

**IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL  
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

**CARLOS ESNEIDER CIFUENTES MESA  
VICTOR ALFONSO LUQUE PLATA  
KENDY VANESA PEÑA QUIROZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2018**

**IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL  
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

**CARLOS ESNEIDER CIFUENTES MESA  
VICTOR ALFONSO LUQUE PLATA  
KENDY VANESA PEÑA QUIROZ**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Electricista**

**DIRECTOR**

**GERMAN ALFONSO OSMA PINTO**

**Doctor en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Gestión & Desarrollo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Margy, que aunque hace mucho partió de este mundo, siempre ha estado presente en cada uno de los momentos de mi vida.

A mi padre Alfonso, por enseñarme a luchar por mis sueños y mostrarme que la educación es el camino para salir adelante.

A mis hermanos Pilar y Luis Fernando, por guiarme y ser el ejemplo de que con esfuerzo se alcanzan las metas.

A mis tíos Carmenza, Elizabeth y Ubaldo, por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida.

A Edward, por ser mi soporte y darme la fuerza para seguir adelante.

**VICTOR LUQUE PLATA**

A mis padres Carlos y Angela, por el amor y apoyo incondicional brindado día a día, su confianza y dedicación en mi formación integral y personal.

**CARLOS CIFUENTES**

Dedico este trabajo a Dios por llenarme cada día de sus bendiciones y no dejarme desfallecer en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis abuelos Felicita Ortega y Pedro Quiroz, quienes ya no están a mi lado, pero dejaron muchas enseñanzas que he aplicado para salir adelante.

A mis padres Cecilia Quiroz y Carlos Peña, por su amor y esfuerzo constante para ayudarme a lograr esta gran meta, gracias por los sacrificios y la confianza dada en estos años.

A mi hermano Jesús Alfredo por ser mi motor e inspirarme a ser alguien mejor cada día, para así poder ser un buen ejemplo a seguir.

A toda mi familia, especialmente a Diana Quiroz, Eudaldo Quiroz y Marina Quiroz por ser mis principales apoyos.

A mis compañeros Carlos Cifuentes y Víctor Luque por el gran trabajo en equipo, los momentos compartidos y la amistad sincera.

Finalmente, a mis amigos Stephani, Sergio y Leany por abrir sus puertas y creer en mí.

**KENDY PEÑA QUIROZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestro director de trabajo de grado, el profesor German Alfonso Osma por su acompañamiento durante todo este proceso, al profesor Gabriel Ordoñez Plata y al ingeniero Alejandro Riaño por sus aportes y colaboración con el proyecto, al grupo de investigación GISEL y al semillero GISED por habernos dado la oportunidad de trabajar en este proyecto. Finalmente, queremos agradecer a cada una de las empresas y usuarios FV del AMB que nos abrieron sus puertas y nos permitieron conocer su participación en el desarrollo de esta tecnología.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	18
1. MARCO TEÓRICO .....	21
1.1 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA (AMB) .....	21
1.2 GENERACIÓN FV .....	27
1.2.1 Sistemas FV sin conexión a la red de energía. ....	28
1.2.2 Sistemas FV con conexión a la red de energía.....	29
1.3 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FV .....	30
1.3.1 Panel FV. ....	30
1.3.2 Inversores. ....	31
1.3.3 Baterías.....	32
1.3.4 Reguladores.....	33
1.4 MARCO LEGAL Y REGULATORIO.....	34
2. ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS INSTALADOS Y EN DESARROLLO DE GENERACIÓN FV EN EL AMB .....	36
2.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES CLAVES .....	38
2.2 DEFINICIÓN DE FASES DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	38
2.2.1 Fase 1: Proceso de recolección de información secundaria. ....	38
2.2.2 Fase 2: Proceso de recolección de información primaria.....	39
2.3 DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS DE LA SEGUNDA FASE .....	41
2.3.1 Etapa 1: Pre-censo. ....	41
2.3.2 Etapa 2: Censo. ....	42
2.3.3 Etapa 3: Post-censo.....	43
2.4 MECANISMOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL CENSO FV .....	43
2.4.1 Encuesta.....	43
2.4.2 Entrevista. ....	46

3. EJECUCIÓN DE LOS PROCESOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	48
3.1 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA .....	48
3.1.1 Fuentes de información secundaria .....	48
3.1.2 Recolección de información secundaria .....	49
3.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA .....	50
3.2.1 Fuentes de información primaria.....	50
3.2.2 Proceso de recolección de información primaria: etapa pre-censal.....	51
3.2.3 Proceso de recolección de información primaria: etapa censo .....	52
3.2.4 Proceso de recolección de información primaria: post censo. ....	53
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ETAPA CENSAL .....	55
4.1 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS FV INSTALADOS .....	55
4.1.1 Número de sistemas FV por sector de interés y municipio. ....	55
4.1.2 Capacidad instalada de sistemas FV por sector de interés y municipio. .	57
4.1.3 Tipo de conexión a la red.....	58
4.2 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS FV EN DESARROLLO .....	59
4.2.1 Número de sistemas FV por sector de interés y municipio. ....	59
4.2.2 Capacidad instalada de sistemas FV por sector de interés y municipio ..	62
4.2.3 Tipo de conexión a la red.....	64
4.3 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE SISTEMAS FV EN EL AMB .....	64
4.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS FV IDENTIFICADOS .....	66
4.4.1 Paneles FV. ....	66
4.4.2 Inversores. ....	68
4.4.3 Reguladores.....	69
4.4.4 Baterías.....	70
4.5 EFECTIVIDAD DE LA ESTRATEGIA IMPLEMENTADA .....	71
4.6 OBSERVACIONES DE LA ESTRATEGIA IMPLEMENTADA.....	72
5. DESARROLLO DE LA GENERACIÓN FV EN LAS ORGANIZACIONES DE FORMACIÓN, DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS FV.....	74
5.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR EDUCATIVO .....	74

5.1.1 Universidad de Santander (UDES). .....	74
5.1.2 Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB). .....	76
5.1.3 Universidad Manuela Beltrán (UMB). .....	78
5.1.4 Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). .....	78
5.1.5 Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI). .....	80
5.1.6 Universidad Industrial de Santander (UIS). .....	81
5.1.7 Instituto Tecnológico Salesiano Eloy Valenzuela. ....	83
5.2 CENTROS DE FORMACIÓN INDEPENDIENTES .....	83
5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ORGANIZACIONES DE DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS FV .....	85
5.4 ENTIDADES IMPULSORAS DE LA GENERACIÓN SOLAR FV EN EL AMB .....	88
6. DISEÑO DEL APLICATIVO DEL MAPA DIGITAL DE SISTEMAS FV .....	90
6.1 SERVIDOR LOCAL: MYSQL SERVER 5.7 .....	90
6.2 SOFTWARE: NETBEANS IDE 8.1 .....	92
7. CONCLUSIONES .....	96
8. RECOMENDACIONES .....	98
BIBLIOGRAFIA .....	99
ANEXOS .....	102

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. AMB, ubicación Santander .....	21
Figura 2. AMB, municipios .....	22
Figura 3. Distribución porcentual de los usuarios residenciales de la zona urbana del AMB por estrato. ....	25
Figura 4. Mapa AMB, uso del suelo [4]. ....	27
Figura 5. Esquema básico de un sistema FV sin conexión a la red de energía	29
Figura 6. Sistema FV con conexión a la red de energía [9] .....	30
Figura 7. Descripción fuente de información secundaria. ....	37
Figura 8. Descripción general de la fase de recolección de información primaria. ....	37
Figura 9. Proceso de recolección de información secundaria.....	39
Figura 10. Proceso de recolección de información primaria .....	40
Figura 11. Actividades propuestas para obtención de información.....	42
Figura 12. Ficha muestra del contenido formulario, encuesta. ....	45
Figura 13. Ficha muestra del contenido libreto, entrevista.....	47
Figura 14. Distribución porcentual de número de sistemas FV instalados identificados por municipio.....	56
Figura 15. Distribución porcentual de sistemas FV instalados identificados por sector. ....	56
Figura 16. Distribución porcentual de la capacidad instalada por municipio. ....	57
Figura 17. Distribución porcentual de la capacidad instalada por sector. ....	58
Figura 18. Sistemas FV identificados según su conexión a la red. ....	59
Figura 19. Distribución porcentual de número de sistemas FV en desarrollo, por municipio.....	60
Figura 20. Distribución porcentual de la categorización de sistemas FV en desarrollo. ....	61
Figura 21. Distribución porcentual de sistemas FV en desarrollo, por sector. ..	62
Figura 22. Distribución porcentual de la capacidad instalada por municipio. ....	63

Figura 23. Distribución porcentual de la capacidad instalada por sector. ....	63
Figura 24. Sistemas FV identificados según su conexión a la red. ....	64
Figura 25. Línea de tiempo de la capacidad instalada y número de sistemas FV. .....	65
Figura 26. Evolución de la capacidad instalada acumulada de sistemas FV en el AMB. ....	66
Figura 27. Distribución porcentual de tipo de panel FV .....	67
Figura 28. Marcas de paneles FV por cantidad de sistemas FV en operación. ....	68
Figura 29. Distribución porcentual de tipo de inversor. ....	68
Figura 30. Marcas de inversores por cantidad de sistemas FV en operación... ..	69
Figura 31. Marcas de reguladores por cantidad de sistemas FV en operación. ....	69
Figura 32. Marcas de baterías por cantidad de sistemas FV en operación. ....	70
Figura 33. Distribución porcentual de tipo de batería.....	71
Figura 34. Efectividad de la etapa censal. ....	72
Figura 35. Recursos académicos UDES.....	75
Figura 36. Recursos académicos UNAB.....	77
Figura 37. Módulos de aprendizaje, diplomado UMB. ....	78
Figura 38. Módulos de aprendizaje, diplomado UMB. ....	79
Figura 39. Recursos académicos UIS.....	81
Figura 40. Entidades en funcionamiento en el AMB de la energía solar.....	88
Figura 41. Acceso a carpetas de la base de datos. ....	91
Figura 42. Descripción de la base de datos.....	91
Figura 43. Adición de nuevo proyecto FV. ....	91
Figura 44. Compilación de NetBeans. ....	92
Figura 45. Página de inicio de la aplicación Web.....	93
Figura 46. Inicio de sesión en la aplicación Web. ....	93
Figura 47. Opciones de visualización .....	94
Figura 48. Sistemas FV en el Mapa FV. ....	94
Figura 49. Tabla vertical de sistemas FV identificados. ....	95

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Proyección de población del AMB para el año 2018.....	22
Tabla 2. Distribución por estrato de los usuarios residenciales de la zona urbana de los municipios del AMB- ESSA .....	23
Tabla 3. Distribución por estrato de los usuarios residenciales de la zona urbana de los municipios del AMB- Ruitoque .....	24
Tabla 4. Distribución de usuarios no residenciales de la zona urbana del AMB-ESSA .....	25
Tabla 5. Distribución de usuarios no residenciales de la zona urbana del AMB-Ruitoque .....	26
Tabla 6. Marco legal y regulatorio sobre la implementación y regulación de las FNCE y FNCER en Colombia. ....	34
Tabla 7. Empresas proveedoras de diseño e instalación con operación en Bucaramanga.....	51
Tabla 8. Proyectos identificados proceso de recolección. ....	54
Tabla 9. Sistemas FV identificados por sector y municipio del AMB.....	55
Tabla 10. Capacidad instalada por sector y municipio de los sistemas FV identificados.....	57
Tabla 11. Sistemas FV en desarrollo, identificados por sector y municipio del AMB.....	59
Tabla 12. Capacidad instalada por sector y municipio de los sistemas FV identificados.....	62
Tabla 13. Recurso Humano UDES. ....	75
Tabla 14. Recurso Humano UNAB .....	77
Tabla 15. Docentes Diplomado UPB. ....	80
Tabla 16. Recurso Humano UIS. ....	82
Tabla 17. Centros de formación independientes.....	84
Tabla 18. Empresas de diseño e instalación .....	85
Tabla 19. Proyectos emprendidos por empresa en el AMB.....	89

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Formulario Sistemas FV .....	102
Anexo B. Guion Entrevista Censo FV .....	103
Anexo C. Carta Membretada. ....	105

## RESUMEN

**TÍTULO:** IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.\*

**AUTORES:** CARLOS ESNEIDER CIFUENTES MESA, VICTOR ALFONSO LUQUE PLATA, KENDY VANESA PEÑA QUIROZ.\*\*

**PALABRAS CLAVE:** FV, AMB, censo, mapa digital, base de datos, recurso humano.

### **DESCRIPCIÓN:**

La Ley 1715 de 2014 marcó un antes y un después en la promoción y desarrollo de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), al brindarle a los usuarios de estas tecnologías, beneficios económicos y tributarios que hacen más asequible su instalación.

A partir de esa fecha, se ha vuelto más atractivo para usuarios de los distintos sectores económicos del AMB, la instalación de sistemas FV que en mayor medida, funcionan conectados a la red de energía. Actualmente se desconoce el impacto de la conexión de estos sistemas a la red, por lo que hace necesaria, como primera etapa, la identificación de los sistemas que se encuentran en funcionamiento y los que están en etapa de desarrollo.

Mediante la información obtenida de UPME y ANLA, así como de la información recolectada a partir del censo, se pudo observar el desarrollo de la tecnología FV a través de los años en el AMB, dando como resultado que Bucaramanga es el municipio con mayor capacidad instalada a nivel metropolitano, así como los sectores comercial y educativo son quienes más han impulsado esta tecnología a la fecha.

De igual forma se pudo conocer el recurso humano que participa, ya sea desde la academia o desde las empresas de diseño e instalación, en la promoción de la tecnología FV. Asimismo, se logró conocer los programas de formación ofrecidos por las distintas universidades y centros de formación del AMB, así como los centros de investigación y semilleros que hacen investigación sobre este tema. Con la información recopilada, se elaboró una base de datos y un mapa digital que muestran de forma dinámica, los resultados obtenidos a partir de este trabajo de grado.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica Y de Telecomunicaciones. Director: German Alfonso Osma Pinto, Doctor en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Gestión & Desarrollo

## ABSTRACT

**TITLE:** IDENTIFICATION OF PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEMS IN THE METROPOLITAN AREA OF BUCARAMANGA.\*

**AUTHORS:** CARLOS ESNEIDER CIFUENTES MESA, VICTOR ALFONSO LUQUE PLATA, KENDY VANESA PEÑA QUIROZ.\*\*

**KEY WORDS:** PV, AMB, census, digital map, database, human resource.

### **DESCRIPTION:**

Law 1715 of 2014 marked a before and after in the promotion and development of Non-Conventional Renewable Energy Sources (FNCER), by providing users of these technologies with economic and tax benefits that make their installation more affordable.

As of that date, it has become more attractive for users of the different economic sectors of the AMB, the installation of PV systems that, largely, operate connected to the power grid. Currently the impact of the connection of these systems to the network is unknown, so it is necessary, as a first step, the identification of the systems that are in operation and those that are in the development stage.

Through the information obtained from UPME and ANLA, as well as from the information collected from the census, it was possible to observe the development of PV technology over the years in the AMB, resulting in Bucaramanga being the municipality with the greatest installed capacity at the metropolitan level, as well as the commercial and educational sectors are the ones that have driven this technology to date.

In the same way, it was possible to know the human resource that participates, either from the academy or from the design and installation companies, in the promotion of PV technology. Likewise, it was possible to know the training programs offered by the different universities and training centers of the AMB, as well as the research centers and seed companies that do research on this subject. With the information gathered, a database and a digital map were created that dynamically show the results obtained from this degree work.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica Y de Telecomunicaciones. Director: German Alfonso Osma Pinto, Doctor en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Gestión & Desarrollo

## INTRODUCCIÓN

Desde hace un par de décadas se conoce que la actividad humana es la principal responsable del cambio climático, lo que genera una preocupación mundial ante el objetivo de preservar el medio ambiente. Debido a los fenómenos que han afectado la conservación de los recursos naturales, se estableció a nivel mundial un tratado a favor de la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y cuidado de los ecosistemas. En consecuencia, es el Acuerdo de París, en el cual distintos países se comprometieron a tomar medidas concretas de conservación del medio ambiente. Colombia hizo parte y se comprometió a tomar las medidas necesarias en pro de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero<sup>1</sup>.

Colombia comprometida con la preservación de los recursos naturales, ha comenzado a impulsar en el sector energético, la integración de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), teniendo presente que el país cuenta con un sistema eléctrico nacional de bajas emisiones de carbono, con una participación del 66% de su consumo generado con energía hidráulica<sup>2</sup>.

No obstante, la alta dependencia de Colombia en sus recursos hídricos pone al país en riesgo de escasez y altos precios de la energía, como quedó evidenciado con las crisis energéticas ocasionadas por el fenómeno de El Niño de los años 1992 y 1993 y recientemente en el incremento del costo de la energía de 2015 y 2016<sup>3</sup>. Ante las distintas crisis energéticas y pronósticos de más fenómenos de El Niño que afectan al Sistema Interconectado Nacional (SIN), se hace necesario replantear el modelo de generación de energía, obligando la integración de las FNCER.

---

<sup>1</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, W.-C. (2016). El acuerdo de París, así actuará Colombia frente al cambio climático. Cali: WWF.

<sup>2</sup> Ministerio de Minas y Energía, U. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Bogotá: La Imprenta Editores S.A.

<sup>3</sup> Valencia, A. C. (2016). Crisis energética en Colombia. TIA, 74-81.

Ante esto, Colombia ha impulsado proyectos en el marco legal que permiten la integración de nuevas tecnologías de generación renovable, siendo la Ley 1715 del 2014 la base legal para su inclusión al Sistema Energético Nacional, fomentando su uso a través de la investigación y desarrollo y definiendo beneficios tributarios como mecanismo de promoción.

Recientemente, la Resolución CREG 030 de 2018, por la cual se regula la actividad de autogeneración a pequeña escala y generación distribuida en el SIN, determina la integración de los sistemas de generación de FNCER a este.

En consonancia con la dinámica actual, el grupo de investigación GISEL desarrolla un proyecto COLCIENCIAS orientado, entre otras cosas, a estudiar el impacto de la inyección de potencia de pequeños sistemas FV en redes de BT, por lo que es deseable reunir información sobre sistemas FV que se encuentren instalados o en proceso de instalación, ya sea de forma aislada o conectada a la red en el AMB, esto con el fin de solventar la falta de información sobre la integración de proyectos FV en el sistema eléctrico de esta región y servir como fuente de datos confiable para investigaciones futuras que se puedan medir y analizar el impacto de los sistemas FV a la red convencional de energía.

Esta ausencia de información es de interés para la UIS, ya que es necesario determinar el impacto de la generación FV en redes de BT y analizar las consecuencias que podría estar ocasionando tanto para el sistema eléctrico de potencia en términos de calidad de la onda, pérdidas técnicas, seguridad de la operación, entre otros, como para la liquidación de subsidios y contribuciones asociadas al consumo de energía.

Con la finalidad de suplir esta falta de información, se desarrolla en modalidad de trabajo de grado la “Identificación de Sistemas de Generación Fotovoltaica en el Área Metropolitana de Bucaramanga”, cuyo objetivo general es describir la evolución de la penetración FV generada en el AMB a partir de la búsqueda

virtual y en campo de actores de formación, diseño e instalación de proyectos FV instalados y en desarrollo.

Para dar cumplimiento a lo propuesto, se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Definir una estrategia para la identificación de proyectos instalados y en desarrollo de generación FV en el AMB.
- Crear una base de datos que relacione el talento humano y las organizaciones de formación, investigación, diseño e instalación de sistemas FV en el AMB.
- Realizar consulta de la información disponible de proyectos e investigaciones de generación FV inscritos ante la UPME o la ANLA o registrada por proveedores de servicios de diseño e instalación y espacios de formación en el área de generación FV.
- Realizar el levantamiento de información en terreno de los proyectos de generación FV que han sido identificados y que permitan el acceso a su información.
- Elaborar un mapa digital para la visualización de la ubicación e información técnica de los proyectos FV identificados.
- Describir la evolución histórica de iniciativas de generación FV en el AMB considerando tópicos como el talento humano, las actividades de formación, las empresas de diseño e instalación y los proyectos instalados y en desarrollo.

## 1. MARCO TEÓRICO

Este capítulo hace una descripción de los sectores comercial, industrial y residencial del AMB de acuerdo al número de usuarios por estrato socioeconómico y tipo de usuario. De igual forma, se describen las características de los sistemas de generación FV con conexión y sin conexión a la red, además el marco legal y regulatorio vigente en Colombia sobre la implementación y regulación de las fuentes no convencionales de energía y las fuentes no convencionales de energía renovable.

### 1.1 ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA (AMB)

El AMB se encuentra conformado por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, quienes han logrado una integración social, económica, física y política a través de los años. El AMB se encuentra localizado en el departamento de Santander, nororiente colombiano<sup>4</sup>. La **Figura 1** muestra la ubicación del AMB en Colombia y en el departamento de Santander mientras la **Figura 2** la distribución del AMB por municipios.

Figura 1. AMB, ubicación Santander<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Área Metropolitana de Bucaramanga. (2013). Directrices de Ordenamiento Territorial Metropolitano. Bucaramanga.

<sup>5</sup> *Ibíd.*

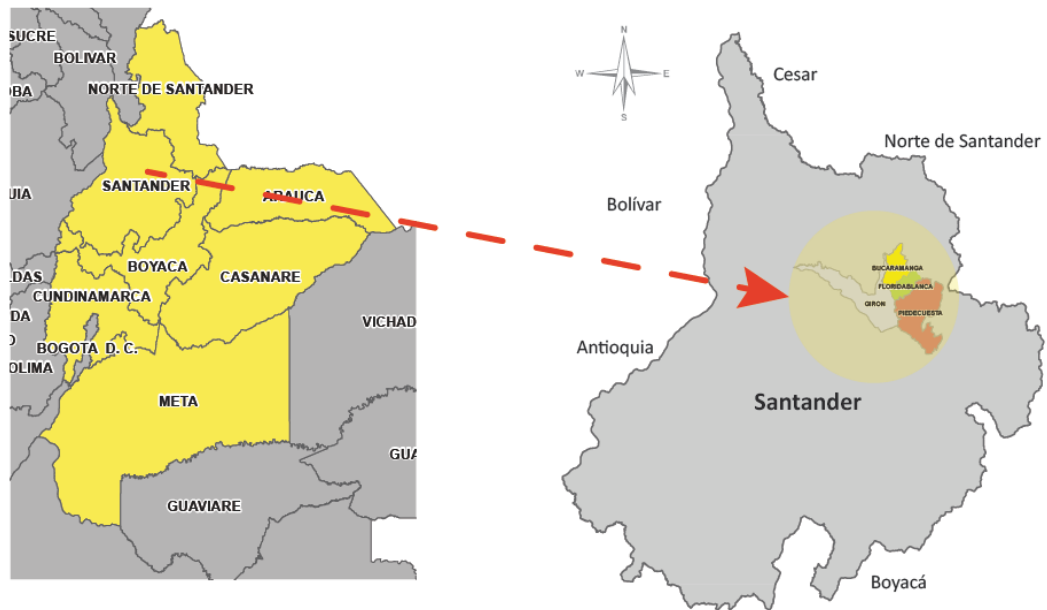


Figura 2. AMB, municipios<sup>6</sup> .



Según proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la población del AMB para el año 2018 es de 1.150.993 habitantes<sup>7</sup> . La **Tabla 1** muestra la población por municipios del AMB para el año 2018.

Tabla 1. Proyección de población del AMB para el año 2018<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> Área Metropolitana de Bucaramanga. (2013). Directrices de Ordenamiento Territorial Metropolitano. Bucaramanga.

<sup>7</sup> Observatorio. Metropolitano. Disponible en: <http://www.observatoriometropolitano.co>

<sup>8</sup> Ibíd.

Municipio	Población
Bucaramanga	528.610
Floridablanca	267.124
Girón	195.499
Piedecuesta	159.760
<b>Total AMB</b>	<b>1.150.993</b>

De los 1.150.993 habitantes en el AMB, el Operador de Red (OR) ESSA S.A. ESP, cuenta con un total de 396.863<sup>9</sup> clientes facturados, de los cuales 374.892 [6] se encuentran dentro de la zona urbana de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, usuarios (zona urbana) a tener en cuenta en el proceso de identificación de clientes FV.

