniaco, certificado por TÜV NORD.

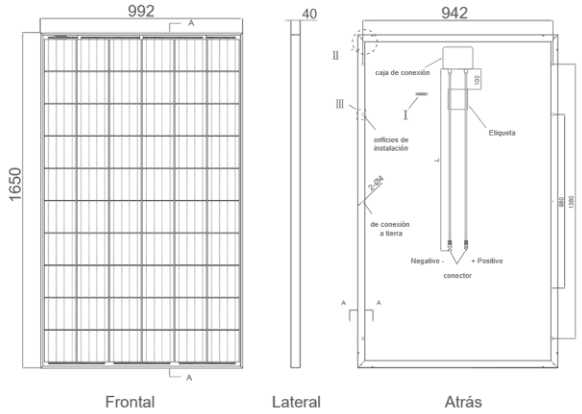
Coeficiente de Temperatura:
El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

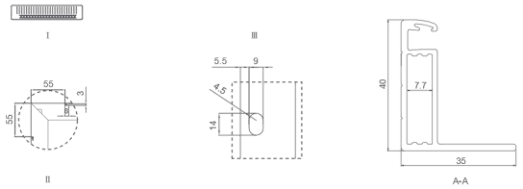
GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto • 25 Años de garantía de potencia lineal



Dibujos técnicos



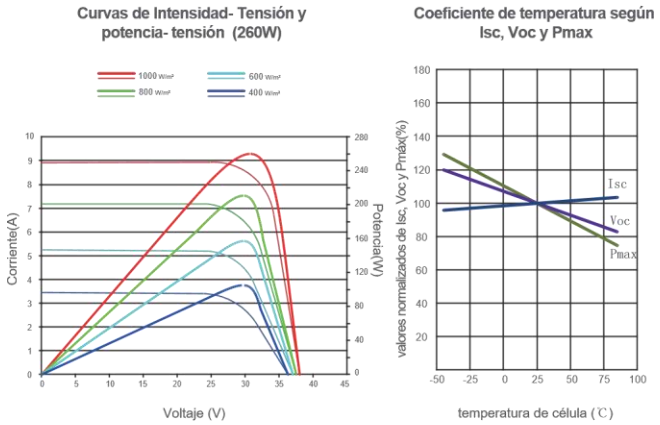


Embalaje

(Dos cajas = un palet)

25 pzs./caja, 50 pzs./caja, 700 pzs./40 'HQ contenedores

Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina 156×156mm (6 pulgadas)
Nº de células	60 (6×10)
Dimensiones	1650×992×40mm (65,00×39,05×1,57 pulgadas)
Peso	19.0kg (41.9 libras)
Vidrio frontal	3,2 mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1×4,0 mm², longitud:900 mm

ESPECIFICACIONES

Tipo• de• módulo	JKM255PP		JKM260PP		JKM265PP		JKM270PP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal• (Máx.)	255Wp	190Wp	260Wp	194Wp	265Wp	198Wp	270Wp	202Wp
Tensión • en• el• punto• Pmáx-VMPP• (V)	30.8V	28.1V	31.1V	28.3V	31.4V	28.7V	31.7V	29.0V
Corriente • en • el • punto• Pmáx-IMPP• (A)	8.28A	6.75A	8.37A	6.84A	8.44A	6.91A	8.52A	6.97ª
Tensión• en• circuito• abierto-VOC• (V)•	38.0V	35.0V	38.1V	35.1V	38.6V	35.3V	38.8V	35.6V
Corriente• de• cortocircuito-ISC• (A)•	8.92A	7.22A	8.98A	7.26A	9.03A	7.31A	9.09A	7.35ª
Eficiencia• del• módulo• (%)	15.58%		15.89%		16.19%		16.50%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C							

Tensión• máxima• del• sistema	1000VDC (IEC)
VALORES• máximos• recomendados• de• los• fusibles	15A
Tolerancia• de• potencia• nominal• (%)	0~+3%
Coeficiente• de• temperatura• de• PMAX	-0.40%/°C
Coeficiente• de• temperatura• de• VOC	-0.30%/°C
Coeficiente• de• temperatura• de• ISC	0.06%/°C
TEMPERATURA• operacional• nominal• de• célula	45±2°C

