



**Metodología de diseño y simulación de un sistema solar fotovoltaico (SSFV) para el aprovechamiento de espacios públicos de la ciudad de Medellín**

**Jorge Luis Ballesta Causado**

**Institución Universitaria Pascual Bravo**

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Eléctrica**

**Medellín**

**2021**

**Metodología de diseño y simulación de un sistema solar fotovoltaico (SSFV) para el aprovechamiento de espacios públicos de la ciudad de Medellín**

**Jorge Luis Ballesta Causado**

**Trabajo para optar al título de Ingeniero en Ingeniería Eléctrica**

**Director**

**Marco Antonio Monsalve Cadavid**

**Magister en ingeniería**

**Codirector**

**Sergio Danilo Saldarriaga Zuluaga**

**Magister en ingeniería eléctrica**

**Institución Universitaria Pascual Bravo**

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Eléctrica**

**Medellín**

**2021**

## Contenido

	Pág.
Introducción .....	15
1. Planteamiento del Problema.....	16
1.2. Descripción .....	16
1.3. Formulación .....	16
2. Justificación.....	17
3. Objetivos .....	19
3.1. Objetivo General .....	19
3.2. Objetivos Específicos.....	19
4. Marco Teórico .....	20
Efecto Fotovoltaico .....	20
Radiación solar.....	21
Estructura de los Paneles solares.....	21
Módulos Solares (Paneles solares).....	22
Células Fotovoltaicas .....	22
Variedades de células fotovoltaicas .....	23
Silicio Monocristalino (M-SI).....	23
Silicio Policristalino (P-SI) .....	23
Amorfo .....	24
Inversor ON Grid .....	24
Tablero de Distribución.....	24
Medidores Bidireccionales.....	25
Sistema de Distribución Local .....	25
Estudio de Conexión .....	25
Contrato de Conexión .....	26

5. Metodología .....	27
5.1. Tipo de Proyecto .....	27
5.2. Método .....	27
5.4. Instrumentos de recolección de información .....	28
5.4.1. Fuentes Primarias .....	28
5.4.2. Fuentes Secundarias .....	28
6. Resultados del Proyecto .....	29
6.1. Normatividad Nacional para sistemas solares y Antecedentes de conexión mundial ..	29
Condiciones de Operación .....	29
Tensión .....	30
Frecuencia .....	30
Calidad de la Potencia .....	31
Estudio de Conexión .....	31
6.2. Proyectos a nivel mundial de aprovechamiento de espacios públicos .....	34
6.3. Metodología para el diseño y la simulación de un SSFV .....	36
Recolección de datos .....	37
Análisis Energético .....	43
Pago de la factura .....	56
Costo de construcción de la instalación y beneficios .....	56
Estado del área de instalación de los paneles solares .....	58
Cumplimiento Norma RETIE .....	63
Solicitud de conexión al Operador de Red .....	63
Análisis experimental del SSFV en el tejado de la Casa de Justicia .....	73
7. Conclusiones .....	83
8. Bibliografía .....	85

9. Anexos..... 90

## Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1</i> Gobernación de Antioquia .....	38
<i>Figura 2</i> Link ingreso asesora virtual Ema de EPM.....	39
<i>Figura 3</i> Asesora virtual EMA de EPM .....	39
<i>Figura 4</i> Duplicado de factura virtual.....	40
<i>Figura 5</i> Alineamiento Casa de Justicia Comuna 7 Robledo cara frontal. ....	41
<i>Figura 6</i> Alineamiento Casa de Justicia Comuna 7 Robledo cara posterior. ....	42
<i>Figura 7</i> Mapa de radiación solar disponible en la ciudad de Medellín .....	42
<i>Figura 8</i> Factura de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad agosto 2021 .....	43
<i>Figura 9</i> Factura de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad septiembre 2021.....	44
<i>Figura 10.</i> Factura de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad octubre 2021 .....	45
<i>Figura 11</i> Costos de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad agosto 2021 .....	46
<i>Figura 12</i> Costos de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad septiembre 2021 .....	47
<i>Figura 13</i> Costos de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad septiembre 2021 .....	48
<i>Figura 14.</i> Consumo energético Secretaría de Seguridad agosto 2021 .....	48
<i>Figura 15.</i> Consumo energético Secretaría de Seguridad septiembre 2021 .....	49
<i>Figura 16</i> Consumo energético agosto Secretaría de Seguridad octubre 2021 .....	49
<i>Figura 17.</i> Consumo energético Casa de Justicia Robledo agosto 2021 .....	49
<i>Figura 18.</i> Consumo energético Casa de Justicia 20 de Julio julio 2021 .....	50
<i>Figura 19.</i> Consumo energético Corvide julio 2021 .....	50
<i>Figura 20.</i> Consumo energético Casa de Justicia Robledo septiembre 2021 .....	51
<i>Figura 21.</i> Consumo energético Casa de Justicia 20 de Julio agosto 2021 .....	51
<i>Figura 22.</i> Consumo energético Corvide agosto 2021 .....	51
<i>Figura 23.</i> Consumo energético Casa de Justicia Robledo octubre 2021.....	52
<i>Figura 24</i> Consumo energético Casa de Justicia 20 de Julio septiembre 2021 .....	52
<i>Figura 25.</i> Consumo energético Corvide de Julio septiembre 2021.....	53
<i>Figura 26</i> Consumo y costo energético octubre inspección de Guayabal .....	53
<i>Figura 27</i> Consumo y costo energético octubre inspección de El Limonar .....	54
<i>Figura 28</i> Consumo energético de algunas dependencias de la Secretaría de Seguridad .....	54