Dentro de los clientes facturados por el OR, se realiza la distribución por estratos mostrada en la **Tabla 2**, con la finalidad de disminuir el número de potenciales usuarios FV de acuerdo a su nivel adquisitivo por municipio, información de interés que permite generar las estrategias de identificación de proyectos FV.

Tabla 2. Distribución por estrato de los usuarios residenciales de la zona urbana de los municipios del AMB- ESSA<sup>10</sup>.

	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Total usuarios
Bucaramanga	32.147	31.962	39.685	53.507	5.095	8.295	170.691
Floridablanca	9.311	27.053	21.374	12.557	5.623	935	76.853
Girón	18.749	13.820	10.444	1.782	16	0	44.811
Piedecuesta	2.671	12.470	20.929	3.036	45	3	39.154
<b>Total usuarios por estrato</b>	62.878	85.305	92.432	70.882	10.779	9.233	<b>331.509</b>
<b>Total usuarios residenciales de la zona urbana del AMB</b>							

Por otra parte, 3.598 usuarios que no son facturados por el OR ESSA<sup>11</sup>, son atendidos por la empresa de servicios públicos domiciliarios Ruitoque S.A. ESP, con sede en Floridablanca, que presta los servicios de energía, acueducto,

<sup>9</sup> ESSA. (2017). CLIENTES AMB ESSA. Bucaramanga m.co/indicadores.aspx?idIndicador=71&CatComponente=Ssu.

<sup>10</sup> Ibíd.

<sup>11</sup> Superservicios. (julio de 2018). Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios. Obtenido de [http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele\\_com\\_096](http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_096)

alcantarillado y aseo a usuarios residenciales, comerciales e industriales en el AMB. Al igual que con los usuarios atendidos por ESSA, se realiza la distribución por estratos socioeconómicos mostrada en la **Tabla 3** de los usuarios del servicio de energía eléctrica, facturados por Ruitoque en el AMB.

Tabla 3. Distribución por estrato de los usuarios residenciales de la zona urbana de los municipios del AMB- Ruitoque<sup>12</sup>.

	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Total usuarios
Bucaramanga	0	0	657	0	112	497	1.266
Floridablanca	0	0	0	1.028	377	323	1.728
Girón	0	0	0	0	0	0	0
Piedecuesta	0	2	0	0	0	602	604
<b>Total usuarios por estrato</b>	0	2	657	1.028	489	1.422	<b>3.598</b>
<b>Total usuarios residenciales de la zona urbana del AMB</b>							

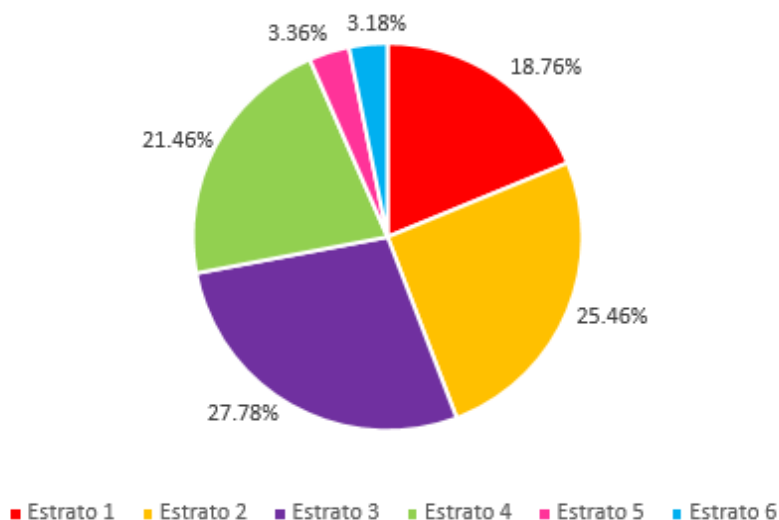
Con base en la información presentada sobre la clasificación por estratos socioeconómicos, se puede determinar que existen 93.849 usuarios de estratos 3 y 4 del municipio de Bucaramanga, lo que representa aproximadamente el 55% del total de usuarios residenciales, ubicando a este municipio como la ciudad del país con la mayor proporción de población perteneciente a la clase media. Este segmento de la población es muy importante ya que apalanca el consumo y vuelve dinámica la economía<sup>13</sup>. De igual forma, en los municipios de Floridablanca y Piedecuesta la clase media (estratos 3 y 4) alcanza un 44% y un 61% respectivamente; en el municipio de Girón, la clase baja (estratos 1 y 2) alcanza el 73% de la población, siendo el segmento más numeroso.

A nivel metropolitano, se destaca que la clase media representa el 49,24% del total de usuarios residenciales mientras que la clase baja y alta representa el 44,22% y 6,54% respectivamente. La **Figura 3** muestra la distribución porcentual de los usuarios residenciales de la zona urbana del AMB por estrato socioeconómico.

<sup>12</sup> Superservicios. (julio de 2018). Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios. Obtenido de [http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele\\_com\\_096](http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_096)

<sup>13</sup> Tiempo, E. (12 de marzo de 2016). Bucaramanga, la ciudad con más clase media. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16535436>

Figura 3. Distribución porcentual de los usuarios residenciales de la zona urbana del AMB por estrato.



De los 374.892 clientes urbanos facturados por ESSA al 31 de diciembre de 2017, 43.383 usuarios son no residenciales, es decir, pertenecen a los sectores comercial, industrial, oficial, etc. <sup>14</sup>. La **Tabla 4** muestra la distribución de los usuarios no residenciales en la zona urbana de cada uno de los municipios del AMB.

Tabla 4. Distribución de usuarios no residenciales de la zona urbana del AMB-ESSA <sup>15</sup>.

	Comercial	Industrial	Oficial	Otro
Bucaramanga	27.957	3.399	348	132
Floridablanca	4.522	381	114	2
Girón	2.650	398	60	0
Piedecuesta	2.929	173	67	0
<b>Total usuarios según tipo</b>	<b>38.058</b>	<b>4.351</b>	<b>589</b>	<b>134</b>

La **Tabla 5** muestra los usuarios no residenciales facturados por Ruitoque al 31 de diciembre de 2017. Hasta esa fecha existían 348 usuarios reportados, de los cuales 189 pertenecen a usuarios comerciales e industriales y 157 pertenecen a la categoría otros.

<sup>14</sup> ESSA. (2017). CLIENTES AMB ESSA. Bucaramanga m.co/indicadores.aspx?idIndicador=71&CatComponente=Ssu.

<sup>15</sup> Ibid.

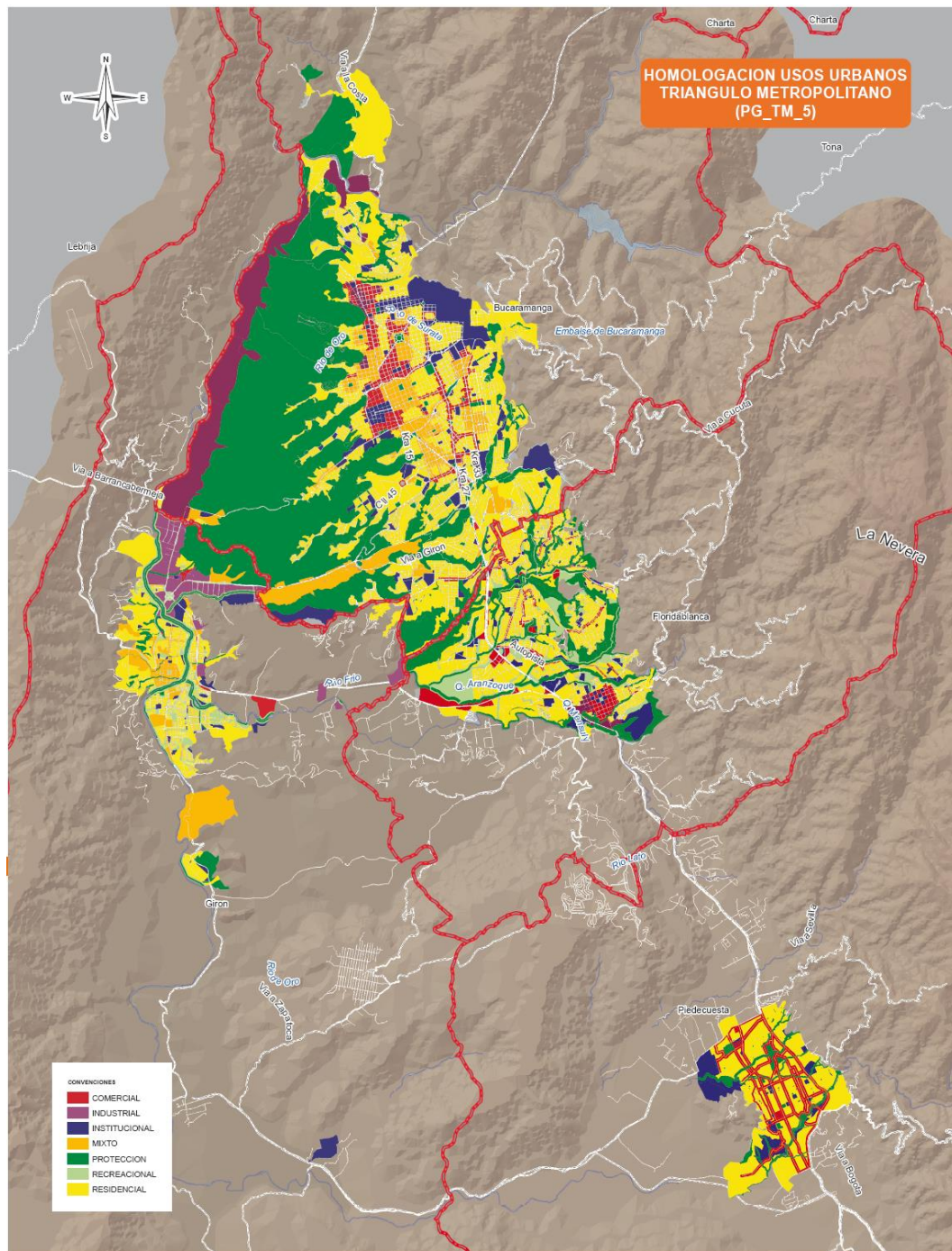
Tabla 5. Distribución de usuarios no residenciales de la zona urbana del AMB-Ruitoque<sup>16</sup>.

	<b>Comercial</b>	<b>Industrial</b>	<b>Oficial</b>	<b>Otro</b>
Bucaramanga	82	15	1	29
Floridablanca	34	1	0	99
Girón	6	9	0	0
Piedecuesta	41	1	1	29
<b>Total usuarios según tipo</b>	<b>163</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>157</b>

La **Figura 4** muestra la distribución del uso del suelo urbano en el AMB, siendo la ubicación de estos sectores una buena herramienta para determinar las posibles zonas de interés de identificación de proyectos FV.

<sup>16</sup> Superservicios. (julio de 2018). Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios. Obtenido de [http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele\\_com\\_096](http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_096)

Figura 4. Mapa AMB, uso del suelo [4].



## 1.2 GENERACIÓN FV

La energía solar FV es una fuente de energía renovable que se obtiene a partir de la transformación de la energía solar en energía eléctrica, siendo los paneles FV los encargados de producir esta transformación. Su funcionamiento se basa

en el principio que la energía almacenada en los fotones o partículas de luz puede ser convertida en energía eléctrica mediante el proceso de la conversión FV<sup>17</sup>.

Una de las características de los sistemas FV es que sólo producen electricidad cuando reciben la luz del sol (irradiancia solar), siendo la energía generada aproximadamente proporcional a la irradiancia solar que incide sobre la célula FV<sup>18</sup>. Es evidente que en muchas aplicaciones el consumo energético es independiente a la irradiancia solar (sistemas de iluminación, electrodomésticos, cargas especiales, etc.). En este tipo de aplicaciones es necesario incluir baterías como sistema de almacenamiento de energía para su posterior uso. En otras aplicaciones como los sistemas conectados a la red, no se precisan de baterías, ya que la energía se “acumula” en la propia red eléctrica<sup>19</sup>. Con base en esto, se pueden clasificar los sistemas FV en función de si están o no conectados a la red:

- Sistemas FV sin conexión a la red de energía
- Sistemas FV con conexión a la red de energía

**1.2.1 Sistemas FV sin conexión a la red de energía.** Su principal aplicación es suplir la demanda de energía en los lugares remotos o aislados de la red eléctrica, donde resulta competitivo ante los sistemas de generación convencionales en términos económicos y de confiabilidad<sup>20</sup>. Como su aplicación es reducida en el núcleo urbano, este tipo de sistemas FV no es prioridad en el estudio. Ejemplos de aplicaciones de estos sistemas son las instalaciones de iluminación exterior como indicadores en carretera, iluminación de vías públicas, indicadores de seguridad en autopistas, etc.

La **Figura 5** muestra un esquema básico de la conexión de un sistema FV sin conexión a la red, para una instalación que posee carga en DC y en AC.

---

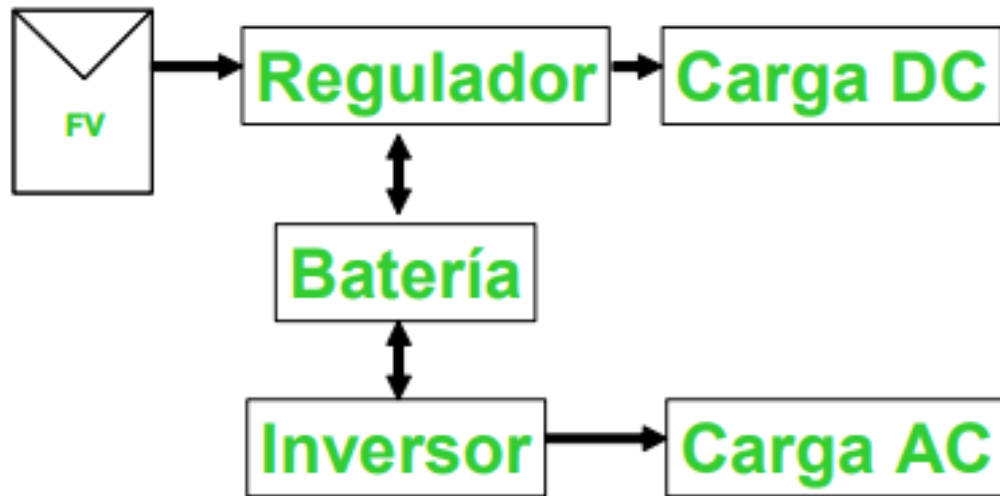
<sup>17</sup> Abella, M. A. (s.f.). Master en energías renovables y mercado energético. Energía solar fotovoltaica. Madrid: CIEMAT.

<sup>18</sup> *Ibíd.*

<sup>19</sup> *Ibíd.*

<sup>20</sup> *Ibíd.*

Figura 5. Esquema básico de un sistema FV sin conexión a la red de energía [9].



**1.2.2 Sistemas FV con conexión a la red de energía.** Son sistemas FV conectados a la red de distribución, la cual trabaja como una central de generación de energía<sup>21</sup>. La Resolución CREG 030 del 2018 define los sistemas de generación conectados a la red de la siguiente manera<sup>22</sup>:

- Autogeneración: generador que produce energía eléctrica exclusivamente para atender sus propias necesidades.
- Autogenerador: generador que produce energía para atender sus necesidades y además puede inyectar excedentes de energía hacia la red eléctrica. Se dividen, según su potencia instalada (PI) en autogenerador a pequeña escala ( $PI < 1$  MW) y autogenerador a gran escala ( $PI > 1$  MW).
- Generador distribuido: persona natural o jurídica que genera energía eléctrica para la red de distribución, cerca de los centros de consumo con potencia instalada menor a 0.1 MW.

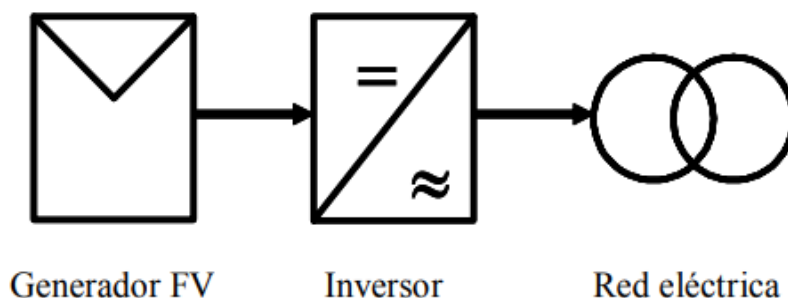
Las principales aplicaciones de los sistemas FV conectados a la red de energía se encuentran en tejados de viviendas, comercios e industrias, en los que la instalación está físicamente instalada sobre un edificio dentro de un entorno

<sup>21</sup> Abella, M. A. (s.f.). Master en energías renovables y mercado energético. Energía solar fotovoltaica. Madrid: CIEMAT

<sup>22</sup> CREG. (2015). Resolución No. 30 de 2018. Mme. Retrieved from [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/\\$FILE/Creg030-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/$FILE/Creg030-2018.pdf)

urbano<sup>23</sup>. La **Figura 6** muestra el esquema básico de un sistema de generación FV conectado a la a red.

Figura 1. Sistema FV con conexión a la red de energía<sup>24</sup>



En general, la potencia instalada en viviendas unifamiliares y edificios está relacionada con el área de instalación, aproximadamente de 6 m<sup>2</sup> por kWp, en función del rendimiento del generador. En general, la conexión a la red de este tipo de sistema se hace normalmente en baja tensión en modo monofásico hasta los 5 kWp y en modo trifásico para potencia instalada mayor a 5 kWp<sup>25</sup>.

### 1.3 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FV

Los principales componentes que hacen parte de la estructura base de cualquier sistema FV, independiente de su tipo de conexión son los módulos FV y los inversores. En sistemas FV sin conexión a la red es necesario el uso de baterías y reguladores. A continuación, se realiza una breve descripción de estos elementos.

**1.3.1 Panel FV.** El panel FV está formado por una agrupación de células solares en serie y paralelo hasta obtener los valores de tensión y corriente deseados. La célula solar es el componente elemental del panel FV, formada por dos capas de semiconductores condopados distintos. Al incidir la luz sobre esta, se genera en

---

<sup>23</sup> Abella, M. A. (s.f.). Master en energías renovables y mercado energético. Energía solar fotovoltaica. Madrid: CIEMAT.

<sup>24</sup> Ibíd.

<sup>25</sup> Ibíd.

sus terminales una tensión continua<sup>26</sup> . El conjunto de células se encapsula de forma que, las células solares queden protegidas de la corrosión y la superficie posterior esté totalmente sellada para proteger de la humedad y daños mecánicos<sup>27</sup> .

Los paneles FV según su tecnología de construcción se dividen en células:

- Silicio monocristalino: en su estructura son típicos los tonos azules homogéneos y la conexión de células individuales entre sí, se obtienen de silicio puro fundido y dopado con boro, su rendimiento es de 15-18 % <sup>28</sup>.
- Silicio policristalino: está estructurado en cristales y contiene distintos tonos de azules, se obtienen de silicio puro fundido y dopado con boro pero con menos fases de cristalización, su rendimiento es de 12-14 % <sup>29</sup>.
- Silicio amorfo: tienen un color homogéneo marrón, pero no existe conexión visible entre sus células, su rendimiento es menor al 10%<sup>30</sup> .

**1.3.2 Inversores.** Un inversor es un dispositivo cuya función es realizar la inversión DC/AC, modular la onda alterna de salida y regular su tensión eficaz. Estos dispositivos pueden operar conectados a baterías o directamente al generador FV, conectados a distintas cargas o inyectar energía a la red eléctrica<sup>31</sup> [9].

Los inversores utilizados en los sistemas FV pueden dividirse en dos grupos, los autoconmutados y los conmutados por la red. Los inversores autoconmutados pueden funcionar como fuentes de tensión o corriente, pudiéndose utilizar en sistemas aislados o conectados a la red [9]. Estos dispositivos pueden variar la frecuencia de salida en función de la potencia de entrada y la carga, es decir

---

<sup>26</sup> Susana Bitar, F. C. (2017). Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia. Bogotá: CESA.

<sup>27</sup> *Ibíd.*

<sup>28</sup> *Ibíd.*

<sup>29</sup> *Ibíd.*

<sup>30</sup> *Ibíd.*

<sup>31</sup> Abella, M. A. (s.f.). Master en energías renovables y mercado energético. Energía solar fotovoltaica. Madrid: CIEMAT

pueden utilizarse en sistemas que no operen a frecuencia nominal (60 Hz). En la actualidad, los inversores pueden funcionar en sistemas conectados a la red, autónomos e híbridos<sup>32</sup> . De acuerdo a la tecnología y funcionamiento del inversor, estos se clasifican en:

- Inversores string o de cadena: Son la opción de menor costo y fácil mantenimiento, ya que se encuentran en lugares de fácil acceso. Ideales para sistemas FV que reciban radiación solar de forma continua. En una instalación con inversores string, cada panel se conecta en serie. Cuando se genera energía, se envía a un solo inversor que convierte la corriente en DC a AC<sup>33</sup> .
- Microinversores: En instalaciones FV que cuentan con esta tecnología, cada panel FV tiene un pequeño inversor instalado que realiza la conversión de corriente en cada uno sin tener que enviar la energía a un único inversor. Son ideales en instalaciones con paneles FV en distintas orientaciones y en cubiertas que posean objetos que produzcan sombra sobre la instalación<sup>34</sup> .

Debido a su diseño, los inversores representan un alto costo, por lo que deben ser fiables y de alto rendimiento, el cual debe superar el 90%, siendo 94% un valor aceptable para inversores senoidales<sup>35</sup> .

**1.3.3 Baterías.** La principal función de las baterías en los sistemas FV es almacenar energía, permitiendo que las cargas puedan operar normalmente si el generador FV no puede entregar la potencia suficiente para satisfacer el consumo<sup>36</sup>. De igual forma, las baterías pueden utilizarse como estabilizadores de tensión o corriente y para suministrar picos de corriente, por ejemplo en el arranque de motores<sup>37</sup> .

---

<sup>32</sup> Energía, E. V. (2000). La energía solar fotovoltaica en el País Vasco. Bilbao: Ente Vasco de la energía

<sup>33</sup> *Ibíd.*

<sup>34</sup> *Ibíd.*

<sup>35</sup> Abella, M. A. (s.f.). Master en energías renovables y mercado energético. Energía solar fotovoltaica. Madrid: CIEMAT

<sup>36</sup> *Ibíd.*

<sup>37</sup> *Opcit.* Energía (2000)

Los tres parámetros principales que al menos deben conocerse de una batería son: tipo de batería, capacidad y nivel de tensión. La gran mayoría de baterías en el mercado son de Plomo-ácido (Pb-a), las cuales son muy útiles en los sistemas FV si se les hace el mantenimiento adecuado. Igualmente existen batería de Plomo-Calcio (Pb-Ca), las cuales precisan de menos mantenimiento y tienen menor autodescarga y Plomo-Antimonio (Pb-Sb) que son muy utilizadas en bajos niveles de carga<sup>38</sup>.

En la mayoría de instalaciones FV aisladas es necesaria la instalación de más de una batería, por lo que éstas deben conectarse en serie o en paralelo, según sean los parámetros de la carga.

**1.3.4 Reguladores.** En un sistema FV aislado, la función principal del regulador es permitir la carga completa de las baterías evitando la sobrecarga y sobredescarga.

En caso de sobrecarga, el generador FV se comporta como un circuito abierto, cortando el flujo de corriente del generador a la batería, una descarga excesiva que provoca daños irreversibles en la batería que conducen a una pérdida de capacidad y disminución de la vida útil. Ante una sobredescarga, el regulador corta el suministro de energía a la carga, indicando mediante una alarma que la tensión de la batería está por debajo de cierto nivel de operación nominal<sup>39</sup>.

Además de alargar la vida útil de la batería, el regulador posee otras funciones que ayudan al control del sistema FV tales como compensación por temperatura de baterías, alarmas, monitorización y visualizadores<sup>40</sup>.

---

<sup>38</sup> Opcit. Abella, M. A. (s.f.).

<sup>39</sup> Ibid.

<sup>40</sup> Opcit. Energía, E. V. (2000).

## 1.4 MARCO LEGAL Y REGULATORIO

El marco legal es el conjunto de normas jurídicas que se establecen en una ley de forma general, mientras que el marco regulatorio son aquellas disposiciones específicas empleadas para realizar y atender un proceso, es decir, el marco legal dicta lo que debe hacerse y el marco regulatorio obedece la ley refiriéndose como hacerlo.