STC: Radiación 1000 W/m² Célula módulo 25°C AM=1.5

NOCT: Radiación 800 W/m² Ambiente módulo 20°C AM=1.5 Velocidad del viento 1m/s

* TOLERANCIA• de• medición• de• potencia: • ±• 3%

La empresa se reserva el derecho final de explicación de toda la información presentada por este medio. SP-MKT-270PP_rev2015

Fuente: (JinkoSolar)

Anexo F
Ficha técnica de acumulador.

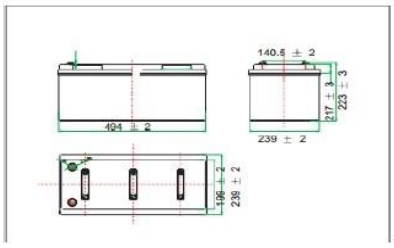
Energía Solar COMPONENTE Baterías

improinde sas
innovación y desarrollo

Referencia

TB12-200 (12V200AH)

Dimensiones y Características



Tensión nominal		12V
Capacidad nominal (10 tasa de horas)		200AH
Peso aproximado		59,20 kg
Terminal	Estándar	I3-M8
	Opcional	
Largo mm		494
Ancho mm		199
Alto sin terminal mm		217

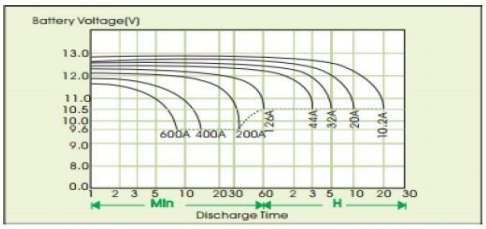
Temperatura de funcionamiento

Cargo	0 C (32 F) ~ 40 C (104 F)
Descarga	-20 C (-4 F) ~ 50 C (122 F)
Almacenamiento	-20 C (-4 F) ~ 40 C (104 F)

Especificación

Capacidad 25 C (77 F)	20 Tasa de horas	(10,2A)	204AH
	10 Tasa de horas	(20A)	200AH
	5 Tasa de horas	(32A)	160AH
	1 Tasa de horas	(126A)	126AH
Capacidad afectada por la temperatura	40 C (104 F)		103%
	25 C (77 F)		100%
	0 C (32 F)		86%
	-15 C (5 F)		65%
Auto-descarga en 25 C (77 F) (Antes de recargar)	Cap. despúes de 3 meses		91%
	Cap. despúes de 6 meses		82%
	Cap. despúes de 12 meses		64%
Carga de tensión constante	Ciclo	Corriente de carga inicial <60A 14.4V ~ 15V at 25 C (77F)	
	En espera	13.5V ~ 13.8V at 25 C (77 F)	
Capacidad máxima de descarga			3000A

Características de descarga



Nota : Descarga será de corte de 10.5V si la descarga en <1 C y en 9.6V si en >1 C

Se recomienda recargarla batería a voltaje constante cargar inmediatamente después de su uso

Energía de corriente constante(Amp) y constante (Watt) Tabla de descarga a 25 C (77 F)

Final Voltaje	Time (in it)	5	10	15	20	30	60	120	180	300	600
1,80 VPC	A	730.00	492.76	398.26	265.44	219.14	125.28	82.48	43.76	31.78	19.76
	W	7665.00	5170.00	3588.00	2787.00	2301.00	1445.00	866.00	586.00	410.00	230.00
1,75 VPC	A	730.56	493.05	398.76	265.81	219.42	126.00	82.66	44.00	32.00	20.00
	W	7671.00	5175.00	3591.00	2791.00	2304.00	1448.00	868.00	588.00	412.00	232.00
1,70 VPC	A	731.05	493.43	399.12	266.19	219.71	126.35	83.05	44.35	32.25	20.18
	W	7676.00	5178.00	3593.00	2795.00	2307.00	1451.00	872.00	590.00	415.00	234.00
1,65 VPC	A	731.24	493.33	399.56	266.48	219.90	126.68	83.33	44.61	32.42	20.34
	W	7678.00	5180.00	3596.00	2798.00	2309.00	1454.00	875.00	593.00	419.00	237.00
1,60 VPC	A	731.43	493.71	400.00	266.67	220.00	127.15	83.43	44.89	32.59	20.51
	W	7680.00	5184.00	3600.00	2800.00	2310.00	1456.00	876.00	594.00	420.00	238.00