<i>Figura 29</i> Costo energético de algunas dependencias de la Secretaría de Seguridad.....	55
<i>Figura 30</i> Entidades que regulan y vigilan la Secretaría de Seguridad .....	55
<i>Figura 31.</i> Tejado en tela asfáltica Casa de Justicia comuna 7 Robledo .....	58
<i>Figura 32.</i> Tejado en teja de barro Casa de Justicia comuna 7 Robledo .....	59
<i>Figura 33.</i> Tejado en teja de barro Casa de Justicia comuna 7 Robledo .....	59
<i>Figura 34</i> Casa de Justicia 20 de Julio.....	60
<i>Figura 35</i> Comisaria de Santa Mónica .....	61
<i>Figura 36.</i> Ingreso a la página de EPM opción transacciones .....	64
<i>Figura 37.</i> Solicitud de conexión para AGPE en EPM .....	64
<i>Figura 38</i> Conexión de Autogeneradores y Generadores Distribuidos en EPM .....	65
<i>Figura 39</i> Consulta de Disponibilidad.....	65
<i>Figura 40</i> Ubicación del predio mediante la dirección exacta.....	66
<i>Figura 41</i> Búsqueda de Transformador asociado al circuito .....	67
<i>Figura 42</i> Informe sobre disponibilidad de conexión del SSFV al SDL.....	68
<i>Figura 43.</i> Información cliente nuevo o usuario potencial .....	69
<i>Figura 44</i> Información del Solicitante .....	70
<i>Figura 45</i> Información de la nueva instalación para la Factibilidad de Conexión .....	70
<i>Figura 46</i> Información de Servicio.....	71
<i>Figura 47.</i> Tipo de generación.....	72
<i>Figura 48</i> Proyección de energía en sitio estudio .....	73
<i>Figura 49.</i> Datos de ubicación Casa de Justicia Comuna 7 Robledo .....	74
<i>Figura 50</i> Irradiación Horizontal Global en la Casa de Justicia.....	75
<i>Figura 51</i> Rendimiento aproximado de un SSFV Casa de Justicia.....	75
<i>Figura 52</i> Resumen aproximado del rendimiento del SSFV .....	77
<i>Figura 53</i> Pre-dimensionamiento del SSFV .....	77
<i>Figura 54</i> Características modulo solar marca Yingli Solar.....	78
<i>Figura 55</i> Características inversor Fronius.....	79
<i>Figura 56</i> Proyección SSFV Casa de Justicia.....	80
<i>Figura 57</i> Consumo mensual Casa de Justicia enero 2020 – octubre 2021.....	81
<i>Figura 58</i> Resultado final SSFV Casa de Justicia .....	82

**Lista de Tablas**

	Pág.
Tabla 1 Tiempo de despeje según rango de tensión.....	30
Tabla 2 Tiempo de despeje según capacidad y rango de frecuencia.....	30
Tabla 3. Límites permitidos de armónicos y TDD.....	31
Tabla 4 Pros y contras instalación del SSFV por parte de la Secretaría de Seguridad o por un tercero	
Tabla 5 Características dependencias Secretaría de Seguridad	61
Tabla 6 Generación aproximada mensual del SSFV brindados por PVGis	76

**Lista de Anexos**

	Pág.
<i>Anexo 1</i> Plano arquitectónico Casa de Justicia Robledo Comuna 7 Primer Nivel .....	90
<i>Anexo 2</i> Plano arquitectónico Casa de Justicia Robledo Comuna 7 Segundo Nivel .....	91
<i>Anexo 3</i> Plano arquitectónico Casa de Justicia Robledo Comuna 7 Segundo Nivel .....	92
<i>Anexo 4</i> Fachada Oriental Casa de Justicia Comuna 7 Robledo.....	93
<i>Anexo 5</i> Fachada Occidental Casa de Justicia Comuna 7 Robledo.....	94