La **Tabla 6** presenta el marco legal y regulatorio vigente en Colombia, con el cual se promueve la implementación y regula las fuentes no convencionales de energía (FNCE) y las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), de la cual hacen parte los sistemas FV.

Tabla 6. Marco legal y regulatorio sobre la implementación y regulación de las FNCE y FNCER en Colombia.

ACTO ADMINISTRATIVO	DESCRIPCIÓN GENERAL
Ley 143 de 1994	Establece el régimen para la generación, interconexión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el territorio nacional y el marco legal para el desarrollo de la regulación sectorial por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).
Ley 697 de 2001	Fomenta el uso racional y eficiente de la energía (URE) promoviendo la utilización de energías alternativas; además creó el Programa Nacional de URE (PROURE).
Decreto 2469 de 2014	Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración.
Ley 1715 de 2014	Promover el desarrollo y la utilización de las FNCE, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos. También se describen los elementos, maquinaria y los servicios nacionales o importados que se destinen a la inversión para la producción y utilización de energía mediante FNCER.
Decreto 2143 de 2015	Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014.
Resolución CREG 024 de 2015	Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN).
Resolución UPME 0281 de 2015	Por el cual se define el límite máximo de potencia de autogeneración a pequeña escala en el SIN.
Resolución UPME 045 de 2016	Procedimientos y requisitos para emitir la certificación y avalar los proyectos de FNCE, con mira a obtener el beneficio de la exclusión de IVA y la exención de gravamen arancelario.

Resolución UPME 143 de 2016	Establece los requerimientos para el registro de proyectos de generación con fuentes no convencionales de energía.
Decreto 348 de 2017	Lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala.
Resolución CREG 030 2018	Por lo cual se regula la actividad de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en SIN y de igual forma determina la integración de los generadores distribuidos y autogeneración a pequeña escala al SIN.

## 2. ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS INSTALADOS Y EN DESARROLLO DE GENERACIÓN FV EN EL AMB

El propósito fundamental de este trabajo de investigación es la identificación de proyectos FV que se encuentren en funcionamiento, desarrollo o próximos a ser instalados en el AMB; además de los actores que están involucrados en su desarrollo, como son el sector de formación e investigación FV, junto con los entes relacionados en el diseño e instalación.

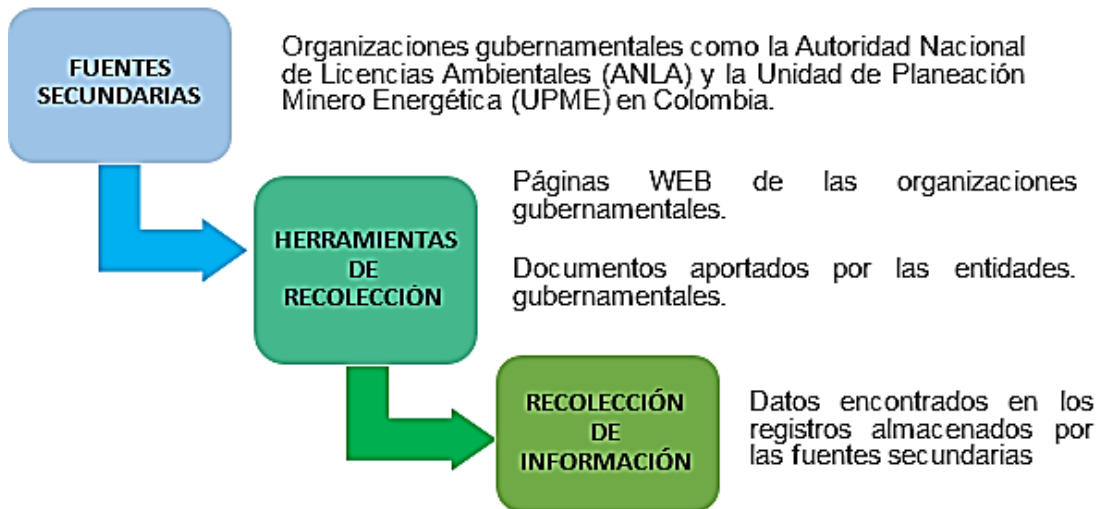
Ante la necesidad de la identificación de los proyectos FV, se plantea la clasificación en dos fases de recolección de datos, según sea la fuente de información suministrada y los medios para cumplir el objetivo, de manera que cada fuente de información representa un proceso de recolección de la misma, por esta razón la estrategia diseñada debe ser conjunta para los sectores industrial, comercial y residencial <sup>41</sup>.

La primera fase de recolección de información se representa mediante las **fuentes de información secundarias**, que garantizan una mayor confiabilidad en el registro de datos y aportan un indicio sobre el estado actual del sistema FV identificado. En la **Figura 7** se observa en general el seguimiento de la primera fase de recolección de información secundaria.

---

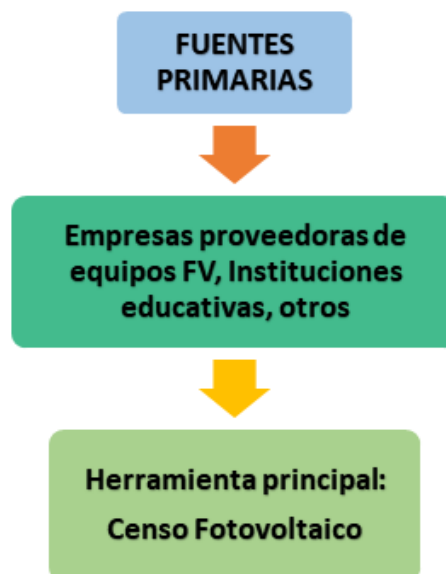
<sup>41</sup> Hart-re, C., Morales, F., & Torres, M. (2014). CAPACIDAD INSTALADA DE AUTOGENERACIÓN Y COGENERACIÓN EN SECTOR DE INDUSTRIA , PETRÓLEO , COMERCIO Y PÚBLICO DEL PAÍS INFORME FINAL Presentado a : UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA-UPME.

Figura 7. Descripción fuente de información secundaria.



Del mismo modo, la segunda fase de recolección de información se describe mediante las **fuentes de información primarias**, caracterizadas por ser más complejas que las secundarias debido a que se debe indagar con gran vigor, esto para realizar un registro confiable y hallar información que supla las interrogantes fundamentales en garantía de contactar los sistemas FV en el AMB. En la **Figura 8** se presenta el censo FV como estrategia particular en esta fase de la investigación.

Figura 8. Descripción general de la fase de recolección de información primaria.



## **2.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES CLAVES**

Este proceso se enfoca en la recolección de información crucial, realizando una búsqueda de información de tal manera que, en la totalidad de los datos encontrados, se abarque por completo o en su gran mayoría las variables requeridas por la investigación, las cuales son definidas a continuación.

- 1- Nombre del sistema FV registrado.
- 2- Ubicación en el Área Metropolitana.
- 3- Sector al que pertenece (Industrial – Comercial - Residencial).
- 4- Clasificación según sea su conexión a la red.
- 5- Capacidad instalada.
- 6- Equipamiento o elementos que componen al sistema.
- 7- Año de instalación.

En esta investigación se tienen en cuenta aquellos sistemas FV dentro del rango de potencia mayor o igual a los 0,1 kW y menor o igual a los 100 kW; no obstante, se tomaron datos de proyectos FV por fuera de este rango en los casos especiales encontrados, considerando a los equipos individuales de pequeñas aplicaciones solares como excepción para el interés de la exploración.

## **2.2 DEFINICIÓN DE FASES DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

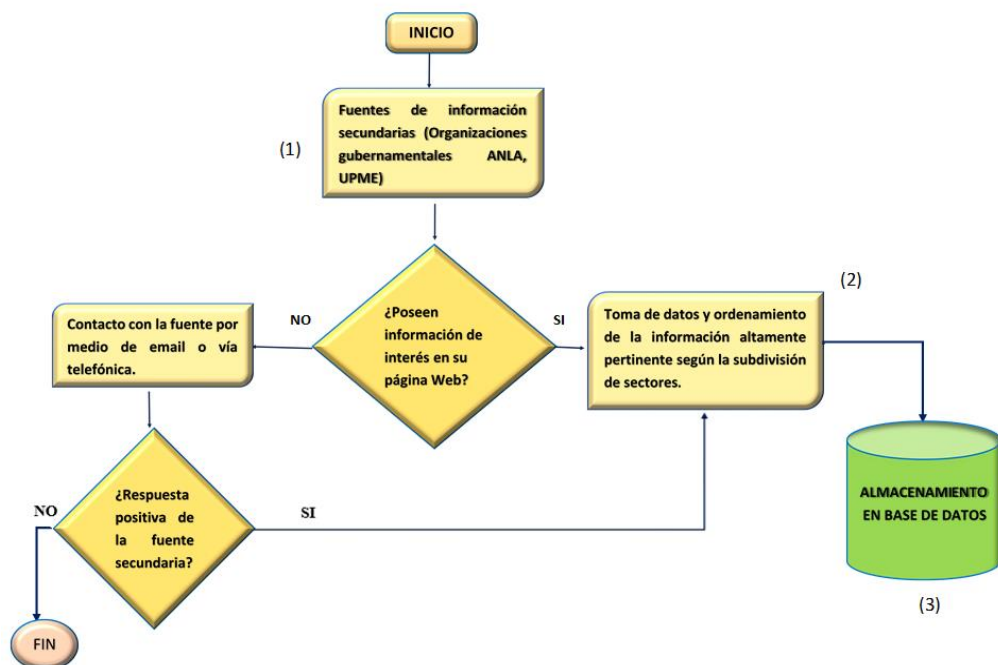
Se plantea en este numeral la manera de adquisición de los datos fundamentales para la identificación de proyectos FV en el AMB. A continuación, se presenta la descripción de cada proceso de recolección de información llamada secundaria o primaria, según la fuente.

**2.2.1 Fase 1: Proceso de recolección de información secundaria.** Con el propósito de identificar los diferentes proyectos instalados y en desarrollo de sistemas FV en el AMB, se define la primera fase del proceso como la búsqueda de información secundaria a través de fuentes de información de entes u organizaciones gubernamentales, por medio de las bases de datos de estos

organismos. La información recopilada a través de fuentes secundarias con propósitos similares al trabajo de investigación, es tomada como base de información para el registro de datos en almacenamiento secundario de sistemas FV en el AMB.

Se elaboró un flujograma que representa la ejecución de la fase de recolección de información secundaria; en la **Figura 9** se encuentra el seguimiento de la obtención de información básica para llevar a cabo la investigación.

Figura 9. Proceso de recolección de información secundaria.



Se debe mencionar que la investigación documental contribuyó con el almacenamiento de proyectos FV reconocidos a nivel nacional; por esta razón, se genera una fuente de almacenamiento consolidada con documentos que contengan la información pertinente para una posterior consulta, proceso y generación de resultados.

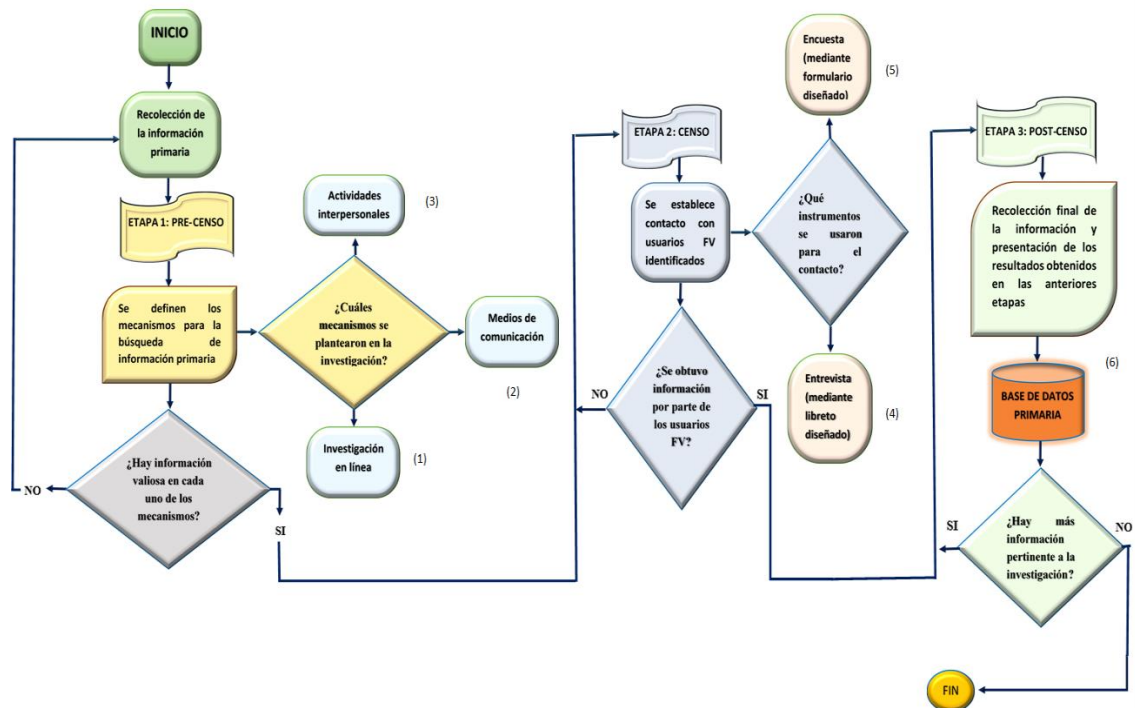
**2.2.2 Fase 2: Proceso de recolección de información primaria.** En esta fase, la adquisición de la información se plantea mediante una herramienta

denominada censo FV, por medio del cual se exponen las siguientes tres etapas que lo conforman:

- Etapa 1: **Etapa pre-censal**, compuesta de procesos previos en la búsqueda de información.
- Etapa 2: **Etapa censal**, donde se presenta el empadronamiento de sistemas FV, objetivo a la generación FV (aplicando la fase pre-censal).
- Etapa 3: **Etapa post-censal**, permite mostrar los resultados censales (como bases de datos con los registros de la información recolectada) [13].

El proceso de la fase 2 está diseñado para realizar distintas actividades de acercamiento y comunicación con usuarios de sistemas FV en el AMB, de esta manera se realizó un registro de datos confiable, en consecuencia, se planteó en la **Figura 10** el seguimiento a esta segunda fase.

Figura 2. Proceso de recolección de información primaria



## 2.3 DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS DE LA SEGUNDA FASE

Para la obtención de información primaria, la estrategia de recolección de datos se subdivide en varias etapas; se detalla la estructura que tendrá cada una de ellas, con el fin de dar a conocer las actividades para lograr cada objetivo según sea su contexto por etapa.

**2.3.1 Etapa 1: Pre-censo.** La base del censo se construye en la primera etapa y de esta depende que la búsqueda de información adquiera una gran cobertura. El pre-censo es necesario para obtener una buena calidad en las etapas restantes planteando las actividades necesarias para la eficiencia de esta modalidad de recolección.

Se usaron los medios electrónicos como herramienta principal en la identificación de sistemas FV; la **búsqueda en páginas Web** de compañías proveedoras e instaladoras de equipos FV fue la técnica con mayor resultado según la muestra obtenida en la investigación.

Posteriormente, por medio de las **redes sociales**, se localizaron perfiles de entidades comerciales, junto con centros educativos que desarrollaron proyectos o emplearon equipos de tecnología FV; además de encontrar evidencias fotográficas como acercamiento visual de algunos sistemas FV instalados en el AMB.

Así como las redes sociales, los **medios noticiosos** proporcionaron publicaciones con información considerada pertinente al estudio, suministrando datos de algunas variables de interés en los sistemas FV; en este caso los periódicos fueron de gran utilidad en la investigación del talento humano, encargado del impulso de la generación FV en AMB.

Finalmente, en la etapa pre-censal se consideraron las **actividades interpersonales** como la manera de potencializar la información anteriormente

adquirida, resaltando la colaboración de personas naturales, asociada a la investigación.

Se proponen un grupo de actividades que se consideran óptimas para la organización de los datos que se encontraron hasta esta etapa, acciones que se presentan en la **Figura 11**, con el propósito de brindar confiabilidad y seguridad a los principales interesados en el trabajo de investigación.

Figura 11. Actividades propuestas para obtención de información.



**2.3.2 Etapa 2: Censo.** En la segunda etapa del proceso de recolección de información primaria, se construyó un esquema en el cual se aplica la información preliminar de la etapa pre-censal, sugiriendo los instrumentos de **encuesta** y **entrevista** como procedimientos indicados en la conexión de usuarios FV, asociando el formulario y el libreto como medio o mecanismo de implementación respectivamente.

Para cualquier investigación científica, es apropiado que los instrumentos usados en la recolección de datos cumplan o aprueben las siguientes

características: primero debe ser **confiable**, luego tiene que ser **válido** y después debe ser **objetivo**<sup>42</sup>.

La confiabilidad permite analizar que los mecanismos de encuesta y entrevista sean diseñados de acuerdo al público de los sectores seleccionados, con el fin de obtener respuestas acertadas en los casos puestos en práctica. Por otra parte, la validez asegura un alto nivel de seguridad de los mecanismos en la recolección de la información y la coincidencia de que los datos recogidos sean útiles en la obtención de la misma. Finalmente, la objetividad se hace fundamental con el fin de orientar los formularios y libretos utilizados hacia el tema principal de la investigación para obtener respuestas positivas o esperadas.

**2.3.3 Etapa 3: Post-censo.** En esta última etapa del proceso de recolección de información se presentan los resultados obtenidos en el censo FV y se diseña una presentación con los datos reunidos de las anteriores etapas, unificando todos los registros pertinentes a los sistemas FV identificados, de los que se tuvo acceso y autorización en la recolecta de información.

## **2.4 MECANISMOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL CENSO FV**

Es necesario implementar mecanismos de interacción con los usuarios de sistemas FV, en este trabajo de investigación, la encuesta y la entrevista son los medios utilizados para el contacto con los interesados.

**2.4.1 Encuesta.** Se utiliza la encuesta como mecanismo de recolección de información primaria y se considera como un instrumento simple y de acogida rápida entre los usuarios con los que se desea trazar contacto. La encuesta se llevó a cabo por medio de un cuestionario o “formulario”, en el cual se plasmaron preguntas dirigidas a la generación solar, enfocadas a las variables de estudio de los sistemas FV instalados y en desarrollo.

---




<sup>42</sup> Universidad de Chile - Departamento de Ciencias de la Construcción. (n.d.). Pautas-2, (2).

En el diseño y creación del formulario se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Elaboración de la introducción al cuestionario, en esta característica se informa de manera directa al encuestado el tema principal que se aborda en el formulario, se realiza una presentación de los investigadores a cargo de la encuesta y las instituciones que hacen parte del estudio.
- Estructura del mecanismo a utilizar, de modo que se define para esta investigación un cuestionario tipo embudo, es decir, se plantean las preguntas partiendo del orden desde lo más general hasta lo particular, sin embargo, integrando las ideas principales en preguntas sencillas y de interés para el sujeto con el fin de ganar su confianza y atención.
- Modo de aplicación, se define la manera en que se ofrece el recurso de recolección de información a los usuarios; las propuestas que se consideran son vía correo electrónico a entidades en las que no se cuente con su acceso físico y mediante comunicación personal con los clientes que puedan ser localizados según el registro previo almacenado en la fase pre-censal.

La ficha mostrada en la **Figura 12** representa la planificación según los aspectos anteriormente mencionados junto con un ejemplo de los tipos de preguntas que se realizaron en el cuestionario. El formato completo de la **encuesta** implementado en el censo FV se presenta en el **Anexo A**.

Figura 12. Ficha muestra del contenido formulario, encuesta.

		<b>Universidad Industrial de Santander</b> <b>Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.</b>	
<b>Autores trabajo de investigación</b> Carlos Cifuentes Mesa, Víctor Luque Plata, Kendy Peña Quiroz.			
<b>CUESTIONARIO FOTOVOLTAICO.</b>			
<p>El siguiente cuestionario es usado como instrumento de encuesta para la recolecta de información acerca de los sistemas FV instalados y en desarrollo en el AMB con la finalidad de suplir la etapa de censo propuesta en el trabajo de investigación por parte de los autores de pregrado UIS.</p>			
<p>La ficha con preguntas que a continuación se presenta va dirigida a usuarios de los sectores industrial, comercial y residencial que se encuentren vinculados a la generación FV en el AMB, mencionando que este trabajo se realiza con finalidad académica.</p>			
<b>Sector industria y comercio (Organización o empresa).</b>			
Nombre completo de la empresa u organización:			
<input type="text"/>			
Ubicación de la entidad:			
<input type="text"/>			
Nombre de la persona encuestada:			
<input type="text"/>			
Cargo o relación laboral:			
<input type="text"/>			
Teléfono de contacto:			
<input type="text"/>			
Correo electrónico:			
<input type="text"/>			
<b>Sector residencial (Persona natural).</b>			
Nombre completo del contacto:			
<input type="text"/>			
Dirección:			
<input type="text"/>			
Teléfono de contacto:			
<input type="text"/>			
Correo electrónico:			
<input type="text"/>			
<b>Sector residencial (Sistema FV)</b>			
<b>¿Cuenta usted con algún sistema FV?</b>			
<input type="text"/>			
<b>De ser afirmativo, ¿Está este sistema FV conectado a la red?</b>			
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
<p><b>AGRADECIMIENTOS:</b></p> <p>A todas las empresas, entidades y ciudadanos que por su colaboración y aporte de información hicieron posible el registro de los datos pertinentes a las variables de sistemas FV instalados y en desarrollo en el AMB e influyeron en el avance del reconocimiento de la energía Solar por parte del sector educativo mediante el desarrollo de este trabajo de grado</p>			

**2.4.2 Entrevista.** Con la implementación de este mecanismo, se profundiza la obtención de información pertinente a las variables de sistemas FV. Para la ejecución de la entrevista se programaron reuniones con el objetivo que los entrevistadores comuniquen los intereses del trabajo de investigación hacia los entrevistados, de esta manera aumentar la información registrada en las bases de datos sobre lo que se desea conocer del informante, con la posibilidad de inclusión de preguntas adicionales o reformuladas que permitan cerrar un proceso y precisar detalles del mismo<sup>43</sup>.

Los parámetros tenidos en cuenta en la formulación del libreto de la entrevista semiestructurada fueron los siguientes:

- Planteamiento de preguntas “abiertas”, tal que las incógnitas que conciernen a la caracterización sean fáciles de interpretar por la persona entrevistada y le permita expresar sus opiniones con fluidez sobre las cualidades de los proyectos que tiene a cargo.
- Descripción del medio de intercomunicación entre los usuarios con sistemas FV, investigadores y demás recursos humanos que se encuentren en el proceso de investigación, esto debido a que es importante manejar la forma de dirigir las preguntas a quienes deben responderlas (Estructura de diálogo).

De inmediato, se presenta una muestra del tipo de pregunta que se propone en el diseño de un libreto FV en la **Figura 13** (Ficha muestra del contenido libreto, entrevista).

---

<sup>43</sup> Corral, Y. (2014). La entrevista en investigación cualitativa. Investigación de Mercado, 12, 34. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Figura 3. Ficha muestra del contenido libreto, entrevista.

- Con base en la experiencia de su empresa ¿Cómo ha sido la participación de los sectores industrial, comercial y residencial en la implementación de sistemas FV?

- Para nosotros es de gran interés conocer las empresas que impulsan la generación FV en el sector, podría explicarnos ¿Cómo incursionó la empresa en esta tecnología y qué papel juegan en su desarrollo?

El **Anexo B** presenta el guion de la **entrevista** implementada en el censo FV según los aspectos anteriormente mencionados.

### 3. EJECUCIÓN DE LOS PROCESOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La ejecución del proceso de recolección de información se trabaja con base en la **definición de variables claves**, teniendo en cuenta las pautas tomadas y definidas en el Capítulo 2, con el fin de recopilar la información requerida para la realización de la investigación. Los datos obtenidos en la aplicación de este proceso de recolección de información, dependieron de la cooperación de las diferentes fuentes de información a través de las distintas etapas definidas en el proceso. En la totalidad del proceso se tomó como medida mínima a la hora de identificar los proyectos de energía solar FV en el AMB, registrar por lo menos la ubicación geográfica de cada sistema FV identificado.

#### 3.1 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se recopila la información registrada en fuentes de información secundarias acerca de los proyectos de energía solar FV en el AMB. El propósito de esta etapa es la identificación de proyectos FV en el AMB a través de las bases de datos de las diferentes organizaciones gubernamentales delegadas.