IMPROINDE CRA. 73A # BOGOTA, TEL: INNOVACIÓN Y
W W .I M P

Fuente: (ImproindeSAS)

Anexo G
Ficha técnica del inversor.

INVERSORES ZONHAN	
	INVERSORES DE ONDA SINOIDAL PURA DE 300W HASTA 6000W Inversores económicos para aplicaciones fijas de onda sinodal pura con todas las protecciones. Diseño con componentes de calidad para aguantar el trabajo rudo. Con display para Voltaje y Potencia. Desconexión con voltaje bajo. Dependiendo del modelo está incluido una o varias tomas de USB de 5VDC y uno o dos tomacorrientes.

Model : TW-1500		TW-1500-12V	TW-1500-24V	TW-1500-48V
SALIDA AC:	Potencia continua:	1500W		
	Potencia Pico:	3000W		
		120%< carga		
		150%< carga		
	Tipo de onda	Sinoidal Pura (THD < 3%)		
	Frecuencia de salida	50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Opcional)		
	Voltaje de salida AC	100~120VAC / 200~240VAC (Opcional)		
DC lutput	Voltajes DC de entrada	12V DC	24V DC	48V DC
	Rango de voltaje DC	10.8V-15.5V	21.6V-31V	43.2V-62V
	Alarma de bacteria baja	10.8V± 0.2V	21.6V±0.4V	43.2V±0.8V
	Desconexion de bateria baja	10.2V±0.2V	20.4V±0.4V	40.8V±0.8V
	Desconexion por voltaje alta	15.5V±0.2V	31V±0.4V	62V±0.8V
Eficiencia maxima		90% (a toda carga) / 95% (1/3 carga)		
Autoconsumo		<0.8A	<0.4A	<0.2A
Protección	Termico	Apagado automático con Temperatura >75℃		
	Contra corto circuito	Polaridad Externa a traves de fusible		
	Ventilador enfriamiento	A partir de temperatura ≥45℃		
Environmental	Temperatura de operación	-10℃~+50℃		
	Humedad	20%~90% RH		
	Bodegaje	-30℃~+70℃		
Indicadores, LED		Inverrsor, Falla		
Físico	Dimensiones (mm)	315*195*135mm		6pcs /Carton
	Peso (kg)	2.6 kg		
	Dimensions Carton(mm)	420*340*460 mm		
	Peso Carton (kg)	16 kg		

Fuente: Modificado por los autores. (PROVIENTO, 2016)

Anexo H
Ficha técnica del regulador

Voltaje nominal	12V / 24V
Máxima corriente de carga	20ª
Protección	14.4 V/28.8 V
Carga flotante	13.5 V/27 V
Recuperación	13.2 V/26.4 V
RECUPERACIÓN DURANTE LA DESCARGA:	
Protección	10.8 V/21.6 V
Recuperación	12.3 V/24.6 V
SOBRE VOLTAJE DE CARGA:	
Protección	16.5 V/34 V
Recuperación	15 V/30 V

Fuente: (Mercado Libre Colombia, 2018)Modificado por los autores

Anexo I

Evidencias fotográficas del inmueble ubicado en el sur del predio “El Tíbar”.

Fachada externa del inmueble

Sala interior del inmueble
Sala interior del inmueble

Habitación principal
Cocina del inmueble

Baño del inmueble

Instalación eléctrica

Fuente: Autores

Anexo J Inmueble objeto del proyecto

Exterior del inmueble
Tejado del inmueble

Cocina del inmueble
Tablero Monofasico

Presencia de habitantes de calle
Medidor

Fuente: Autores.