## Resumen

### **Metodología de diseño y simulación de un sistema solar fotovoltaico (SSFV) para el aprovechamiento de espacios públicos de la ciudad de Medellín**

Los sistemas fotovoltaicos vienen empleándose como una de las principales fuentes de energías renovables a nivel mundial por su adaptabilidad en diferentes terrenos sean estos rurales o urbanos ayudando a contribuir en la disminución del uso de las fuentes convencionales de energía (combustibles fósiles). En el presente proyecto se estipulo una metodología para la instalación de plantas fotovoltaicas en edificaciones o espacios públicos de la ciudad de Medellín, utilizando como ejemplo el consumo energético de la Secretaría de Seguridad y sus dependencias teniendo como objetivo disminuir los gastos por dicho concepto, para simultáneamente, analizar una posible inyección de la energía generada por la planta solar al Sistema de Distribución Local mediante el operador de red. Destinando la Casa de Justicia, ubicada en la comuna 7 Robledo Medellín como principal ejemplo, se observa que entre los meses de julio y septiembre de 2021 se vio reflejado un consumo promedio de 2000 KWh, generando cobro por concepto de consumo de energía de 2 millones de pesos mensuales.

La finalidad de este proyecto es crear una metodología que se ajuste a la normatividad nacional como la sección 690 del RETIE entre otras, para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos logrando a cabalidad el objetivo mencionado anteriormente basándose en los resultados arrojados por el software de simulación PV Syst, siendo esta utilizada como modelo de instalación para diversos espacios públicos.

*Palabras Claves: Fuentes de Energías Renovables, Plantas Fotovoltaicas, Consumo Energético, Sistema de Distribución Local, Trazabilidad.*

## Abstract

### **Design methodology, simulation, and setting up of a solar photovoltaic system (SSFV) maximizing the use of public areas in the city of Medellín.**

The photovoltaic systems are used as one of the major renewal sources of energy worldwide for their adaptability to different urban or rural areas, reducing the use of conventional sources of energy (fossil fuel). This draft contain a method for installing a photovoltaic plant on buildings or public areas in Medellín. The energy consumption of the ‘Secretaría de Seguridad’ and its dependencies was used as an example, aiming to decrease the energy expenditure and, in parallel, offer the excess of the plant to the grid operator. For this reason, the “Casa de la Justicia”, in Comuna 7 Robledo, was used as the prime example because of its elevated energetic bill of \$2’000.000 pesos during July and September, with an energy consumption of 2000 KWh.

The purpose behind this project is to create a procedure adapted to the national legislation like the section 690 of RETIE among others, to install a photovoltaic plant, reaching the aim mentioned before based on the results generated by the PV Syst Simulation Software.

*Keywords: Renewable Energy Sources, Photovoltaic Plants, Energy Consumption, Local Distribution System, Traceability.*

## Glosario

**Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG):** Entidad encargada de regular servicios como electricidad y gas a nivel nacional bajo la ley 142 y 143 de 1994 estableciendo las normas competentes para que se puedan desarrollar los sectores antes mencionados.

**Sistema de Distribución Local (SDL):** Es el sistema encargado del transporte de la energía eléctrica operando esté en un nivel de tensión menor a 57,7 kV dividido en 3 niveles y está formado por un conjunto de líneas y subestaciones adicional a los equipos asociados al mismo.

**Unidad de Planeación Minero Energética (UPME):** La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) es aquella que adscrita al Ministerio de Minas y Energía y regida por la Ley 143 de 1994 y el decreto 255 de enero 28 de 2004 tiene planear de forma integral, indicativa, coordinada y permanente el aprovechamiento y desarrollo de los recursos minero energéticos del país.

**Sistemas de Gestión de Energía (SGEn):** Clasificándose principalmente en dos tipos siendo estos sistemas renovables o no renovables consiste principalmente en transformar una clase de energía sea esta térmica, química entre otras en energía eléctrica para uso del usuario final sea este comercial, industrial o vivienda.

**Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER):** Son aquellas fuentes de energía eléctrica denominadas como alternativas siendo a su vez catalogadas como limpias por no hacer uso de combustibles fósiles para suministrar electricidad a los espacios que hagan uso de ellas teniendo un impacto ambiental positivo en su mayoría dado que reducen la huella de carbono del sitio donde se instala.

**Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIIE):** Documento expedido por el Ministerio de Minas y Energía cuyo contenido especifica los parámetros tenidos en cuenta para instalaciones eléctricas siendo estas lo más seguro posible al momento de diseñar, modificar, mantener o construir una instalación eléctrica en el territorio nacional adicionando que aunque no es un documento que contenga una guía de diseño para instalaciones eléctricas dado que esta se debe presentar por el personal encargado de instalación si es de carácter obligatorio su cumplimiento.