**3.1.1 Fuentes de información secundaria.** Con el propósito de llevar a cabo de manera efectiva la primera fase de investigación, se decidió consultar documentos que tengan una finalidad parecida a esta búsqueda o aquellos que indirectamente tengan información pertinente a este estudio. Con este fin, se determinan las fuentes de información a ser consultadas para obtener los resultados esperados y garantizar un almacenamiento de base de datos secundaria actualizada y completa.

Para el objetivo del proyecto se determinó que la base de datos registrada por la UPME es de principal interés como fuente de información secundaria, por su

papel como organismo delegado de mantener actualizado el listado de fuentes no convencionales de energía de acuerdo a la Ley 1715 de 2014<sup>44</sup>.

Además de la información que podría proporcionar la UPME, se decide la consulta como fuente de información a la base de datos registrada por la ANLA, organismo encargado de la certificación ambiental para proyectos de Fuentes No Convencionales de energías renovables (FNCER).

**3.1.2 Recolección de información secundaria.** La recolección de la información registrada por la UPME y la ANLA se llevó a cabo en base al ***Proceso de recolección de información secundaria***, a través de la información registrada por los entes en sus bases de datos y que pueda ser suministrada libremente por estos. El proceso de recolección de información se realizó siguiendo los pasos establecidos en el esquema mostrado en la **Figura 9**.

Se identificaron (1) las *fuentes secundarias* con sus datos de contacto. Luego de establecer los contactos (2) se procede a la búsqueda de información que esté comprometida con la investigación por medio de la web. Se realizó la recopilación de la información de interés con un resultado positivo al momento de identificar los proyectos en el sector, no conforme con el resultado se realizó el contacto con las instituciones, obteniendo mayor información, más completa y actualizada de los proyectos registrados. La información clave obtenida es almacenada en base de datos (3).

La etapa de recolección de información secundaria tuvo un resultado positivo. Según el *Informe de Registro de Proyectos de Generación*<sup>45</sup> de la UPME y la *Certificación de Beneficio Ambiental por Nuevas Inversiones en Proyectos de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables-FNCER y Gestión Eficiente de la Energía, para la exclusión de impuesto Sobre las Ventas –IVA*

---

<sup>44</sup> Congreso de Colombia. (2014). Ley N° 1715 del 13 de mayo de 2014. Upme, (May), 26. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

<sup>45</sup> UPME. (2016). Registro de Proyectos de Generación. Bogotá: UPME

[18] de la ANLA, al 16 de agosto de 2018 se identificaron 17 proyectos de generación FV registrados en el AMB, donde se encontraron datos como la capacidad instalada, municipio y nombre del proyecto. La Información completa obtenida se registra en *Base de Datos Sistemas FV Anexo D*.

### **3.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA**

La etapa del proceso de recolección de información primaria busca determinar la información necesaria para una investigación profunda a través de los medios de difusión. Esta etapa del proceso nos permitirá la identificación de proyectos de generación FV en el AMB del cual no se tengan registros previos en ninguna base de datos. La ejecución de la etapa se realizará según lo establecido en tres fases: ***fase pre-censal, fase censal, fase post-censal***.

El propósito final de esta etapa es la identificación de nuevos proyectos FV en el AMB a través de las empresas identificadas mediante herramientas como: la investigación documental, la observación, la investigación vía web, la entrevista y la encuesta.

**3.2.1 Fuentes de información primaria.** Como primera medida a la hora de la fase censal emprender la etapa de proceso de recolección de información primaria es indispensable la identificación de las *fuentes primarias* a investigar. Aunque la etapa contempla la investigación de distintas fuentes como los medios de noticias, las empresas constructoras con proyectos de edificación verde, operadores de red, instituciones educativas, las redes sociales, etc., estas fuentes de información sólo se investigan en la ***fase pre-censal***.

Las empresas proveedoras de servicios de diseño e instalación que operan en el sector son las principales entidades aliadas a la hora de identificar nuevos proyectos FV en el área, ya que cumplen un papel fundamental en las diferentes etapas de este proceso. Con este fin se realizó el registro de las empresas y su información de contacto utilizando la propia publicidad ofrecida por la industria a

través de directorios e información publicitaria, se realizó el registro de empresas que, aunque sus instalaciones no residieran en el AMB hubieran prestado el servicio en el sector.

La información adquirida fue verificada a través del registro único empresarial y social Cámaras de comercio (RUES) y se expone en la **Tabla 7**, la información completa obtenida es registrada en *Base de Datos Talento Humano Anexo 5*.

Tabla 7. Empresas proveedoras de diseño e instalación con operación en Bucaramanga.

EMPRESA	LOCALIDAD
GIMECOL SOLAR	BARRANCABERMEJA
SOLAR GROUP	BOGOTA
VOLUMEN SAS	BOGOTA
SENERGYSOL	BOGOTÁ
ENERNET INGENIERÍA S.A.S	BUCARAMANGA
AMV S.A	BUCARAMANGA
ANS ENERGIA	BUCARAMANGA
CENTAC	BUCARAMANGA
CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS Y CIVILES DE ING.LIMITADA	BUCARAMANGA
COPOWER	BUCARAMANGA
ECOENERGY	BUCARAMANGA
EME INGENIERIA S.A	BUCARAMANGA
ENEF	BUCARAMANGA
FIELD LOGIC	BUCARAMANGA
FUNDACIÓN SOLAR ONG	BUCARAMANGA
NEW SUN	BUCARAMANGA
PROYMELEC INGENIERÍA SAS	BUCARAMANGA
SUN ENERGY	BUCARAMANGA
SUNCOL ENERGY	BUCARAMANGA
THERMOWIRE LTDA	BUCARAMANGA
VATIA S.A E.S.P	BUCARAMANGA
VIDEOSISTEMAS	BUCARAMANGA
WILMAN MORALES REY PROYECTOS Y SERVICIOS DE INGENIERIA	BUCARAMANGA
MACSOLAR	FLORIDABLANCA
GRUPO PLANETA AMBIENTAL S A S	GIRON
REA SOLAR COLOMBIA S.A.S	MANIZALES
AMPASOLAR	PIEDECUUESTA
ENERGITEL	RISARALDA

### 3.2.2 Proceso de recolección de información primaria: etapa pre-censal.

Establecidos los contactos de las fuentes de información, se procede a la búsqueda de información comprometida con la investigación, de los proyectos FV emprendidos por las **fuentes de información primarias**. La recolección de

la información se consiguió en base la **fase pre-censal** del proceso de recolección de información realizando los pasos establecidos en el esquema **Figura 10**.

Recolección de información primaria (1) vía web por medio de las páginas web las empresas proveedoras de diseño e instalación e instituciones de educación obteniendo información publicada de los proyectos emprendidos en el AMB. Los (2) medios de comunicación a través de las publicaciones de proyectos de generación solar FV del periódico de mayor relevancia en la ciudad, también se investigó a través de las redes sociales de Facebook y Twitter, por último, se incluyó la (3) información conocida con antelación de personas aliadas cercanas al proyecto que tuvieran algún conocimiento del tema.

En el proceso se logró la identificación de la ubicación de sistemas FV en operación y en desarrollo, en algunos casos se logró la identificación de datos generales de los sistemas. La información clave de los sistemas de generación solar FV dada la diversidad de fuentes de información consultadas en algunos proyectos se registró información diversa el cual se recopila en *Base de Datos Sistemas FV Anexo D*.

**3.2.3 Proceso de recolección de información primaria: etapa censo.** Con la información identificada de sistemas FV y empresas de diseño e instalación a través de las anteriores etapas del proceso de recolección de información, se procede a la realización del censo FV implementando los mecanismos definidos previamente. Las herramientas usadas en la etapa del censo fueron la **entrevista**, como mecanismo para la obtención de información clave de empresas e instituciones educativas y la **encuesta**, con el fin de conocer las características del sistema FV.

La ejecución de la **entrevista** se basó en la reservación de una cita previa con las empresas e instituciones educativas involucradas, la entrevista se realizó a las empresas en el cual fueron posible su contacto y realización de esta el AMB.

La implementación del mecanismo fue positiva obteniendo, la identificación de sistemas FV no identificados en las anteriores etapas del proceso de recolección, los datos técnicos de los sistemas FV instalados por las empresas de diseño e instalación, además de información acerca del talento humano que trabaja en las entidades y el papel que están tomando estas en el desarrollo de la tecnología.

La **encuesta** se ejecutó a través de un formulario como medio de aplicación, implementándolo en los sitios identificados con un sistema FV en operación, con el fin de completar la información técnica del sistema previamente identificado. El mecanismo cumplió su fin y se consiguió información de los sistemas FV a los cuales se pudo tener acceso. Su implementación requirió de distintas herramientas para el acceso a la información como el contacto vía web, el telefónico y la carta membretada por parte de la UIS en nombre de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones como medio de acceso al sistema identificado, ver **Anexo 3**.

#### **3.2.4 Proceso de recolección de información primaria: post censo.**

Terminada la etapa del censo, se da por terminado el proceso de recolección de información con sus dos fases secundaria y primaria llevado a cabo hasta el 31 de agosto de 2018. La implementación de la totalidad de las etapas obtuvo los siguientes resultados:

- Se identificaron 37 proyectos de energía solar FV en proceso de desarrollo en el AMB.
- Se identificaron 31 proyectos instalados de energía solar FV en el AMB.

La información obtenida de las variables claves definidas de cada uno de los proyectos se registra en la *base de datos de sistemas FV Anexo 4*. Los proyectos en operación identificados en el proceso de recolección de información se exponen en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Proyectos identificados proceso de recolección.

MUNICIPIO	NOMBRE PROYECTO	CAPACIDAD INSTALADA [kW]
BUCARAMANGA	ANS	18.5
GIRÓN	CAJASAN AGENCIA DE EMPLEO	5
GIRÓN	CASTILLA REAL 1	1.75
FLORIDABLANCA	COLEGIO UIS	10.24
BUCARAMANGA	COLEGIO SALESIANO	1.08
BUCARAMANGA	COPOWER	12
BUCARAMANGA	EDGAR JOYA	0.15
BUCARAMANGA	EDIFICIO MAR AZUL PARQUE	0.54
BUCARAMANGA	ESSI	22.68
BUCARAMANGA	HOGAR GERIÁTRICO LUZ DE ESPERANZA	9
GIRÓN	HOTEL LAS NIEVES	3
BUCARAMANGA	INSTITUTO GABRIELA MISTRAL	5
BUCARAMANGA	JE DISTRIBUCIONES ELECTRICAS	3
GIRÓN	REPLASANDER	22.9
PIEDRECUESTA	SOLUCION GRID TIE 1KWP PARA VIVIENDA RUITOQUE	1
FLORIDABLANCA	SUPERMERCADOS LA CANASTA	30
FLORIDABLANCA	TELEBUCARAMANGA - SEDE CUMBRE	32.72
BUCARAMANGA	TELECOMUNICACIONES CYBERTEL LTDA.	10
BUCARAMANGA	UIS	9.63
BUCARAMANGA	UIS - ALTA TENSIÓN	0.6
PIEDRECUESTA	UIS - GUATIGUARÁ	2.265
BUCARAMANGA	UNAB	1.28
BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD DE SANTANDER	30.7
PIEDRECUESTA	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	2
BUCARAMANGA	COLEGIO SALESIANO 2	0.4
BUCARAMANGA	SEBOSANDER	4.8
BUCARAMANGA	FABRICA DE CALZADO TIGER S.A.S	8.82
BUCARAMANGA	UDI	22.608
BUCARAMANGA	TISA	2
BUCARAMANGA	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS FASE 1	1.2
BUCARAMANGA	EDIFICIO APTOS SOLAR	0.504
BUCARAMANGA	FILTROS PARTMO SAS	30
PIEDRECUESTA	HOTEL PUNTA DIAMANTE	*
PIEDRECUESTA	VERÓNICA BARRERA	*
BUCARAMANGA	JARDINES DE LA COLINA LIMITADA	14.5
BUCARAMANGA	EDINSON SEPÚLVEDA	*
PIEDRECUESTA	ENERGY SOLUTIONS COLOMBIA S.A.S	2

\*Algunos proyectos no fue posible determinar la capacidad instalada a través de la aplicación de las distintas etapas del proceso de recolección de información.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ETAPA CENSAL

Este capítulo muestra los resultados obtenidos a partir de la identificación de los sistemas FV instalados y en desarrollo. Los datos aquí presentados son calculados a partir de los análisis por municipios y sectores de interés, así como su conexión a la red, año de instalación y tecnología utilizada por los sistemas FV.

### 4.1 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS FV INSTALADOS

A continuación, se realiza un análisis cuantitativo de la muestra obtenida a través del proceso de recolección de información de los sistemas FV en operación, desde las variables de capacidad instalada, sector de interés, número de sistemas y conexión a la red.

**4.1.1 Número de sistemas FV por sector de interés y municipio.** Se identificaron un total de 37 sistemas FV instalados en la zona urbana del AMB. La **Tabla 9** muestra el número de sistemas FV identificados en operación del AMB, clasificados por el municipio de ubicación y sector de interés.

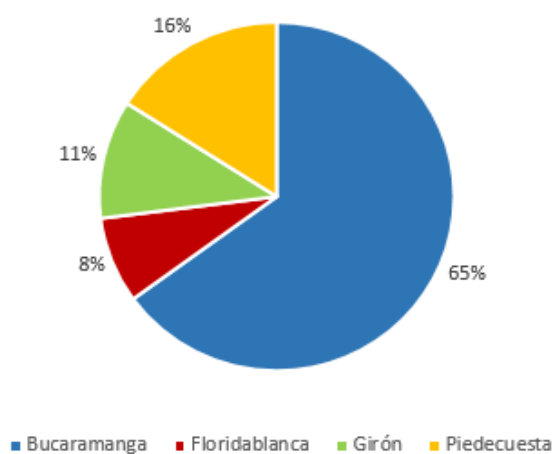
Tabla 9. Sistemas FV identificados por sector y municipio del AMB.

<b>Sector</b>	<b>Comercial</b>	<b>Educativo</b>	<b>Industrial</b>	<b>Residencial</b>	<b>Total sistemas FV por municipio</b>
<b>Municipio</b>					
Bucaramanga	7	9	4	4	24
Floridablanca	2	1	0	0	3
Girón	2	0	1	1	4
Piedecuesta	2	2	0	2	6
<b>Total sistemas FV por sector</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>37</b>

Bucaramanga es el municipio con mayor cantidad de sistemas FV en operación al tener el 65% del total, seguido de Piedecuesta con el 16%, finalmente Girón y Floridablanca con el 11% y el 8%, respectivamente. La **Figura 14** muestra la

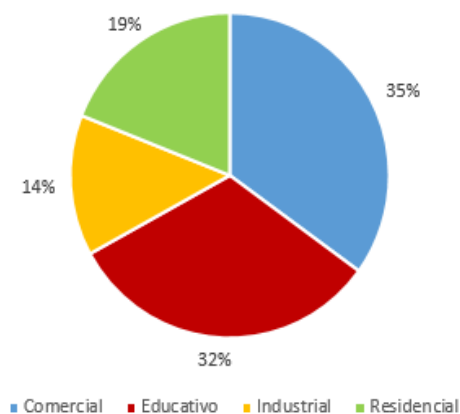
distribución porcentual por municipio, del número de sistemas FV instalados identificados.

Figura 4. Distribución porcentual de número de sistemas FV instalados identificados por municipio.



A nivel metropolitano se observó que los sectores comercial y educativo cuentan con la mayor cantidad de sistemas FV instalados, agrupando el 35% y 32%, respectivamente. El sector residencial alcanza el 19% del total de sistemas, seguido del sector industrial con el 14%. La **Figura 15** presenta la distribución porcentual por sector, de los sistemas FV instalados identificados.

Figura 15. Distribución porcentual de sistemas FV instalados identificados por sector.



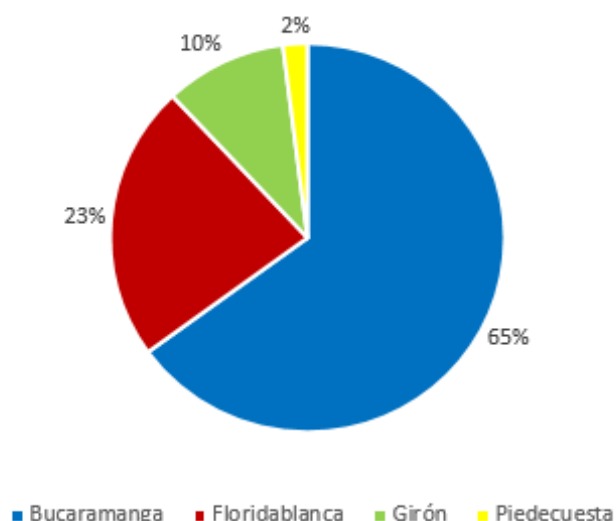
#### 4.1.2 Capacidad instalada de sistemas FV por sector de interés y municipio.

La **Tabla 10** presenta la capacidad instalada por municipio y sector de los sistemas FV identificados. Al analizar los datos por capacidad instalada, se pudo notar que Bucaramanga es el municipio con la mayor capacidad instalada, aportando un 65% del total del AMB. Por su parte, Floridablanca y Girón cuentan con el 23% y 10% respectivamente. Piedecuesta es el municipio con menor capacidad instalada de sistemas FV, al contar únicamente con un 2%. Estos datos se ven representados en la **Figura 16**.

Tabla 10. Capacidad instalada por sector y municipio de los sistemas FV identificados.

Sector \ Municipio	Comercial	Educativo	Industrial	Residencial	CI por municipio [kW]
Bucaramanga	69,0	72,5	66,3	1,2	<b>209,0</b>
Floridablanca	62,7	10,2	0	0	<b>72,9</b>
Girón	8,0	0	22,9	1,8	<b>32,7</b>
Piedecuesta	2,0	4,3	0	1,0	<b>7,3</b>
<b>CI sector [kW]</b>	<b>141,7</b>	<b>87,0</b>	<b>89,2</b>	<b>4,0</b>	<b>321,9</b>

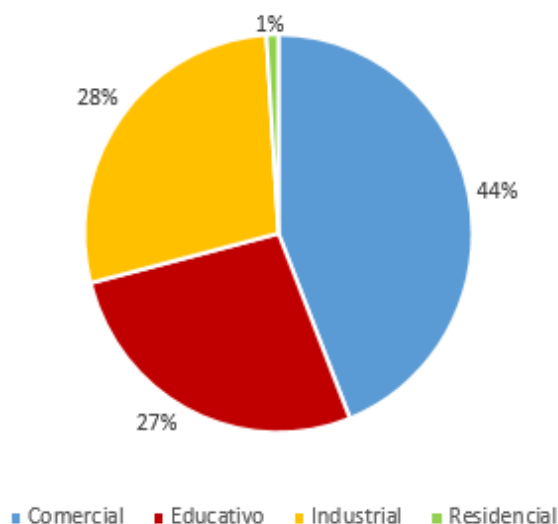
Figura 16. Distribución porcentual de la capacidad instalada por municipio.



De la **Tabla 10** se puede observar que el sector comercial es el de mayor capacidad instalada al contar con el 44%. El sector industrial y educativo

presentan casi la misma proporción al tener el 28% y el 27% respectivamente. Finalmente, el sector residencial cuenta únicamente con el 1% de la capacidad instalada total del AMB. Esta distribución por sectores puede verse en la **Figura 17**.

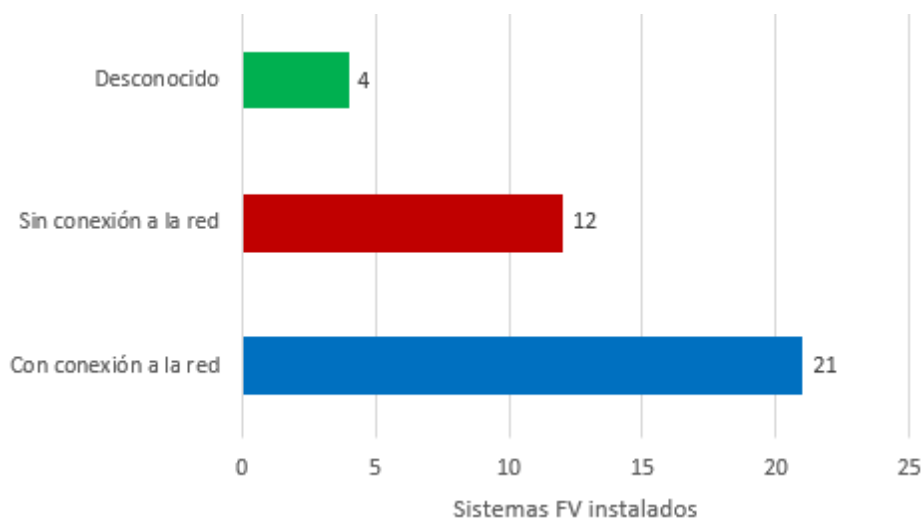
Figura 17. Distribución porcentual de la capacidad instalada por sector.



A partir de esta recopilación de información, se puede observar que Bucaramanga es el municipio con mayor número de sistemas FV instalados y mayor capacidad instalada en el AMB. Por otro lado, aunque Piedecuesta es el segundo municipio con mayor cantidad de sistemas FV en operación, estos son de poca envergadura resultando en una baja capacidad instalada.

**4.1.3 Tipo de conexión a la red.** Otro de los datos obtenidos a partir de la etapa censal fue el tipo de conexión que tenían estos sistemas a la red de energía, dando como resultado que los sistemas conectados a la red representan el 57% del total y los aislados el 32%. De igual forma, existe un 11% que no fue posible obtener esta información. En la **Figura 18** se observa el número de sistemas FV según su tipo de conexión a la red.

Figura 18. Sistemas FV identificados según su conexión a la red.



## 4.2 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS FV EN DESARROLLO

A continuación, se realizará un análisis cuantitativo de la muestra obtenida a través del proceso de recolección de información de los sistemas FV en desarrollo, desde las variables de capacidad instalada, sector de interés, número de sistemas y conexión a la red.

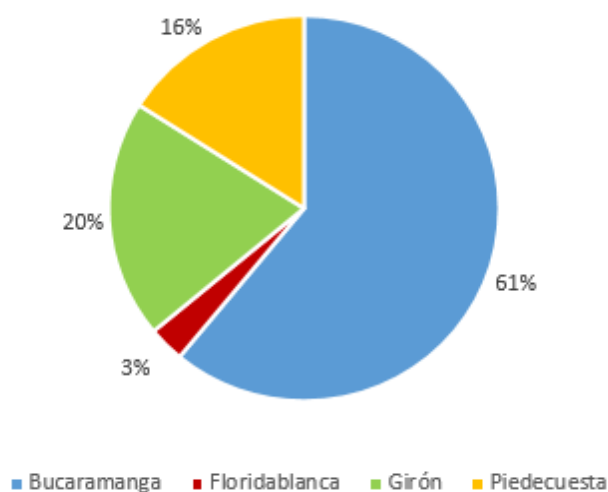
**4.2.1 Número de sistemas FV por sector de interés y municipio.** Se identificó un total de 31 sistemas FV en desarrollo dentro de la zona urbana del AMB. La **Tabla 11** muestra el número de sistemas FV identificados en desarrollo del AMB, clasificados según municipio de ubicación y sector de interés.

Tabla 11. Sistemas FV en desarrollo, identificados por sector y municipio del AMB.

Sector \ Municipio	Comercial	Educativo	Industrial	Residencial	Desconocido	Total
Bucaramanga	6	3	3	6	1	19
Floridablanca	0	0	0	1	0	1
Girón	0	0	6	0	0	6
Piedecuesta	1	0	1	3	0	5
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>31</b>

Bucaramanga es el municipio con mayor cantidad de sistemas FV en desarrollo al tener el 61% del total, seguido de Girón con el 20%, finalmente Piedecuesta y Floridablanca con el 16% y el 3%, respectivamente. La **Figura 19** muestra la distribución porcentual por municipio, del número de sistemas FV en desarrollo identificados.

Figura 19. Distribución porcentual de número de sistemas FV en desarrollo, por municipio.

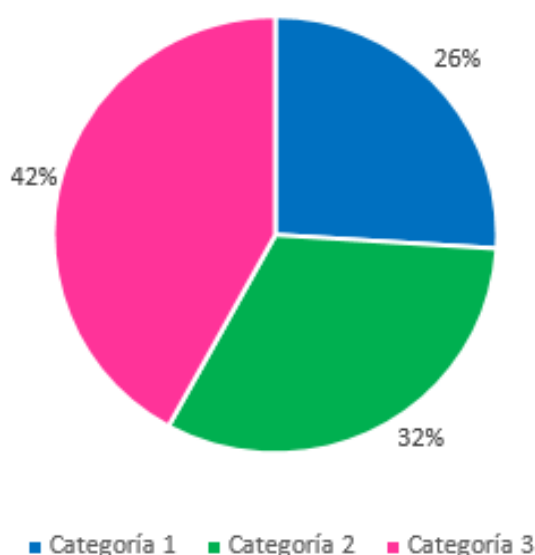


Debido a que no todos los sistemas FV en desarrollo se encuentran en una misma fase de instalación, se definió una clasificación según la etapa en que se encuentren. Esta clasificación consistió en definir tres categorías:

- Categoría 1: Los sistemas FV en esta etapa se encuentran en proceso de instalación y se tiene confirmación de su puesta en funcionamiento.
- Categoría 2: Los sistemas FV en esta etapa serán instalados en lo que resta del 2018 y el año 2019. No se tiene total certeza de su entrada en operación, ya que algunos se encuentran en su etapa final de diseño.
- Categoría 3: De los sistemas FV en esta etapa no se tiene conocimiento de su entrada en operación. Algunos de estos sistemas solo cuentan con un diseño básico y otros aún siguen en trámite de aprobación por parte de la UPME.

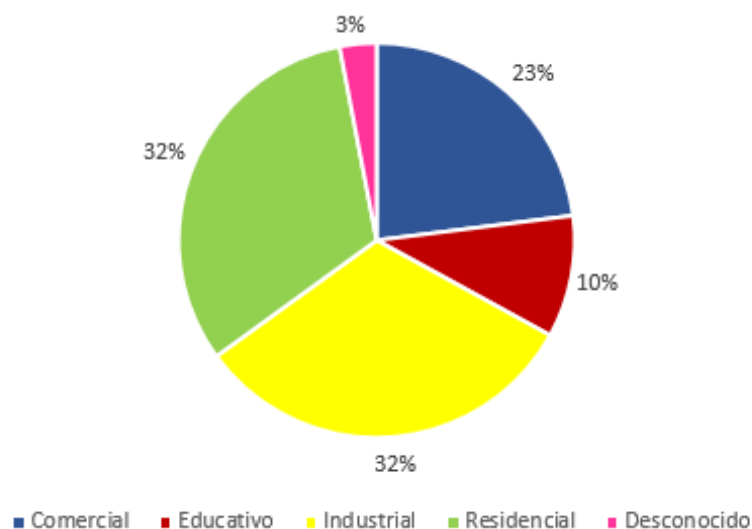
Según esta categorización, se halló que la mayoría de sistemas FV en desarrollo se encuentran en fase de diseño conceptual o trámite ante la UPME; 13 de los 31 sistemas identificados se encuentran en la categoría 3, registrando un 42% del total de proyectos. Por su parte los sistemas FV pertenecientes a la categoría 2 alcanzan el 32% con 10 proyectos. Finalmente, los sistemas FV de categoría 1 registran el 26% con 8 sistemas a instalar en lo que resta del 2018. En la **Figura 20** se puede ver la distribución según su categoría.

Figura 20. Distribución porcentual de la categorización de sistemas FV en desarrollo.



Se pudo observar que los sectores residencial e industrial, registran el 32% cada uno, del total de sistemas FV en desarrollo. Por su parte, los sectores comercial y educativo, registran el 23% y 10%, respectivamente. De igual forma, existe un 3% del total, equivalente a un sistema FV, del cual no fue posible conocer a qué sector de interés pertenece. La **Figura 21** presenta la distribución porcentual por sector, de los sistemas FV en desarrollo.

Figura 21. Distribución porcentual de sistemas FV en desarrollo, por sector.



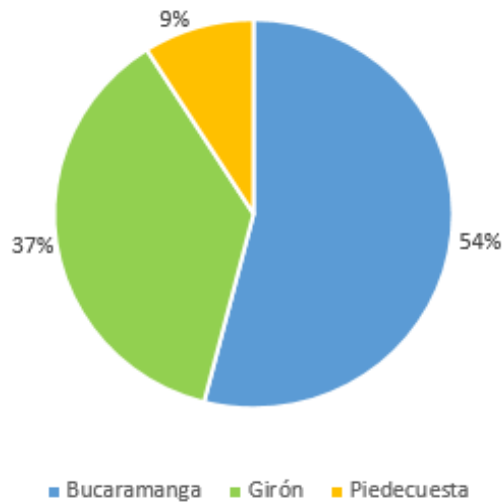
#### 4.2.2 Capacidad instalada de sistemas FV por sector de interés y municipio.

La **Tabla 12** presenta la capacidad instalada por municipio y sector de los sistemas FV en desarrollo. Según los datos registrados, Bucaramanga es el municipio con la mayor capacidad instalada, aportando un 54% del total del AMB. Girón y Piedecuesta cuentan con el 37% y 9% respectivamente. El municipio de Floridablanca solo cuenta con un sistema FV en desarrollo, del cual no se pudo conocer su capacidad instalada. Estos datos se ven representados en la **Figura 22**.

Tabla 12. Capacidad instalada por sector y municipio de los sistemas FV identificados.

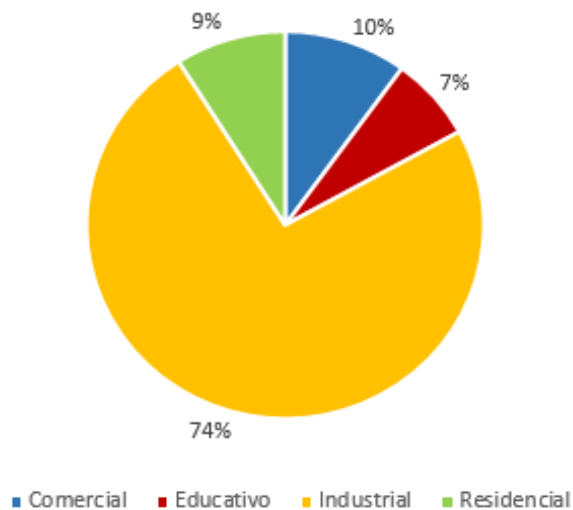
Sector Municipio	Comercial	Educativo	Industrial	Residencial	Desconocido	CI municipio [kW]
Bucaramanga	115,9	104,0	517,0	100,0	6,7	843,6
Floridablanca	0	0	0	0	0	0
Girón	0	0	570,0	0	0	570,0
Piedecuesta	37,8	0	61,2	44,8	0	143,8
<b>CI sector [kW]</b>	<b>153,7</b>	<b>104,0</b>	<b>1148,2</b>	<b>144,8</b>	<b>6,7</b>	<b>1557,4</b>

Figura 22. Distribución porcentual de la capacidad instalada por municipio.



De la **Tabla 12** se puede observar que el sector industrial es el de mayor capacidad instalada al contar con el 74%. El sector comercial y residencial presenta casi la misma proporción al tener el 10% y el 9% respectivamente. Finalmente, el sector educativo cuenta con el 7% de la capacidad instalada total del AMB. Esta distribución por sectores puede verse en la **Figura 23**.

Figura 23. Distribución porcentual de la capacidad instalada por sector.



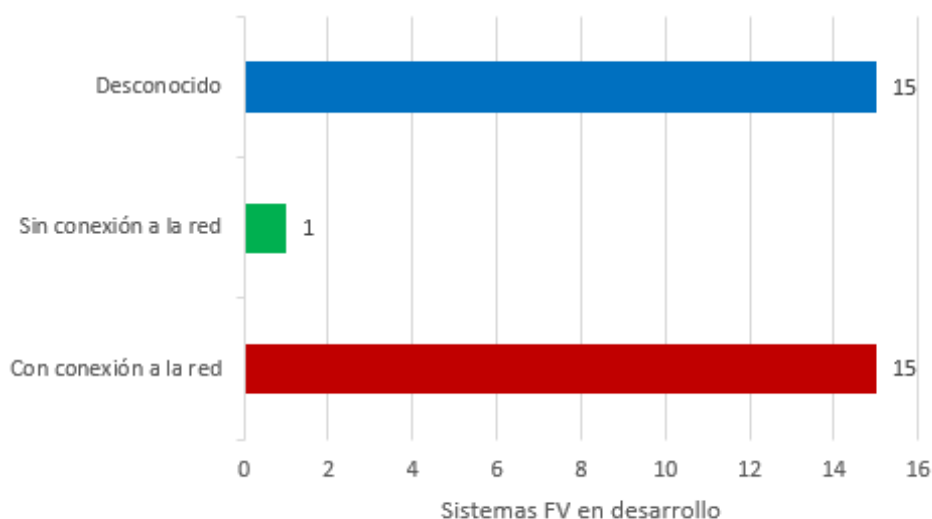
Es de destacar que la capacidad instalada de los sistemas FV en desarrollo es casi cinco veces la capacidad instalada de los sistemas FV funcionando a la

fecha. Este incremento es producido principalmente por el aumento de la capacidad instalada en el sector industrial, donde se estima un crecimiento del 1287% con respecto a la instalada a agosto del 2018.

De igual forma, es de destacar el crecimiento que presenta el sector residencial con respecto a los sistemas FV en operación, siendo del 3620%. Este aumento en la capacidad instalada es producto en gran medida, de los nuevos desarrollos inmobiliarios en los que las empresas constructoras invierten en esta FNCER, para alimentar unidades residenciales y zonas comunes.

**4.2.3 Tipo de conexión a la red.** De los sistemas FV en desarrollo, se tuvo como resultado que los sistemas conectados a la red representan el 48.4% del total y los aislados el 3.2%. Es de resaltar que del 48.4% de los sistemas FV identificados, no fue posible conocer esta información. En la **Figura 24** se observa el número de sistemas FV según su tipo de conexión a la red.

Figura 24. Sistemas FV identificados según su conexión a la red.



#### 4.3 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE SISTEMAS FV EN EL AMB

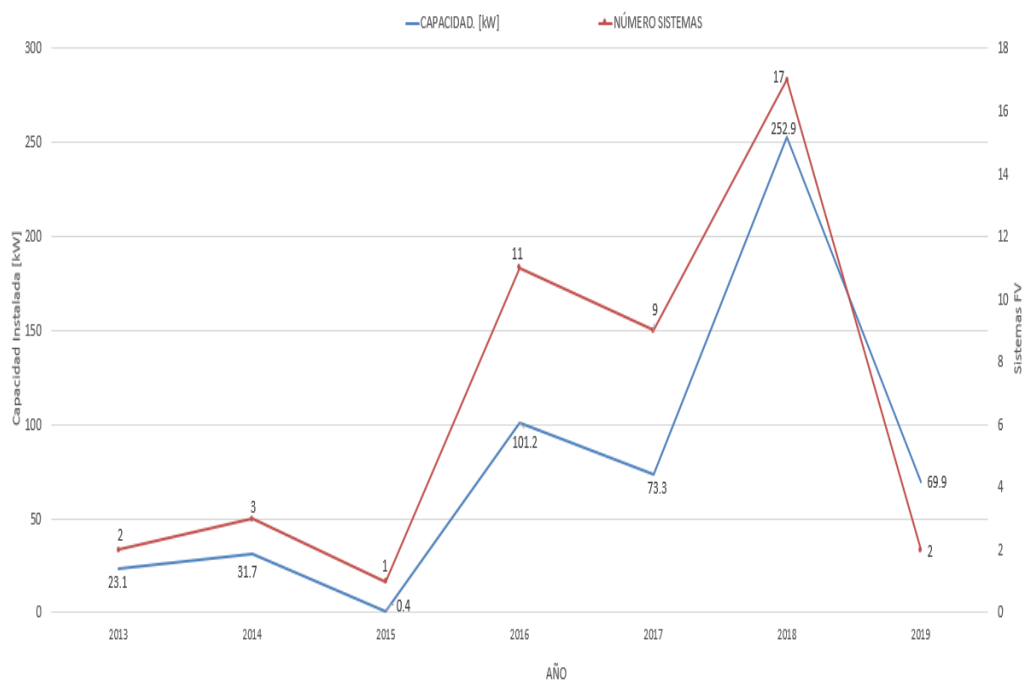
En total, se identificaron 68 sistemas FV en el AMB, de los cuales 37 se encuentran instalados y 31 en desarrollo. El año de instalación pudo conocerse

en 47 de los 68 sistemas identificados, debido a que gran parte de los sistemas FV en desarrollo no tienen fecha de puesta en servicio.

A partir del registro de datos se determinó que el desarrollo de la energía FV en el AMB es muy reciente, siendo los primeros proyectos instalados en el 2013. Desde ese año hasta el 2015, hubo poca variación en los sistemas FV instalados. A partir del 2016, se observó un incremento con respecto a los tres primeros años, pasando de un sistema FV en el 2015 a 11 en el 2016. La apropiación y conocimiento de la Ley 1715 de 2014 por parte de los usuarios y empresas de diseño e instalación, contribuyó a este crecimiento. El año 2018 ha sido el de mayor cantidad de sistemas FV instalados; a la fecha existen ocho sistemas FV en operación y 11 en desarrollo.

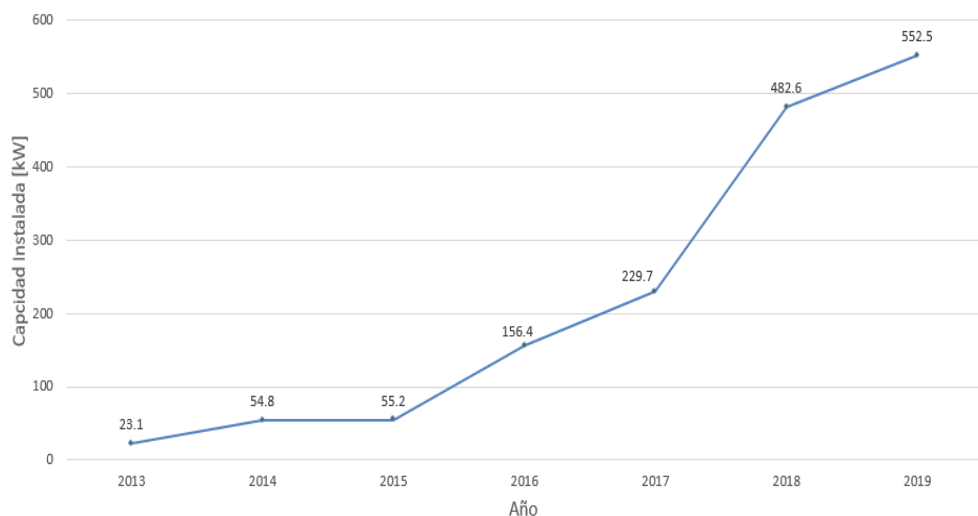
Se puede notar que para el año 2019 se espera que entren en servicio dos sistemas FV, cuya capacidad instalada es similar a la que fue instalada en el 2017 con nueve sistemas FV. **Figura 25** muestra la evolución histórica del número de sistemas FV en el AMB a partir de la información obtenida.

Figura 25. Línea de tiempo de la capacidad instalada y número de sistemas FV.



La **Figura 26** muestra la evolución temporal de la capacidad instalada acumulada, observándose el crecimiento progresivo que esta ha presentado a través de los años. Para el año 2019 se espera una capacidad instalada de 552.53 [kW], un crecimiento aproximado del 2391%, en comparación del 2013, año en que se registraron los primeros sistemas FV en funcionamiento.

Figura 26. Evolución de la capacidad instalada acumulada de sistemas FV en el AMB.



#### 4.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS FV IDENTIFICADOS

A parte de conocer la capacidad instalada, año de instalación y tipo de conexión a la red, se realizó una caracterización primaria de los sistemas FV identificados. Durante la etapa censal se recopilaron los datos de cantidad de paneles FV e inversores, su tipo, referencia y marca. Del mismo modo, si el sistema FV no tenía conexión a la red, se tomaron las características de baterías e inversores.

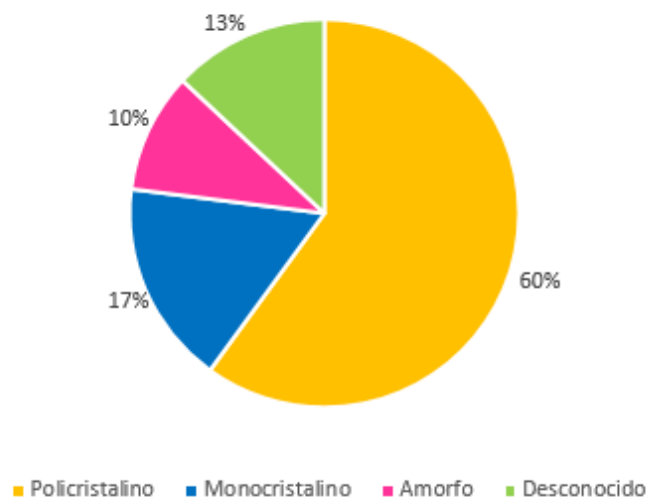
La información mostrada a continuación fue calculada con base en los datos de los sistemas FV en operación, excluyendo los sistemas en desarrollo, debido a que, en gran parte de estos, sus componentes no se conocen.

**4.4.1 Paneles FV.** Se pudo conocer que existen 1219 paneles FV en los 37 sistemas FV identificados que operan en el AMB. El tipo de panel utilizado pudo

conocerse en el 87% del total de sistemas FV en operación. Se pudo observar que el 60% de sistemas FV identificados, utilizan paneles de tipo policristalino seguido de un 13% que utilizan paneles de tipo monocristalino. Igualmente, existe un 10% de sistemas FV que operan con paneles de tipo amorfo. Este tipo de panel fue utilizado en los primeros sistemas FV que se instalaron en el AMB, entre los años 2013 y 2014, posterior a este año se ha venido utilizando los de tipo policristalino en mayor medida.

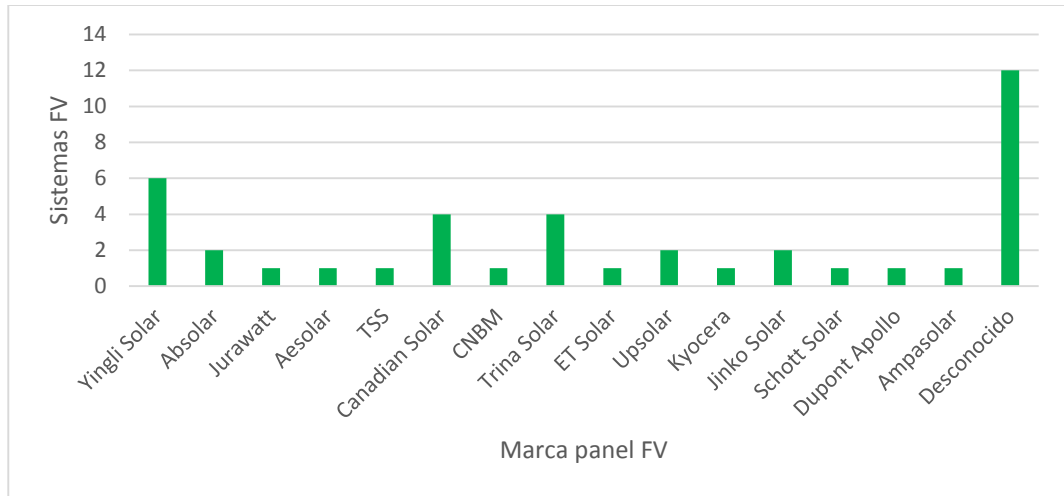
Cabe anotar que el Instituto Tecnológico Salesiano “Eloy Valenzuela”, es el único usuario FV que cuenta con los tres tipos de paneles en su instalación. La **Figura 27** presenta la distribución porcentual del tipo de panel utilizado en los sistemas FV que operan actualmente.

Figura 5. Distribución porcentual de tipo de panel FV



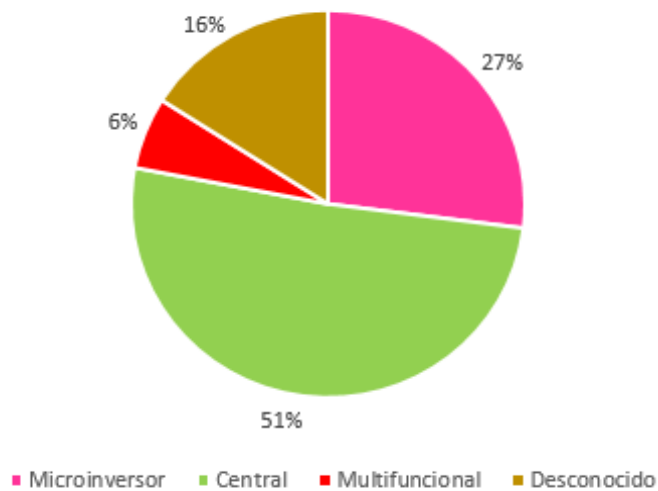
La **Figura 28** muestra las marcas de paneles FV, presentes en los sistemas que operan actualmente. Yingli Solar es la marca de paneles FV más utilizada en los sistemas FV identificados, al estar presente en 6 proyectos, seguido de Canadian Solar y Trina Solar con 4 cada uno. Esta información no pudo conocerse en 12 de los 37 sistemas FV operativos. Cabe subrayar que no todos los sistemas FV operan con una sola marca de paneles, existen dos sistemas que operan con tres marcas y uno que opera con dos.

Figura 6. Marcas de paneles FV por cantidad de sistemas FV en operación.



**4.4.2 Inversores.** A partir de los datos del censo, se pudo concluir que más de la mitad de los sistemas FV existentes en el AMB, operan con inversores de tipo central, por su parte los de tipo microinversor alcanzan el 27% del total. Los inversores multifuncionales registran el 6%. Finalmente, existe un 16% de sistemas FV de los que no se obtuvo esta información. La **Figura 29** describe gráficamente esta distribución.

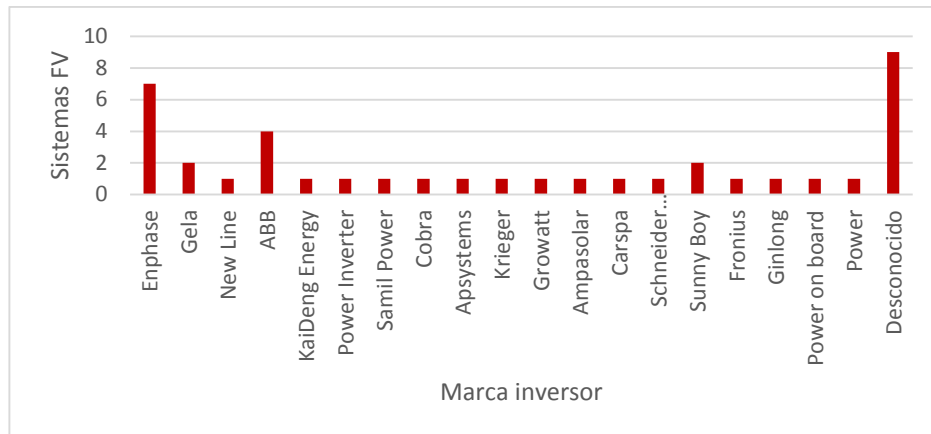
Figura 7. Distribución porcentual de tipo de inversor.



La **Figura 30** muestra las marcas de inversores instalados en los sistemas FV que funcionan actualmente. Se pudo conocer que Enphase es la marca más

utilizada al estar presente en siete de los sistemas FV, seguidos de ABB con cuatro y Gela y Sunny Boy con dos cada uno. La marca del inversor no pudo obtenerse en 9 de los 37 sistemas FV identificados.

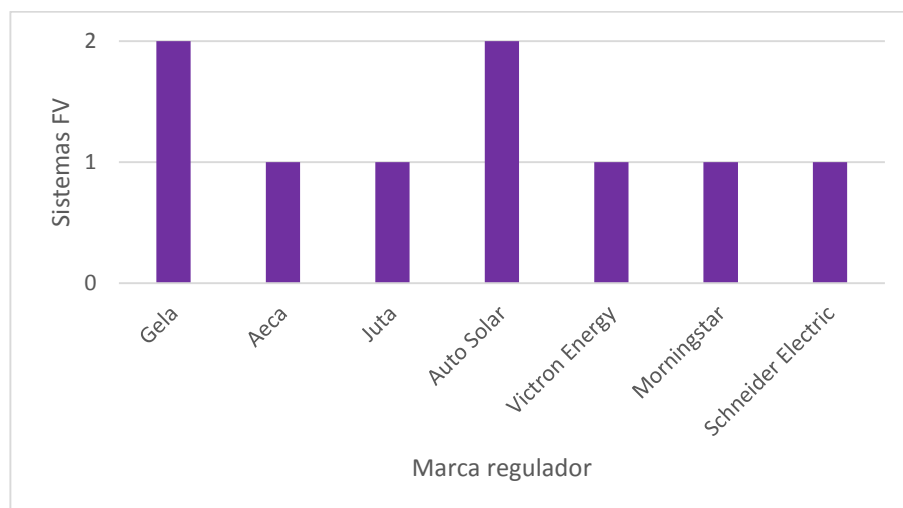
Figura 30. Marcas de inversores por cantidad de sistemas FV en operación.



**4.4.3 Reguladores.** De los 37 sistemas FV identificados, se encontró que nueve utilizan reguladores de tensión y nueve de los que se desconoce este dato. De igual forma existen 19 sistemas que no cuentan con este dispositivo.

Se hallaron siete marcas de reguladores, siendo Gela y Auto Solar las más utilizadas al estar presentes en dos proyectos cada una. Las demás marcas cuentan con un solo dispositivo instalado como puede verse en la **Figura 31**.

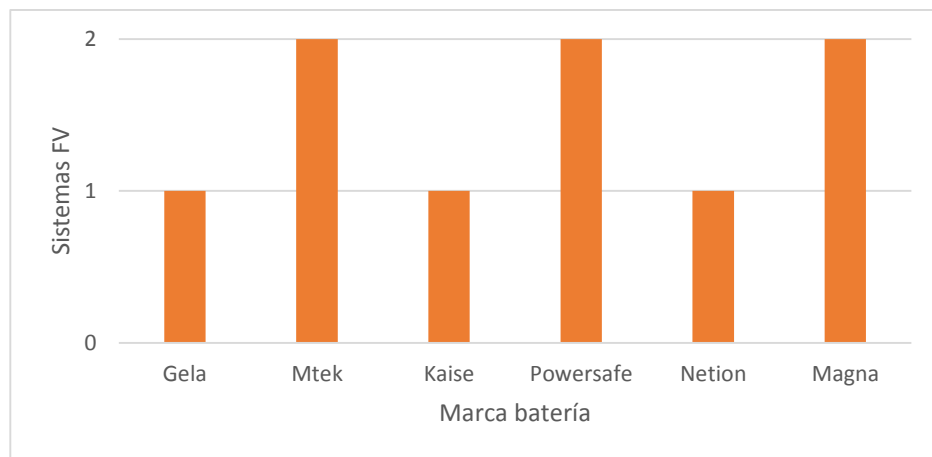
Figura 31. Marcas de reguladores por cantidad de sistemas FV en operación.



**4.4.4 Baterías.** Se encontró que 11 de los 37 sistemas FV operativos cuentan con baterías, mientras que en 19 de estos no es necesario este dispositivo. De igual manera, se desconoce si siete de estos sistemas utilizan o no, baterías.

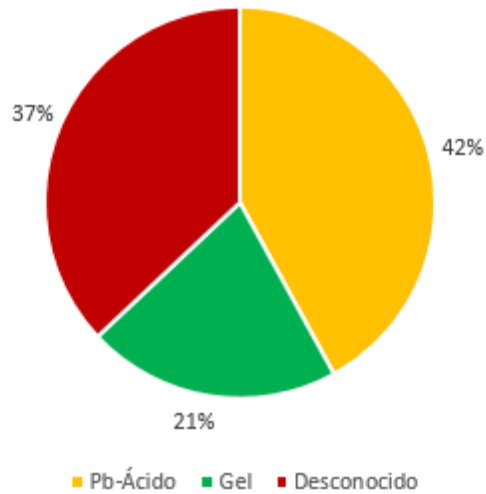
La **Figura 32** muestra la cantidad de sistemas FV por número de marcas. En el caso de las baterías, solo existen seis marcas presentes, de las cuales Mtek, Powersafe y Magna se encuentran instaladas en dos sistemas cada una. Gela, Kaise y Netion operan en un sistema cada una.

Figura 8. Marcas de baterías por cantidad de sistemas FV en operación.



Pudo conocerse que existen dos tipos de baterías usadas en los sistemas FV identificados, siendo las de Pb-Ácido las más utilizadas, al estar presentes en ocho de los 11 sistemas que cuentan con baterías. Por su parte, las de gel son empleadas en cuatro. Este dato se desconoce en siete de los sistemas FV operativos. El sistema “Colegio Salesiano 2” es el único que combina estas dos tecnologías. La **Figura 33** representa esta información.

Figura 33. Distribución porcentual de tipo de batería.



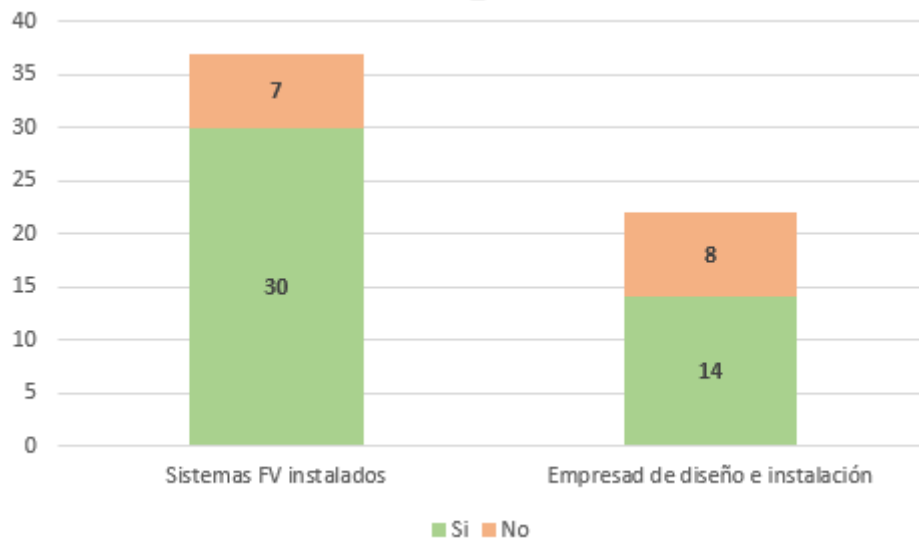
#### 4.5 EFECTIVIDAD DE LA ESTRATEGIA IMPLEMENTADA

Mediante la estrategia empleada, se logró identificar 37 sistemas FV en operación y 31 en desarrollo. Debido a que gran parte de los sistemas FV en desarrollo se encuentran en etapa de diseño, la información de estos proyectos no pudo ser recopilada en su totalidad.

Por esta razón, la efectividad del censo se calculó con base en los sistemas FV instalados de los que se pudo obtener información, así como de las empresas instaladoras y de diseño que ayudaron en esta investigación. De los 31 sistemas FV operativos, se logró hacer la identificación del 81% de éstos, mientras que del 19% restante; si bien se sabía que se encontraban en operación, no fue posible recopilar su información debido a la confidencialidad que manejan los usuarios de estos sistemas.

Por otro lado, se identificaron 22 empresas de diseño e instalación en el AMB, de las cuales se logró visitar y obtener información tanto del recurso humano como de proyectos FV, del 63.6% de estas, mientras que del 36.4% no se tuvo respuesta y no fue posible recopilar esta información. Esta distribución puede verse en la **Figura 34**.

Figura 34. Efectividad de la etapa censal.



A pesar de las dificultades presentadas en la recolección de información, el balance de este proceso fue positivo, resultando que gran parte de los usuarios identificados, suministraron la información de su sistema. Esto se vio reflejado en el buen recibimiento brindado por la comunidad en general, resaltando la buena imagen que posee la UIS en el AMB.

Con las experiencias recogidas en la ejecución de esta etapa de la investigación, se espera que futuros trabajos con el mismo perfil investigativo, implementen nuevas estrategias que logren corregir las falencias aquí presentadas.

#### **4.6 OBSERVACIONES DE LA ESTRATEGIA IMPLEMENTADA**

La primera actividad realizada consistió en la búsqueda de proyectos FV en las fuentes de información secundaria, es decir los proyectos registrados ante la UPME y en trámite de beneficios tributarios en la ANLA. A continuación, se describen las dificultades presentadas al implementar la estrategia diseñada en la obtención de información necesaria en el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

- En la lista de proyectos registrados en la UPME no existen datos que permitan conocer si el proyecto se encuentra instalado o sigue en fase de desarrollo.
- La ubicación de los proyectos registrados en la UPME hace referencia al municipio en el cual se encuentra instalado o se instalará el sistema FV, por lo que no se tiene la ubicación exacta del proyecto.
- Para proyectos de pequeña escala no es necesario la expedición de la licencia ambiental por parte de la ANLA, por lo que proyectos de este tipo no realizan el proceso, perdiendo los beneficios arancelarios ofrecidos por el gobierno. Además, la ANLA no cuenta con una base de datos de las licencias de las *Certificaciones de Beneficio Ambiental por Nuevas Inversiones en Proyectos de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables*.
- Varios de los encargados en atención al cliente de las empresas identificadas, no conocían del interés que tenía dicha entidad en instalar un sistema FV, por lo que se desconoce la fecha de instalación de varios de estos proyectos.

De igual forma, en la búsqueda de proyectos FV mediante las fuentes de información primaria se presentaron las dificultades mostradas a continuación.

- Gran parte de las empresas usuarias de sistemas FV no cuentan con una persona encargada del sistema, por lo que, al contactarlas, no conocían información precisa de éste. Por su parte, las empresas que cuentan con una persona encargada del sistema FV, el contacto con éstas se dificultó debido a la disponibilidad de tiempo de dichas personas.
- Algunas empresas identificadas se mantuvieron reacias a colaborar con el desarrollo de la investigación, debido a que la información de su sistema FV era considerada confidencial.
- La movilidad a sectores con difícil acceso como zonas industriales y condominios, dificultó la recolección de información en estos puntos de la ciudad.

## **5. DESARROLLO DE LA GENERACIÓN FV EN LAS ORGANIZACIONES DE FORMACIÓN, DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS FV**

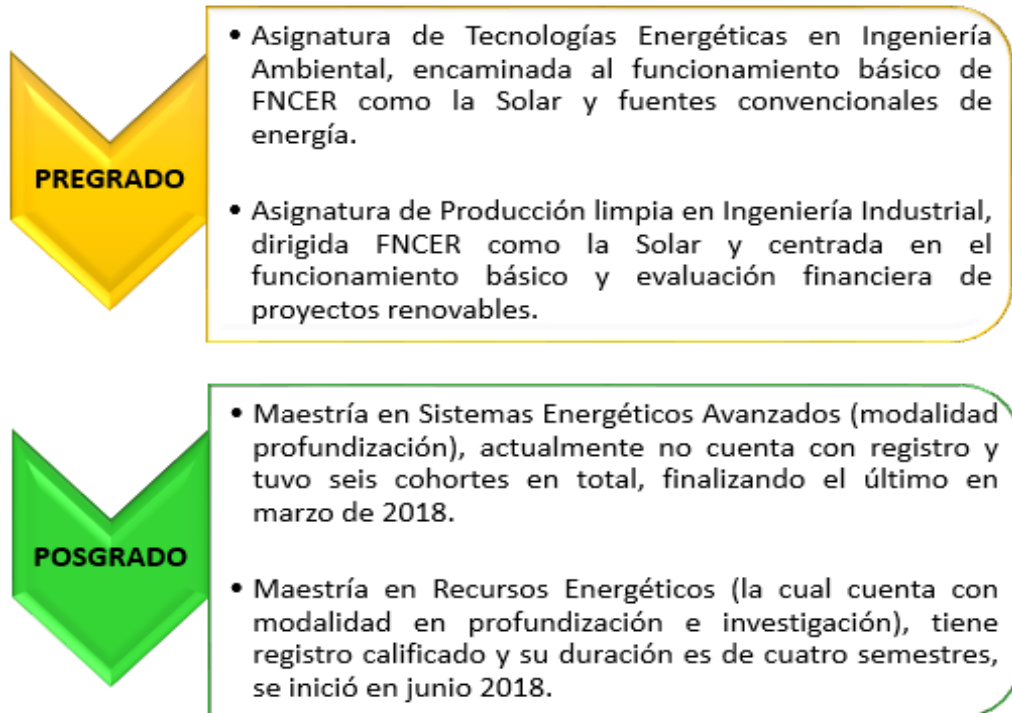
Este capítulo presenta la incursión de la generación FV en las distintas instituciones de investigación y educación, junto con las organizaciones encargadas del diseño e instalación de sistemas FV; de igual manera se relaciona el personal encargado de impulsar el desarrollo de este tipo de generación renovable, con la finalidad de mostrar los principales promotores de la tecnología FV en el campo educativo y diferentes grupos empresariales.

### **5.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR EDUCATIVO**

La obtención de energía por medio de fuentes de energía renovables ha generado impacto en el área del conocimiento y el sector educativo de los municipios de la ciudad. En el AMB se encontraron seis universidades y un instituto bachiller técnico que fomentan el desarrollo de la generación FV, de los cuales se realiza a continuación una descripción sobre los aplicativos y el talento humano relacionado con dicha tecnología solar.



**5.1.1 Universidad de Santander (UDES).** La UDES no cuenta con un programa directamente orientado a la generación de energías renovables, pero posee asignaturas y módulos que promueven el desarrollo de la generación de electricidad mediante FNCER, por consiguiente, se presenta en la **Figura 35** las capacitaciones que obtienen los estudiantes de la Universidad de Santander relacionadas al tema de estudio.



Figura 35. Recursos académicos UDES



La UDES dispone de un grupo de docentes que estimulan a los estudiantes de pregrado y posgrado a obtener conocimientos básicos o de profundización respecto a las energías renovables, especialmente la proveniente del sol, los datos de este talento humano se presentan en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Recurso Humano UDES.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="421 1451 643 1485"><b>Dr. Fausto Posso</b></p> 	<p data-bbox="772 1451 1426 1637">Doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España (2008). Experto en aprovechamiento de hidrógeno como fuente de energía renovable. Cuenta con publicaciones en revistas tales como “Applied Energy”, “Renewable Energy”.</p>
<p data-bbox="389 1686 675 1720"><b>Dr. Alejandro Martínez</b></p> 	<p data-bbox="772 1686 1426 1809">Doctor en Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la Universidad de Rio de Janeiro, Brasil (2012). Experto en ciencia de los materiales, en especial, para el almacenamiento en materiales sólidos del hidrógeno.</p>

 <p><b>Dra. Neila Mantilla</b></p>	<p>Doctora en Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (2017). Experta en conversión de energía a partir de biomasa. Posee solicitudes de patentes sobre el diseño de un reactor de pretratamiento para la digestión de biomasa lignocelulósica y sobre el mismo proceso combinando biomasa en reactores multifuncionales.</p>
 <p><b>Dra. Paolo Moreno</b></p>	<p>Doctora en Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (2015). Experta en diseño de materiales sostenibles: materiales de construcción verdes, desarrollo de nuevos materiales desde residuos agrícolas y material reciclable y producción de polímeros biodegradables.</p>

**5.1.2 Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB).** Particularmente, la UNAB posee programas de pregrado y posgrado relacionados a las energías alternativas como se muestran en la **Figura 36** y avanza hacia la comunidad estudiantil ofreciendo el laboratorio de energías renovables con material didáctico y equipo solar tal como los paneles FV, también cuenta con un proyecto FV que se divide en dos sistemas ON-GRID y OFF-GRID utilizados para prácticas de sus alumnos.

De la misma manera se enseña en la **Tabla 14** los principales docentes que se encuentran comprometidos con el desarrollo de la energía solar en la UNAB, mostrando en esta los estudios que han adquirido en distintas universidades reconocidas en el interior y exterior del País.

Figura 9. Recursos académicos UNAB.

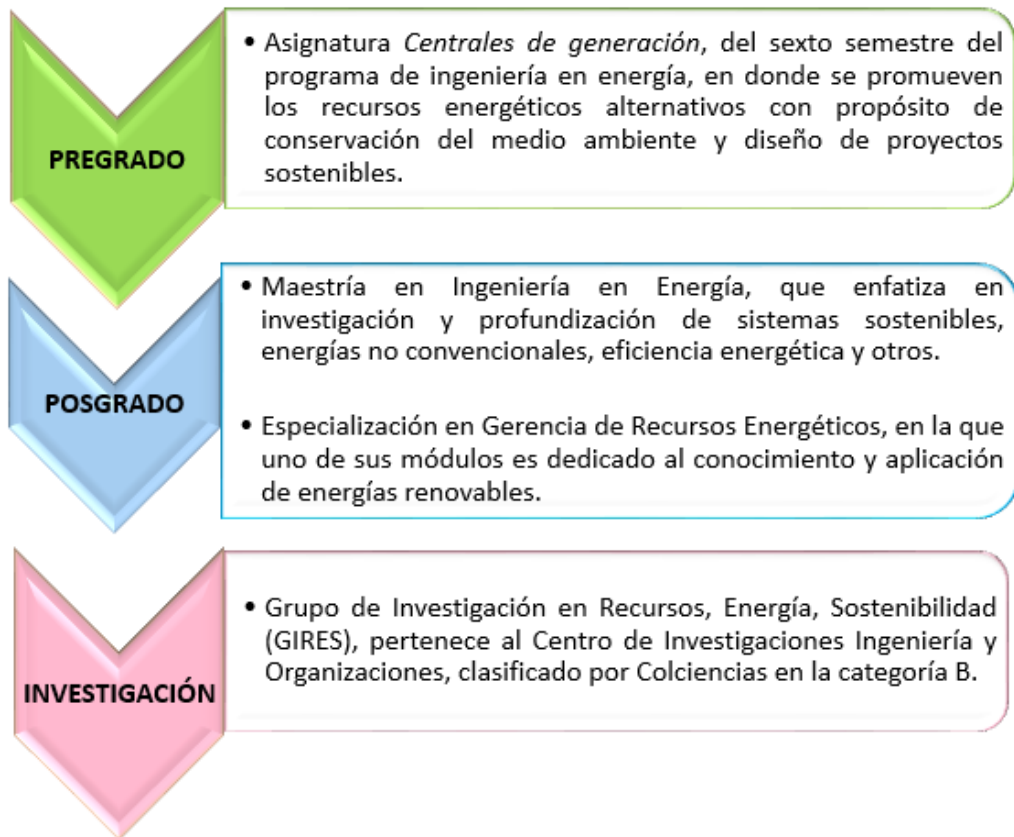




Tabla 14. Recurso Humano UNAB

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
 <b>Yecid Alfonso Muñoz Maldonado</b>	<p>Doctor de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) en tecnología energética (con el estudio de la optimización de recursos energéticos en zonas aisladas mediante estrategias de suministro y consumo). Magister de la UPV en estudios avanzados en tecnología energética, igualmente Master en Dirección de Proyectos de Ingeniería de la misma institución.</p>
 <b>Leonardo Esteban Pacheco Sandoval</b>	<p>Director del grupo de investigación GIREs y Doctor de Ecole Polytechnique de Nantes en ciencias térmicas. Magister en dinámica de fluidos y transferencias (con el estudio de un sistema de refrigeración con eyectores-Aplicación automóvil) de Ecole Polytechnique de Nantes. Ingeniero mecánico de la Universidad industrial de Santander.</p>

**5.1.3 Universidad Manuela Beltrán (UMB).** A 2018 la Universidad Manuela Beltrán no dispone de una línea de estudio dedicada a la producción de energía; sin embargo, ofrece a la comunidad del AMB el **Diplomado sobre la Implementación de Energía Solar FV**, que exige cumplir una intensidad horaria de 120 horas, y consta de las temáticas que se dan a conocer en la **Figura 37**.

Según la información que se obtuvo en la UMB, el diplomado de temática solar no es renovado cada semestre, es decir, este curso se imparte cuando se cuenta con personal que complete los cupos mínimos exigidos por la administración de la Universidad.

Figura 37. Módulos de aprendizaje, diplomado UMB.



**5.1.4 Universidad Pontificia Bolivariana (UPB).** En el 2017, la UPB dio inicio al programa de Ingeniería Eléctrica en su Facultad de Ingenierías, en el cual se aprovecha la asignatura de sistemas de generación para afianzar en

conocimientos como el aprovechamiento del sol en la generación de energía eléctrica.

Considerando que se presentaron nuevas oportunidades en pregado con la apertura del programa mencionado, la UPB ofrece en sus diplomaturas la especialidad de **Instalaciones de Energías Renovables y Bioclimáticas** con modalidad presencial en su sede Bucaramanga, sus módulos pueden visualizarse en las **Figura 38**.

La certificación del diplomado se otorga a los estudiantes de ingeniería o profesionales que cumplan por lo menos el 80% de asistencia de las 100 horas correspondientes, los docentes delegados para esta actividad son: Emil Hernández Arroyo, Diego Fabián Parra, Ariel Gómez Mantilla y Oscar Andrés López, cuya formación profesional se encuentra en la **Tabla 15**.

Figura 38. Módulos de aprendizaje, diplomado UMB.

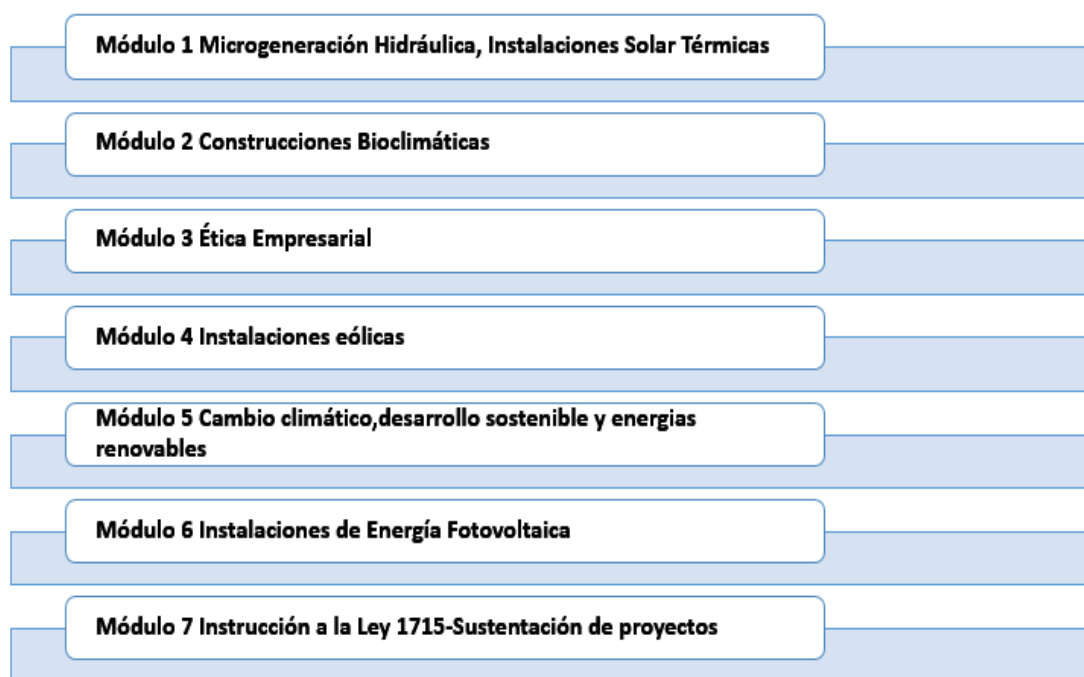


Tabla 15. Docentes Diplomado UPB.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
 <p data-bbox="352 580 558 636"><b>Emil Hernández Arroyo</b></p>	<p data-bbox="619 320 1431 439">Ingeniero Mecánico UIS, Licenciado en Física y Matemáticas de la Universidad de Pamplona, cuenta con una especialización en Docencia Universitaria de la Universidad Cooperativa de Colombia y Magister en Controles Industriales de la Universidad de Pamplona.</p> <p data-bbox="619 472 1431 528">Su Área de investigación son las energías renovables y las máquinas hidráulicas.</p>
 <p data-bbox="331 907 579 963"><b>Ariel René Carreño Olejua</b></p>	<p data-bbox="619 647 1431 797">Ingeniero Mecánico UIS e Ingeniero Mecatrónico de la Universidad de Ciencias Aplicadas de St. Gallen (Suiza), cuenta con una Maestría en Mecatrónica MSc. MME de la Universidad Técnica de Konstanz (Alemania) y finalmente Doctor en Ingeniería y Ciencias de la Agricultura de la Universidad de Kassel (Alemania).</p> <p data-bbox="619 831 1431 887">Su Área de investigación es la automatización y control de procesos agroindustriales.</p>
 <p data-bbox="331 1279 579 1335"><b>Diego Fabian Parra Pabón</b></p>	<p data-bbox="619 974 1431 1102">Ingeniero Industrial UPB, Especialista en Recursos Energéticos y en Gestión Estratégica de Mercadeo de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, cuenta con un Sustainable Energy Conversion and Storage Certificate de Stanford University.</p> <p data-bbox="619 1135 1431 1223">Es experto en energía solar y eólica (EUDE), diseñador e instalador de sistemas de energía solar FV certificado (Solar Energy Internacional)</p>

**5.1.5 Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI).** El aporte que ha tenido la Universidad de Investigación y Desarrollo hacia el impulso de la generación FV no se relaciona a programas de estudio pregrado o posgrado, sino al funcionamiento de un sistema FV de inyección a la red de baja tensión de la UDI mediante el uso de un inversor DC/AC SCHNEIDER ELECTRIC XANTRE TR desde el año 2013.

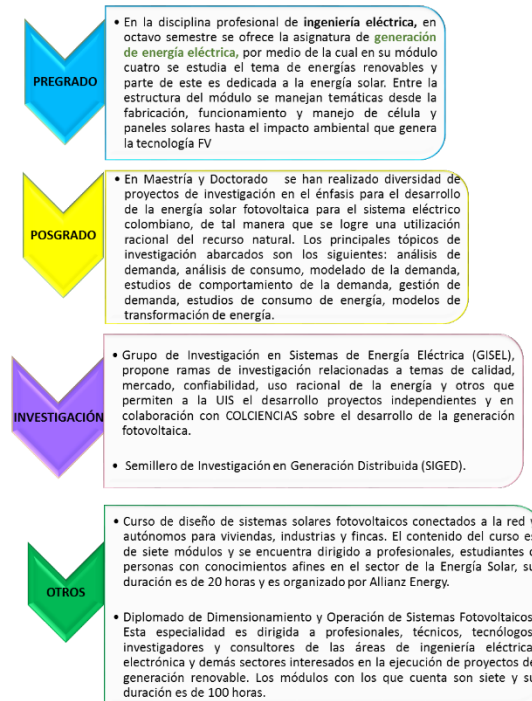
Con la iniciativa de la construcción del proyecto solar, la UDI brindó a los estudiantes cursos teóricos y talleres gratuitos sobre construcción de paneles solares en el año 2011, el responsable de las clases fue uno de los pioneros de los paneles solares, el Estadounidense Richard Komp.

Actualmente, el semillero ZION de la UDI, cuenta con la orientación a energías alternativas entre sus ramas de investigación, planteando proyectos vinculados a las energías alternativas con modalidad de trabajo de grado y se encuentran estudiando aspectos para la ampliación del sistema FV UDI, como por ejemplo una mayor capacidad instalada, renovación de tecnología FV y otros aspectos técnicos para que la generación sea de alta eficiencia.

**5.1.6 Universidad Industrial de Santander (UIS).** La Universidad Industrial de Santander es promotora de la generación FV y dedica el espacio necesario para el progreso de la misma en la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T), la cual propone distintas alternativas que impulsan la obtención de energía eléctrica por medio de FNCER.

El campo de estudio que dedica la E3T relacionado a las energías alternativas incluyendo la solar se observa en la **Figura 39**, por medio de la cual se exponen asignaturas, semilleros y especialidades que ofrece esta escuela de ingenierías.

Figura 39. Recursos académicos UIS.



Los profesores de la escuela E3T se encuentran actualmente vinculados a la investigación e innovación de recursos renovables para la generación de energía eléctrica, por esta razón la UIS cuenta con varios expertos en la formación de la generación FV, los cuales se presentan en la **Tabla 16** como parte de dicha planta docente.

Tabla 16. Recurso Humano UIS.

Nombre	Descripción
<b>Gabriel Ordoñez Plata</b>	Doctor de la Universidad Pontificia Comillas en Ingeniería Industrial, con su trabajo denominado Estimación digital de magnitudes eléctricas mediante Transformada Discreta de Fourier-Algoritmos de adaptación de la frecuencia de muestreo. Especialista Universitario En Técnicas de Investigación del instituto de investigación tecnológica de la Universidad Pontificia Comillas. Ingeniero Electricista de la UIS.
<b>María Alejandra Mantilla Villalobos</b>	Doctora de la Universidad Industrial de Santander con su trabajo: Control de generadores FV con funciones de filtrado activo en sistemas trifásicos distorsionados y desequilibrados. Magister UIS en Ingeniera Electrónica de la misma Universidad.
<b>Javier Enrique Solano Martínez</b>	Posee un Postdoctorado de TECHNISCHE UNIVERSITAT BERLIN y es Doctor de UNIVERSITE DE FRANCHE COMTE con su trabajo Energy management of a hybrid electric vehicle: an approach based on type-2 fuzzy logic. Magister de UNIVERSITE DE FRANCHE COMTE. Ingeniero electricista UIS.
<b>César Antonio Duarte Gualdrón</b>	PhD. en Electrical and Computer Engineering de la universidad de Delaware. Magister UIS con su trabajo: Técnicas de procesamiento de señales para la monitorización de la calidad de la energía eléctrica. Universitario de la Universidad Industrial de Santander.
<b>German Alfonso Osma Pinto</b>	Doctor en Ingeniería (Ing. Eléctrica, Electrónica y Gestión & Desarrollo) de la UIS con su trabajo destacado: Caracterización del desempeño de paneles FV en terrazas de edificaciones localizadas en entornos con clima cálido tropical. Realizó una Maestría en Ingeniería Eléctrica en la Universidad industrial de Santander, de la que es egresado como Ingeniero Electricista e Ingeniero Industrial.
<b>Johann Farith Petit Suárez</b>	Doctor en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática Universidad Carlos III de Madrid, certificado por su trabajo: Control de filtros activos de potencia para la mitigación de armónicos y mejora del factor de potencia en sistemas desequilibrados. Magister en Potencia Eléctrica y especialista en Docencia Universitaria de la UIS y egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la misma institución.
<b>Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga</b>	Ingeniería eléctrica, Universidad Industrial de Santander (UIS), Colombia. 2004. Master universitario en informática industrial y automática, Universitat de Girona, España. 2010. Doctorado en tecnología, Universitat de Girona, España. 2012.
<b>Ricardo Alzate Castaño</b>	Doctorado en Ingeniería Informática y Automática (2009) de la Universidad Federico Segundo De Nápoles y su Maestría en Automatización Industrial (2006) de la Universidad Nacional De Colombia – Sede Manizales.

**Juan David Bastidas Rodríguez**

Doctorado UNIVERSITA DEGLI STUDI DI SALERNO en Ingeniería de la Información (2014), Doctorado UNIVERSIDAD DEL VALLE UNIVALLE en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica (2014). Investigación en Modeling, diagnosis and maximum power point tracking of photovoltaic arrays under mismatched conditions.

**5.1.7 Instituto Tecnológico Salesiano Eloy Valenzuela.** El colegio Salesiano es un centro de formación de educación primaria y secundaria, que ofrece la modalidad de bachiller técnico. El Instituto brinda a los estudiantes, distintas especialidades de desempeño, como lo son electricidad y electrónica básica y energías alternativas.

La institución cuenta con dos sistemas FV dentro del campus, uno conectado a la red de con inyección activa diariamente y otro aislado a la red que alimenta cargas de iluminarias en los pasillos, los proyectos FV son usados para investigación y práctica de la división de energías renovables.

Además de los sistemas FV que poseen tres tecnologías diferentes sobre los tipos de paneles en el mercado (Silicio Monocristalino, Silicio Amorfo, Silicio Policristalino), los estudiantes del Salesiano reciben conocimiento práctico en el laboratorio de fuentes de energías alternativas tal como el hidrógeno y el sol. El talento humano está a cargo de los docentes Joaquín Ardila quien es tecnólogo electrónico UTS con especialización en educación y tecnología y Edgar Joya Cáceres quien tiene una tecnología en Electromecánica de las UTS y es ingeniero Electrónico de la UPB, responsables de la implementación de la tecnología FV en los talleres del instituto.

## **5.2 CENTROS DE FORMACIÓN INDEPENDIENTES**


En esta investigación se designaron como centros de formación independientes a las pequeñas empresas de formación pública y privada que tienen servicios asociados a diseño, instalación y construcción de sistemas FV.

Los cursos encontrados en los institutos independientes del AMB se describen en la **Tabla 17**; no obstante, se seleccionaron aquellas instituciones educativas que certifican a sus estudiantes en alguna categoría de formación y capacitación.

Cada una de las entidades de formación independiente encontradas, tienen un grupo de trabajo que hace posible el crecimiento como empresa, y entre ellos se resaltan las personas líderes que asumen este trabajo; por parte de Allianz Energy se encuentra el ingeniero electrónico UIS *Juan Manuel Becaria Morales*, representando CENTAC se destaca el Ingeniero Electrónico UIS *José Jorge Oñate* y el Director de la Escuela Casa Solar el Ingeniero y Master en Gestión y Conservación de la Naturaleza, *Jorge Alexander Silva Castaño*.

Tabla 16. Centros de formación independientes.

ENTIDAD	DESCRIPCIÓN
	<p>ALLIANZ ENERGY posee en su portafolio servicios de <b>entrenamiento, soluciones empresariales e investigación</b>; Dentro de la generación FV Allianz Energy realiza un <b>curso en diseño de sistemas solares FV</b> y cuenta con el diplomado en Energías Renovables con énfasis en eficiencia energética en su campo de entrenamiento.</p> <p>Por otra parte, esta entidad investiga la factibilidad de realizar proyectos con energía solar concentrada y brinda a las empresas consultorías sobre diseño, instalación y mantenimiento de sistemas FV, conexión a la red y normativa legal.</p>
	<p>La Corporación Educativa Nacional de Tecnología, Arte y Conocimiento CENTAC brinda capacitaciones teórico-prácticas en distintas áreas del conocimiento. En su <b>programa de energía solar</b> se estudian cinco módulos que tienen la finalidad de enseñar a conectar un sistema de energía alternativa a los interesados en realizar el curso.</p>
	<p>El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) presenta en su sede de Floridablanca la <b>PROFUNDIZACIÓN TÉCNICA EN SISTEMAS SOLARES FV</b> dentro del área de producción y transformación solicitada por la UNAB, esta institución educativa proporciona los cursos de profundización a la generación FV según sea la exigencia de personal u otras instituciones de formación.</p>

 <p>La escuela <b>Casa Solar</b></p>	<p>La escuela casa solar se considera como impulsadora de emprendedores en negocios de energía solar, en sus servicios se hace responsable del curso “<b>Diseño e instalación de sistemas FV residenciales a base de baterías</b>” que cuenta con la planeación, diseño e instalación del sistema FV acorde a la necesidad del cliente.</p>
---	---

### 5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ORGANIZACIONES DE DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS FV

Al recopilar la información sobre la cantidad de sistemas FV en el AMB, se obtuvo que la producción de energía por este medio se ha convertido en potencial de negocio para las compañías que brindan servicios energéticos.

Las empresas del sector energético en el AMB han creado tendencias hacia el desarrollo FV a causa de los beneficios obtenidos al implementar la tecnología FV, lo que permitió a varias compañías la ampliación de segmentos para realización de gestión energética y acompañamiento para provecho de garantías ofrecidas por el marco legal.


Por lo anterior, se considera importante en esta investigación destacar en la **Tabla 18** las organizaciones que aportan servicios que fomentan la generación FV en el AMB.

Tabla 17. Empresas de diseño e instalación

ENTIDAD	SERVICIO	RECURSOS HUMANOS
	<p><b>ANS energía</b> ofrece un portafolio de servicios en instalación y asesorías de sistemas FV aislados e híbridos con diferentes topologías, igualmente sistemas de almacenamiento de agua, colectores solares para calefacción de agua, iluminación, red de cableado eléctrico.</p>	<p>La empresa se inició con contratistas independientes, sin embargo, ANS energía cuenta en el diseño y conexión de sistemas aislados e híbridos con el Ingeniero electrónico UIS Cristian Espitia y el Ingeniero en telecomunicaciones de las UTS Diego Villamizar con conocimiento acerca de bancos de energía e inversores.</p>

	<p><b>Enef</b> tiene cuatro campos de trabajo que se mencionan como el segmento residencial, segmento agro, segmento comercial y el segmento industrial y de edificaciones sostenibles. Actualmente la compañía ofrece soluciones enfocadas a los sectores residenciales y agrícolas, visualizando los dos mercados restantes a futuro.</p>	<p>El grupo ENEF cuenta con la ingeniera electrónica UIS, Yuliani García Carrascal fundadora, gerente de la empresa y diseñadora de proyectos FV, el ingeniero electricista UIS Cesar Andrés Aristizabal, asesor eléctrico y diseñador de sistemas FV e inspector RETIE. El Ingeniero electromecánico de las UTS Pablo Andrés Gómez encargado de los montajes de los proyectos diseñados junto con los técnicos electricistas Gustavo Blanco y Jesús Yerman Gonzales. El Ingeniero electricista Rolando Andrés Rincón es asesor de electricidad y el ingeniero mecánico de la Universidad Francisco de Paula Santander Fabián Humberto Trujillo, asesor mecánico de las estructuras de ENEF.</p>
	<p>La compañía de servicios energéticos <b>eme ingeniería</b> desarrolla proyectos de diseño y construcción de redes eléctricas, redes de telecomunicaciones y sistemas de automatización, control y seguridad. También incursiona en el mercado de generación solar con una nueva línea de diseño e instalación de proyectos FV.</p>	<p>El encargado de desarrollar la línea de energías renovables es el Ingeniero en energía de la UNAB Edgar Naranjo, profesional de proyectos en el área de energía y quien tiene a cargo personal técnico para instalación de proyectos FV.</p>
	<p>La empresa <b>Ecoenergy</b> brinda soluciones innovadoras al uso racional y eficiente de la energía, impulsa el desarrollo de la industria y minimiza los costos, así como el impacto ambiental.</p>	<p>Los fundadores de la empresa son el Ingeniero electrónico y representante legal José Leonardo Rivera Mora de la UPB y la ingeniera en energía de la UNAB y gerente administrativa y de proyectos de ECOENERGY Paola Marcela Álvarez Cáceres, quienes tienen a cargo técnicos en la parte de instalación, y directores de obras con perfil de ingenieros electricistas residentes, técnicos electricistas y electromecánicos.</p>

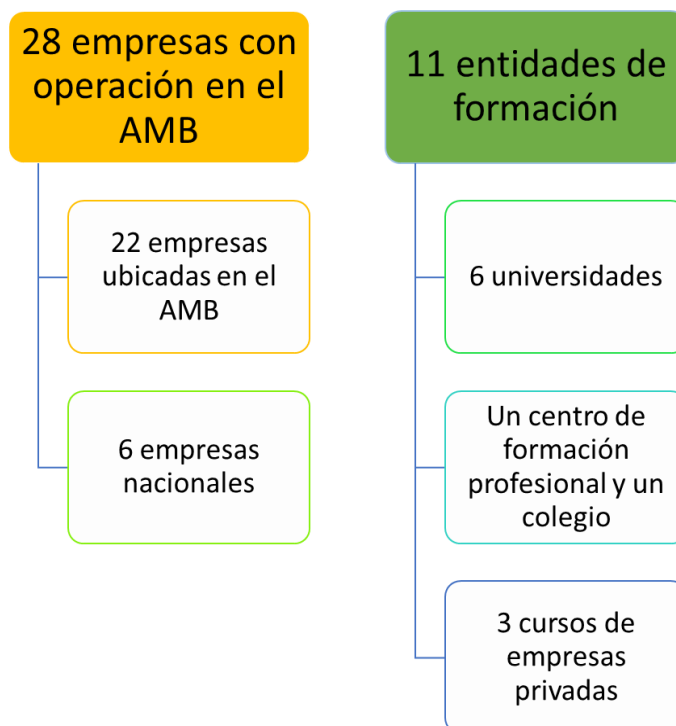
	<p><b>Fundación Solar</b> es una empresa dedicada a la investigación, formación, desarrollo de programas y proyectos sociales, orientada en apoyar el desarrollo sostenible.</p> <p>Esta compañía ofrece a sus clientes una línea de capacitación en alternativas renovables y otra rama dedicada a la instalación y desarrollo de proyectos FV como campos solares en el departamento de Santander.</p>	<p>El fundador de la empresa y representante legal es el Ingeniero electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana Luis Jaimes, quién es el principal encargado de los cursos en energía solar, diseño y organización de los distintos proyectos FV.</p>
	<p><b>Sunenergy</b> contribuye al desarrollo sostenible por medio de proyectos que generen beneficios económicos en los sectores agrícola, industrial, comercial y residencial, involucrando las energías renovables en el diseño e instalación de sistemas energéticos sostenibles.</p>	<p>El Fundador de Sunenergy es el Ingeniero electromecánico Fausto Vásquez de la Universidad Antonio Nariño, es tecnólogo electromecánico de las UTS, especialista en gerencia de materiales de la UIS y realizó una maestría en riesgo eléctrico igual que un diplomado en mercados de energía.</p>
	<p>Las tres unidades de negocio que ofrece <b>Field Logic SAS</b>, son la de Geología, Energía y yacimientos y software, sobre la segunda unidad se encuentra dirigida hacia las energías renovables y eficiencia energética, actualmente realizan consultorías para diseño e instalación, proyectos EPC, estudio de eficiencia o demanda energética.</p>	<p>El portafolio de energía es dirigido por el Ingeniero en Energías de la UNAB Sebastián Rivas, quien actualmente está postulado a ser Magister en energía de la Universidad competencia de Madrid y tiene personal técnico a cargo para el desarrollo de proyectos solares en todo el país.</p>
	<p>En el área de energías renovables <b>Copower</b> brinda las alternativas de financiamiento y acompañamiento en el proceso de ayudas por parte del gobierno en la reducción de impuestos y otros beneficios otorgados en la Ley 1715. También la compañía está incursionando en el diseño e instalación de sistemas FV en las distintas clases mercado y en el sector residencial se orienta a los estratos 5 y 6.</p>	<p>En Copower el Ingeniero jefe en área de pruebas eléctricas, Elferd Avilar Camargo y quien cuenta con 14 años de experiencia en la parte directiva de la empresa es el encargado de manejar las nuevas alternativas de generación de energía eléctrica.</p>

	<p>ENERNET tiene tres unidades de negocio, dos unidades de geología y software y la otra sobre energías renovables y eficiencia energética, actualmente realizan consultorías para diseño e instalación de sistemas FV, proyectos EPC estudio de eficiencia o demanda energética</p>	<p>Dentro del talento humano de esta empresa se encuentra el Especialista en ingeniería eléctrica Hensy Robayo, el Ingeniero electricista UIS Carlos Caicedo y la Ingeniera electrónica UIS Aida Zaray Amaris de Arco.</p>
---	--	--

#### 5.4 ENTIDADES IMPULSORAS DE LA GENERACIÓN SOLAR FV EN EL AMB

En el AMB, a través del proceso de recolección de información se logró la identificación de empresas, organizaciones de formación y talento humano los cuales brindan el servicio y están impulsado el sector de la generación por medio de la generación solar FV. En la **Figura 40** se visualiza el total de entidades presentes en el AMB trabajado e impulsado el desarrollo de este medio de generación.

Figura 40. Entidades en funcionamiento en el AMB de la energía solar.



La totalidad de la información de estas empresas y cursos ofrecidos en el AMB se registró en la Base de Datos Talento Humano **Anexo 5**. Además, de las empresas de diseño e instalación se logró identificar la cantidad de proyectos emprendidos por empresa y personas naturales, la información obtenida se presenta en la **Tabla 19**.

Tabla 18. Proyectos emprendidos por empresa en el AMB.

EMPRESAS DISEÑO E INSTALACIÓN	PROYECTOS
AMPASOLAR	2
ANS	4
COLEGIO SALESIANO	2
CONSTRUCTORA JARAMILLO ASOCIADOS	1
COPOWER	1
DESCONOCIDO	19
ECOENERGY	4
PLANTA FISICA UIS	1
ING. EDGAR JOYA (PROFESOR COL SALESIANO)	1
EME INGENIERIA S.A	2
ENEF GREEN ENERGY SOLUTIONS	2
ENERGITEL	1
ENERGREEN	1
ENERNET INGENIERIA S.A.S	2
ING.CRISTIAN MARTINEZ	1
ING. ALVARO PEREZ Y TEC. JAIRO CAMARGO	1
MAS ENERGY	1
MUISCACONSTRUCCIONES	2
OFFIMEDICA S.A	1
PROBITEC	1
PROCESADORA NACIONAL CIGARRILLERA S.A -PRONALCI	1
PROYMELEC INGENIERAS S.A	1
REA SOLAR COLOMBIA S.A.S	2
SOLAR SOLUTIONS GROUP S.A.S	1
SUNENERGY	2
VOLUMEN SAS	1
WILMAN MORALES REY PROYECTOS Y SERVICIOS DE INGENIERIA	3
GUSTAVO RAMIREZ	1
VIDEOSISTEMAS	1
ING. ANDRÉS RODRÍGUEZ (PROFESOR USTA)	1
THERMO WIRE	1
VATIA S.A E.SP	1
GRUPO PLANETA AMBIENTAL S.A.S	2
<b>TOTAL PROYECTOS</b>	<b>68</b>

## 6. DISEÑO DEL APLICATIVO DEL MAPA DIGITAL DE SISTEMAS FV

La información técnica de los sistemas FV identificados en el AMB se visualiza en la herramienta digital “Mapa de sistemas FV en operación y desarrollo”, la cual se encuentra como **Anexo F** del trabajo de investigación.

El mapa se presenta como una plataforma virtual, y su acceso fue diseñado por medio del ingreso de usuarios y contraseñas definidos por los administradores del entorno; para la ejecución de esta herramienta es necesario la instalación del software de diseño y disponer de la interfaz de acceso de Google Maps, ya que por medio de este servidor se mostrarán las coordenadas exactas de los sistemas FV.

### 6.1 SERVIDOR LOCAL: MYSQL SERVER 5.7

Se realizó la instalación establecida para Windows de la aplicación detallada como **SQLyog - MySQL GUI** debido a que es un *sistema gestor de base de datos con libre distribución y de código abierto*, es decir, el servidor se puede descargar libremente de Internet y el código predeterminado por el programa puede ser modificado y mejorado<sup>46</sup>.

La base de datos creada en MySQL se encuentra almacenada en la carpeta nombrada “sistemasfotovoltaicos” como se muestra en la **Figura 41**, que contiene el nombre del proyecto FV, dirección, estado del sistema, una breve descripción técnica y finalmente un vínculo de imagen de varias estructuras fotografiadas como se observa en la **Figura 42**.

---

<sup>46</sup> GENBETA. (septiembre de 2018). NetBeans. Obtenido de <https://www.genbeta.com/desarrollo/netbeans-1>

Figura 10. Acceso a carpetas de la base de datos.

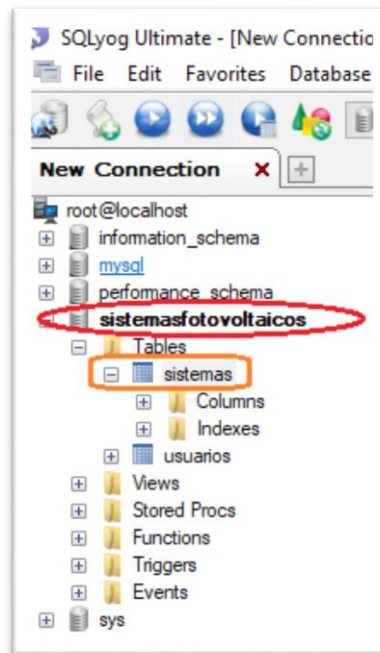


Figura 42. Descripción de la base de datos.

direccion	latitud	longitud	estado	descripcion	rutaimagen
Cra. 16c #60-110	7.08668	-73.16565	Ope...	Instalado e...	113B data1/images/imagen3.png
CRA 14 # 14-27	7.1326	-73.13127	Ope...	Instalado e...	113B data1/images/imagen1.PNG
CALLE 106# 24-78	7.08533	-73.11069	Ope...	Instalado e...	111B data1/images/imagen1.PNG

El entorno de trabajo y los proyectos FV inscritos en la base de datos pueden ser editados, la forma de hacerlo es cambiando en las casillas nombradas por el administrador la nueva información encontrada o agregando otro sistema FV si es el caso en las filas de sintaxis “Null” como se muestra en la **Figura 43**.

Figura 43. Adición de nuevo proyecto FV.

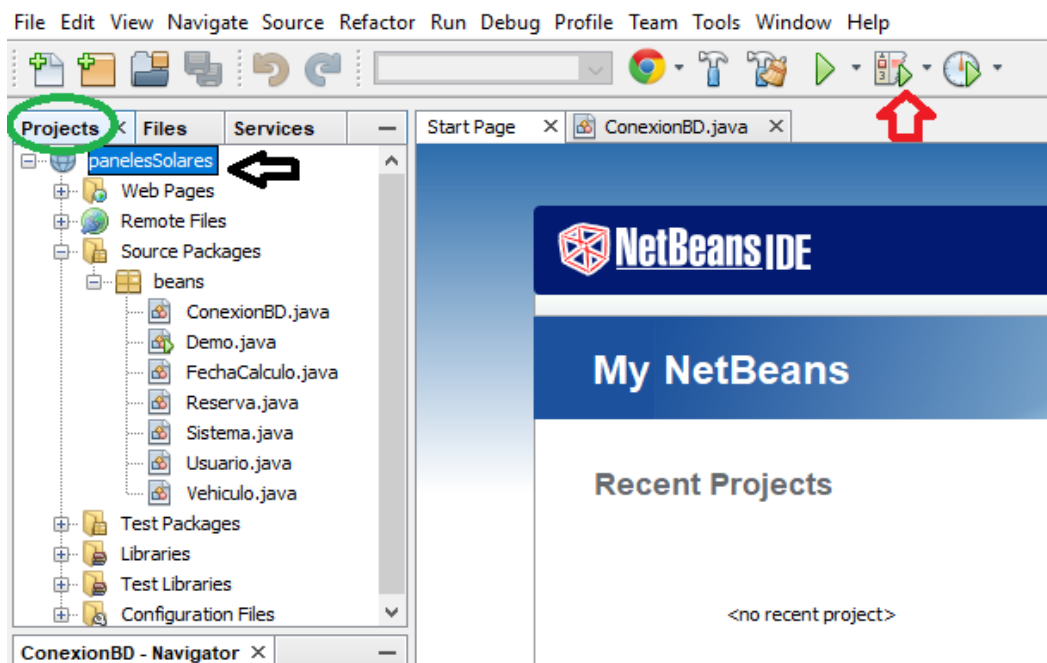
id	nombre	direccion	latitud	longitud	estado	descripcion	rutaimagen
69	LINEAS HOSPITALARIAS BODEGA 1	VIA GIRÓN	7.08666	-73.16333	En ...	Sistema en ...	100B data1/image:
70	BOSQUES DEL HATO	RÍO DEL HATO KM 12 VIA	7.0024	-73.06344	En ...	Sistema en ...	144B data1/image:
71	SERRANIA DEL HATO	RÍO DEL HATO KM 12 VIA	7.00369	-73.06386	En ...	Sistema en ...	143B data1/image:
72	FRADO DEL HATO	RÍO DEL HATO KM 12 VIA	7.00415	-73.06309	En ...	Sistema en ...	102B data1/image:
73	TELEBUCARAMANGA - SEDE CUMBRE	AVENIDA 52N # 21-09 BA	7.07908	-73.08859	Ope...	Instalado e...	111B data1/image:
74	CASA BOSQUE	Cl. 41 #242 CAÑAVERAL	7.06502	-73.10437	En ...	Sistema en ...	55B data1/image:
(Auto)	(NULL)	(NULL)	(NULL)	(NULL)	(NULL)	(NULL)	OK (NULL)

## 6.2 SOFTWARE: NETBEANS IDE 8.1

Se utilizó el software NetBeans debido a que la aplicación Web creada es de programación JAVA, seleccionando este entorno integrado de desarrollo por ser totalmente gratuito, de fácil comprensión para los usuarios y de buena calidad para ejecutar este tipo de proyectos.

Al dar inicio al programa se debe ingresar a la pestaña “**Projects**” en el vínculo de “**panelesSolares**”, y luego es necesario ejecutar el proyecto como se muestra en la **Figura 44**, el cual muestra finalmente la interfaz en que se visualiza el mapa de sistemas FV realizado.

Figura 11. Compilación de NetBeans.



La aplicación Web se creó con un modelo de cliente servidor que opera de manera local, en el cual se visualiza la información de los sistemas FV identificados, la plataforma virtual se inicia automáticamente en el servidor de Google cuando se ejecuta el código programado como plantea en la **Figura 45**.

Figura 45. Página de inicio de la aplicación Web.



Se establecieron dos tipos de usuarios para iniciar sesión en la interfaz y cada uno de estos cuenta con su respectiva contraseña como se presenta en la **Figura 46**, un usuario es creado únicamente para la visualización de la información y contenido del mapa FV, mientras que el otro tipo de usuario es diseñado como administrador de la aplicación Web, este último puede realizar modificaciones, tales como anexar puntos que equivalen a nuevos sistemas FV y cambiar el estado de los proyectos actuales (Desarrollo a Operación).

Figura 12. Inicio de sesión en la aplicación Web.



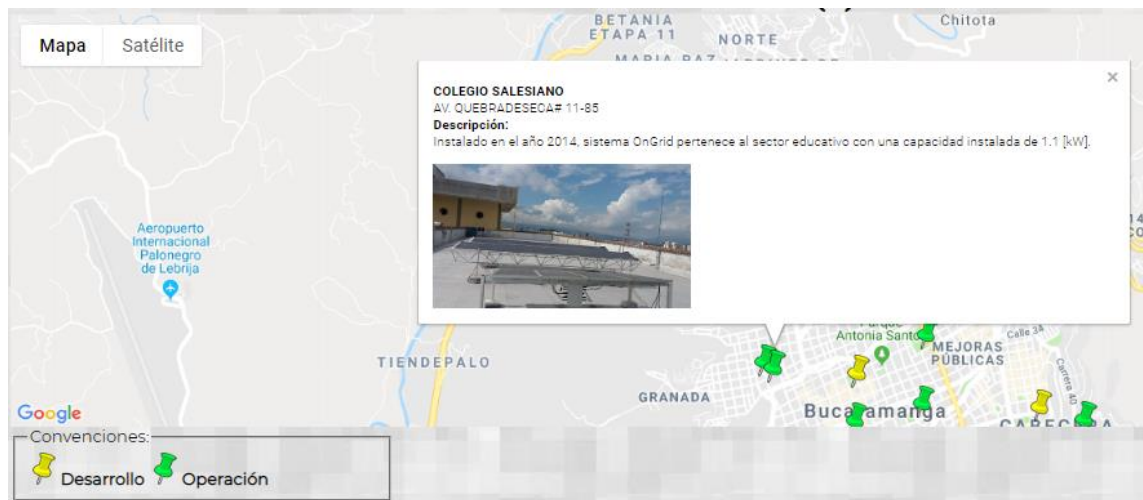
Cuando se inicia sesión se encuentra una segunda página de la plataforma, en la que existen las opciones de visualizar el Mapa FV, o una tabla vertical de los proyectos FV que contiene la información pertinente a cada uno de estos como se hace visible en la **Figura 47**.

Figura 13. Opciones de visualización



En la Opción de “Mapa” se encuentra el croquis de Google Maps con cada ubicación de los sistemas identificados, esto es posible gracias a que se obtuvo una API de Google para crear la aplicación con el contenido satelital de este servidor. También se resalta que cuando se da click sobre alguno de los puntos se abre una ventana con información de este, lo anterior se muestra en la **Figura 48**.



Figura 48. Sistemas FV en el Mapa FV.



En la opción de “Tabla” se desliza una plataforma vertical con los nombres de los proyectos y varias características de cada sistema FV identificado, en la **Figura 49** se observa la descripción para los dos tipos de sistema (en operación

y desarrollo) y se muestra una imagen del sistema según disponibilidad de la misma.

Figura 49. Tabla vertical de sistemas FV identificados.

#	Nombre	Dirección	Estado	Descripción	Imagen
1	ANDES CABECERA	PARQUEADERO DE PEPE GANGA DE CABECERA	En desarrollo	Sistema en desarrollo, pertenece al sector residencial con una capacidad instalada de 99.96 [kW].	 sin imagen
2	ANS	CALLE 106# 24-78	Operacion	Instalado en el año 2016, sistema OnGrid pertenece al sector comercial con una capacidad instalada de 19 [kW].	

## 7. CONCLUSIONES

La estrategia planteada y las diferentes fases del proceso de recolección de información obtuvieron un total 67 proyectos identificados y un total de 81 % de la información clave recolectada en los proyectos en operación identificados. Por otra parte, se conoció la existencia de otros proyectos instalados en el AMB en el cual no fue posible su identificación ante la confidencialidad de los encargados a divulgar la información.

La información consultada en los organismos encargados del registro de los proyectos de generación, evidenció información incompleta dado a que la mayoría de sistemas no hace su previo registro antes estos organismos encontrándose registrado un total de 17 proyectos de los 67 proyectos encontrados el AMB, además en el registro no se tiene certeza de los sistemas instalados y cuáles siguen en proceso de desarrollo dado a que la regulación hasta la implementación de la CREG 030 del 2018 no seguía la evolución del proyecto.

A nivel metropolitano, Bucaramanga y Girón destacan como los municipios con mayor cantidad de sistemas FV en operación y en desarrollo, manteniendo casi la misma participación en ambas divisiones. Piedecuesta presenta un crecimiento en los sistemas FV a instalar, pasando del 11% de participación de sistemas FV operando a la fecha, al 20% de los sistemas próximos a operar. Por su parte, Floridablanca presenta un retroceso en instalación de futuros sistemas FV, pasando del 8% de la participación actual, al 3%.

Aunque Bucaramanga lidera la capacidad instalada y en desarrollo, presenta una disminución en la participación respecto a los otros municipios, pasando del 65% al 54%, producido por la evolución de sistemas FV en Girón y Piedecuesta. Estos municipios presentan un crecimiento de hasta 27 puntos porcentuales, en el caso

de Girón y de 7 puntos porcentuales en el caso de Piedecuesta, liderados por los sectores industrial y residencial.

Al identificar los sistemas FV instalados, se observó que el sector educativo y el sector comercial eran los principales impulsores del desarrollo de esta FNCER pero a futuro, su participación será menor, dando paso a un aumento en el número de sistemas FV a instalar por los sectores residencial e industrial. Esto se ve reflejado en la capacidad instalada por sectores, siendo el industrial el de mayor crecimiento a futuro, lo que refleja el interés por parte de este sector en el desarrollo de esta energía. De igual forma, el sector residencial muestra un crecimiento importante, producto del impulso que le han dado diversas empresas constructoras del AMB, a la generación FV como alimentación de zonas de áreas comunes y servicios generales.

En el periodo 2016- 2018 se vio un crecimiento tanto de la capacidad instalada como del número de sistemas FV en comparación con el periodo 2013-2015, fruto del conocimiento de los beneficios tributarios establecidos en la Ley 1715 de 2014, por parte de usuarios FV y empresas de diseño e instalación. Asimismo, en lo que resta del 2018 y para el 2019, los proyectos FV en desarrollo muestran un crecimiento, jalonado principalmente por el sector industrial.

El desarrollo de la generación solar FV viene de la mano del talento humano que está impulsándola, en el AMB se identificó un total de 22 en el cual se prestan sus servicios para la implementación y el desarrollo de esta tecnología, la identificación de un total de 11 cursos de formación en el cual se resalta el trabajo de formación e investigación de 6 universidades y la labor conjunta de las entidades en la implementación de tecnología solar FV.

## 8. RECOMENDACIONES

En el desarrollo del trabajo de grado realizamos las siguientes recomendaciones para continuar con la evolución del proyecto, y el manejo adecuado la información obtenida para desarrollar su potencial:

Con las experiencias recogidas en la ejecución de las estrategias planteadas, se espera que futuros trabajos con el mismo perfil investigativo, innoven al momento de realizar el proceso de recolección de información con estrategias enfocadas a las redes sociales e información de la red de distribución.

La información recolectada en el proceso de recolección de información, en la etapa censal se acordaba con el usuario el manejo confidencial de esta. Ante la situación, para no perder la buena imagen y la confianza de la comunidad en general hacia la universidad se sugiere la no publicación de la información obtenida, y al grupo investigación GISEL como organismo delegado del manejo de esta.

La información completa obtenida será entregada al grupo de investigación GISEL, se encargará al grupo, el desarrollo de la investigación, la actualización del registro, la propagación de la información y de la distribución de la información ante la comunidad universitaria para la investigación y el conocimiento de la información obtenida.

En la realización del censo se vio el buen recibimiento que tiene UIS ante la comunidad en general y especialmente con la industria en el AMB, suministrando su colaboración y el ofrecimiento de trabajo conjunto con la academia. Ante este punto hacemos un llamado para que se desarrolle la iniciativa de realizar trabajo conjunto con la industria y que los estudiantes de la universidad puedan realizar visitas y tener contacto con el sector industrial del AMB.

## BIBLIOGRAFIA

Abella, M. A. (s.f.). Master en energías renovables y mercado energético. Energía solar fotovoltaica. Madrid: CIEMAT.

ANLA. Publicado en julio de 2018. Trámites inscritos en el SI virtual. Obtenido de <http://portal.anla.gov.co/tramites-inscritos-si>

Área Metropolitana de Bucaramanga. Directrices de Ordenamiento Territorial Metropolitano. Bucaramanga. 2013

Congreso de Colombia 2014. Ley N° 1715 del 13 de mayo de 2014. Upme, (May), 26. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Corral, Y. (2014). La entrevista en investigación cualitativa. Investigación de Mercado, 12, 34. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

CREG. 2015. Resolution No. 30 de 2018. Mme. Retrieved from. disponible en. [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/\\$FILE/Creg030-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/$FILE/Creg030-2018.pdf)

Energía, E. V. La energía solar fotovoltaica en el País Vasco. Bilbao: Ente Vasco de la energía.2000

ESSA.. Clientes AMB ESSA. Bucaramanga. 2017. Disponible en: <m.co/indicadores.aspx?idIndicador=71&CatComponente=Ssu>.

GENBETA. (septiembre de 2018). NetBeans. Obtenido de <https://www.genbeta.com/desarrollo/netbeans-1>

Hart-re, C., Morales, F., & Torres, M. (2014). Capacidad instalada de autogeneración y cogeneración en sector de industria, petróleo, comercio y público del país informe final presentado a: unidad de planeación minero energética-UPME.

LONDOÑO, F. A. Modelo de comunicación para la movilización social en un censo de población y vivienda.2005

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, W.-C. El acuerdo de París, así actuará Colombia frente al cambio climático. Cali: WWF.2016

Ministerio de Minas y Energía, U. Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Bogotá: La Imprenta Editores S.A. 2015

Ministerio de Minas y Energía, U. (23 de agosto de 2018). Informe de Registro de Proyectos de Generación. Obtenido de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNWlzMmExMy00MDg0LTljODQtYWUxMjJmOTIhMTc1liwidCI6Ijg5NTAwZjZkLWJjZTktdNDgzNC1iNDQ2LTc0YjVmYjJjZjEwZSI6ImMiOj9>

Observatorio. Metropolitano. Disponible en: <http://www.observatoriometropolitano.co>

Superservicios. Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios. Publicado julio de 2018. Obtenido de [http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele\\_com\\_096](http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_096)

Susana Bitar, F. C. Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia. Bogotá: CESA. 2017

Tiempo, E. Bucaramanga, la ciudad con más clase media. Publicado 12 de marzo de 2016. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16535436>


Universidad de Chile - Departamento de Ciencias de la Construcción. (n.d.). Pautas-2, (2).

UPME. Registro de Proyectos de Generación. Bogotá: UPME.2016

Valencia, A. C. Crisis energética en Colombia. TIA, 74-81. 2016

# ANEXOS

## Anexo A. Formulario Sistemas FV

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones			
Carrera 27 Calle 9ª; Bucaramanga, Colombia			
Responsables : Kendy Peña - Carlos Cifuentes - Victor Luque			
Celular: 3205206178 - 3166582823 - 3105831940			
Correo electrónico: KENDY.PENA@correo.uis.edu.co - CARLOS.CIFUENTES@correo.uis.edu.co - VICTOR.LUQUE1@correo.uis.edu.co			
			
ENCUESTA PROYECTOS FV EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA			
Ante la necesidad de conocer el desarrollo de la generación fotovoltaica en el AMB por parte de UIS y COLCIENCIAS, se determinó la búsqueda de información a través de la realización de un trabajo de investigación, en el cual se planteó la siguiente encuesta con el propósito de obtener la información acerca de los sistemas FV instalados y en desarrollo. Las preguntas formuladas a continuación, van dirigidas a usuarios de los sectores industrial, comercial y residencial, vinculados a la generación FV en el AMB, mencionando que este trabajo se realiza únicamente con finalidad académica, contando con el apoyo del OR ESSA S.A. E.S.P.			
<b>INFORMACIÓN DE CONTACTO</b>			
<b>SECTOR INDUSTRIAL</b>			
Empresa			
Dirección			
Teléfono		Celular	
Responsable de la información			
cargo			
correo electrónico			
¿Cuál de las siguientes categorías describe la industria en la que trabaja?			
Servicios de consultoría	<input type="checkbox"/>	Educación	<input type="checkbox"/>
Servicios de gobierno	<input type="checkbox"/>	Recursos humanos	<input type="checkbox"/>
Sin fines de lucro	<input type="checkbox"/>	Farmacéuticos	<input type="checkbox"/>
Servicios Técnicos	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>
		Entretenimiento	<input type="checkbox"/>
		Tecnología de la información	<input type="checkbox"/>
		Relaciones públicas	<input type="checkbox"/>
		¿Cuál?	
<b>SECTOR RESIDENCIAL</b>			
Nombre completo			
Dirección			
Teléfono		Celular	
Estrato socioeconómico		Correo	
<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>			
¿Cuenta su organización o residencia con algún sistema FV? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
De ser afirmativo ¿Está este sistema FV conectado a la red? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
¿Cuál es la capacidad instalada en kW de su sistema FV?			
¿A qué nivel de tensión se encuentra conectado el sistema FV?			
¿En qué año realizó la instalación del sistema FV?			
¿Qué tipo de carga alimenta el sistema FV ?			
¿Con cuál empresa instaladora realizó el proyecto?			
<b>COMPONENTES DEL SISTEMA</b>			
<b>Panel fotovoltaico</b>			
Tipo			
Marca		Referencia	
Capacidad [W]		Cantidad	
<b>Inversor</b>			
Tipo		Marca	
Referencia		Cantidad	
¿Cuenta el sistemas FV con un sistemas de almacenamiento de energía? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
De ser afirmativo, responder las siguientes casillas:			
<b>Regulador de tensión</b>			
marca			
Referencia		Cantidad	
<b>Baterías</b>			
Tipo		Marca	
Referencia		Cantidad	
<p><b>AGRADECIMIENTOS:</b></p> <p>A todas las empresas, entidades y ciudadanos que por su colaboración y aporte de información hicieron posible el registro de los datos pertinentes a las variables de sistemas FV instalados y en desarrollo en el AMB e influyeron en el avance del reconocimiento de la energía Solar por parte del sector educativo mediante el desarrollo de este trabajo de grado.</p> <p>Gracias a usted por tomarse el tiempo de realizar esta encuesta.</p>			

## **Anexo B. Guion Entrevista Censo FV**

**Instituciones:** Universidad Industrial de Santander, Escuela de ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, Electrificadora de Santander (ESSA S.A. E.S.P.), COLCIENCIAS.

**Objetivo de la entrevista:** Conocer la evolución de la generación FV en el AMB mediante la búsqueda de información de los proyectos FV instalados y en desarrollo, por medio de los principales actores en los campos de formación, diseño e instalación de sistemas FV.

**Entrevistadores:** Carlos Cifuentes Mesa, Víctor Luque Plata, Kendy Peña Quiroz.

**Dirigido a:** Representantes de empresas proveedoras e instaladoras de elementos FV, empresas del sector educativo, de industria y comercio.

**Hora inicio de la entrevista:** 00:00 horas.

**Recursos:** libreto de entrevista, audio o video grabadora y/o cámara de fotos.

**Fecha de entrevista:** día/ mes/ año

**Hora fin de la entrevista:** 00:00 horas.

El trabajo de investigación “Identificación de sistemas de generación FV en el AMB” es dirigido por el Dr. German Osma Pinto, en compañía del Ingeniero Electricista Guillermo Beltrán Mantilla como codirector. La siguiente entrevista es realizada por estudiantes de último semestre de ingeniería eléctrica, de la Universidad Industrial de Santander al Sr(a) \_\_\_\_\_ encargado(a) de \_\_\_\_\_ en la empresa

\_\_\_\_\_ ; quien responderá algunas preguntas sobre el tema de generación FV en el AMB, mencionando que la información suministrada es de total confidencialidad entre las instituciones vinculadas con este trabajo de investigación.

1. Para nosotros es de gran interés conocer las empresas que impulsan la generación FV en el sector, podría explicarnos ¿Cómo incursionó la empresa en esta tecnología y qué papel juegan en su desarrollo?
2. ¿Cuáles servicios presta su empresa en el sector vinculado al desarrollo de la energía solar?
3. Con base en la experiencia de su empresa ¿Cómo ha sido la participación de los sectores industrial, comercial y residencial en la implementación de sistemas FV?
4. De los sistemas FV instalados por su empresa ¿Cuáles son las principales aplicaciones de los sistemas FV en el AMB?
5. Conocer información general como la ubicación, capacidad instalada y año de instalación es fundamental para este trabajo de investigación, conociendo esto ¿Podría usted brindarnos esta información acerca de los proyectos de éxito emprendidos por su empresa en el AMB?
6. Actualmente, ¿conoce de proyectos FV en desarrollo vinculados a la empresa?, de ser así ¿Podría usted facilitar información acerca de ellos?
7. Uno de nuestros propósitos se basa en conocer el talento humano a cargo de impulsar el desarrollo de la energía solar, de esta manera ¿Cuál es el personal encargado de supervisar las actividades vinculadas al dimensionamiento, implementación y mantenimiento de proyectos FV?
8. ¿Brinda la empresa algún tipo de capacitación acerca de diseño e instalación de proyectos FV?, de ser así ¿Qué nivel académico adquieren los capacitados?
9. Para nosotros es de gran importancia conocer acerca del diseño y montaje técnico de los proyectos FV, sabiendo esto ¿Es posible que la empresa nos aporte información técnica acerca de los sistemas FV instalados?

## Anexo C. Carta Membretada.



Bucaramanga, 6 de agosto de 2018

Señores:  
UNIVERSIDAD

Respetuosamente, nos dirigimos a ustedes con el propósito de solicitar su apoyo en la realización de una investigación académica sobre la penetración de la generación fotovoltaica en la zona urbana del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). Específicamente, deseamos conocer su experiencia en la instalación y operación del sistema fotovoltaico instalado en su campus universitario y el papel que juega la Universidad en el desarrollo de la tecnología fotovoltaica en el AMB.

Esta información será usada para el desarrollo del trabajo de grado titulado **Identificación de sistemas de generación fotovoltaica en el Área Metropolitana de Bucaramanga**, a cargo de Carlos Cifuentes Mesa, Víctor Luque Plata y Kendy Peña Quiroz, estudiantes de Ingeniería Eléctrica y dirigidos por el Dr. German Alfonso Osma Pinto (Profesor UIS – [german.osma@correo.uis.edu.co](mailto:german.osma@correo.uis.edu.co) ).

Estamos atentos a su respuesta a través del correo electrónico [victck@gmail.com](mailto:victck@gmail.com) o al número celular 310-583-XXXX.

Agradecemos su apoyo en nuestra labor académica.

Atentamente.

Carlos Cifuentes Mesa  
C.C.

Víctor Luque Plata  
C.C.

Kendy Peña Quiroz  
C.C.

VoBo.

**GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA**

Director del Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica – GISEL  
Oficina LP – 211 Teléfono: 634-4000 – Ext: 2703  
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones  
Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
Ciudad Universitaria, Carrera 27 – Calle 9, Edificio Ingeniería Eléctrica, IE-101  
PBX: (7) 6344000 Ext. 2360 FAX: 6359622 A.A. 678 Bucaramanga, Colombia  
Correo-e: [e3t@uis.edu.co](mailto:e3t@uis.edu.co) URL: <http://www.e3t.uis.edu.co/>