**Operador de Red (OR):** Es la empresa de servicios públicos domiciliarios encargada de todo o una parte del Sistema de Transmisión Regional (STR) o del Sistema de Distribución Local (SDL) en cuanto a la inversión, operación, mantenimiento o expansión de la red incluyendo las respectivas conexiones al Sistema de Transmisión Nacional (STN) teniendo estos los respectivos cargos por uso de los STR o SDL.

**Autogenerador (AG):** Determinado como aquella persona natural o jurídica que produce su propia energía eléctrica con el fin de cubrir sus gastos por conceptos de consumo energético mediante cualquier sistema de energía renovable, dependiendo de su capacidad también puede llamarse autogenerador a pequeña escala (AGPE).

**Inversor eléctrico:** Es el elemento encargado de transformar la corriente producida por las placas fotovoltaicas siendo esta corriente continua convirtiéndola en corriente alterna adecuando la onda y frecuencia presentada para habilitar su uso.

**Panel Solar:** Constando estos de una multitud de celdas conocidas como células fotovoltaicas son los encargados de convertir la radiación solar en electricidad usando el efecto fotovoltaico por los fotones generados por la energía solar generando un campo eléctrico en los dos semiconductores que los componen.

## Introducción

Los sistemas solares fotovoltaicos son reconocidos como una de las energías renovables más importantes en el sector eléctrico por su capacidad de adaptación en diferentes ambientes tanto rurales como urbanos beneficiando a una gran cantidad de población. Muestra de ello, data que para 2012 en el territorio nacional se tenían instalados 6MW de energía solar equivalentes aproximadamente a 78.000 paneles solares distribuidos en un 57% para aplicaciones rurales y un 43 % usados en torres de comunicación y señalización de tránsito asumibles en el espacio urbano, aprovechando el efecto de radiación solar que se puede alcanzar un lapso de 12 horas diarias de producción, registrando a nivel mundial uno de los índices más altos junto a los que se logran obtener en el continente Africano. Logrando de esta manera una radiación media de 4.5 kWh/m<sup>2</sup>. (Quintana, 2012) en Medellín, también se ha evolucionado en la adquisición de sistemas solares fotovoltaicos para plantas privadas y espacios públicos, motivo de la ubicación geográfica privilegiada por la irradiación energética y el desarrollo de nuevas tecnologías, asimismo del auge de nuevos mercados de energías renovables no convencionales y los beneficios tributarios de la Ley 1715 del 2014, han generado un entorno ideal para el desarrollo de pequeños y grandes proyectos basados en este tipo de energía. Teniendo una radiación promedio estable para la generación de energía solar, Celsia arroja en sus estudios que valor mundial promedio está determinado en 3,9 kWh/m<sup>2</sup>/d, viéndose este superado en un 0.6 kWh/m<sup>2</sup> por el promedio nacional. Una de las principales razones es el favorable recurso de brillo solar (horas de sol) que se tiene en territorio nacional con un promedio diario anual de 4, 8 y hasta 12 hora de sol, en Alemania, citando un ejemplo exacto, se tiene un promedio solamente de 3 horas de brillo solar. (Celsia, 2021).

La energía solar fotovoltaica resulta ser la energía renovable que a futuro plantea establecerse como energía primaria para reemplazar las fuentes de energía actuales como son el petróleo, gas natural o carbón. Se tiene presupuestado por parte de la UPME (Unidad de planeación Minero Energética) y el Ministerio de Minas y Energía que para el año 2030 el consumo energético en el territorio nacional este suplido en un 10% sobre su valor total por proyectos fotovoltaicos o solares. (El Espectador, 2021).

## **1. Planteamiento del Problema**

### **1.2.Descripción**

En términos medioambientales la humanidad está inmersa en la búsqueda de una solución eficiente que permita avanzar tecnológicamente reduciendo el daño causado al mismo. Según datos aportados por las Empresas Públicas de Medellín, se calcula que la energía solar generada por un sistema fotovoltaico de 100 kilovatios (kWp) instalado compensa anualmente al consumo eléctrico de 81 hogares, adicionalmente reduce aproximadamente 28 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en promedio, lo que equivale a tener 1.492 eucaliptos maduros absorbiendo CO<sub>2</sub>. (Empresas Publicas de Medellin EPM, 2018). Es aquí donde la energía solar empieza a tener un rol protagónico haciendo uso de las edificaciones y espacios públicos de Medellín permitidos, puesto que algunos de estos son considerados patrimonio de la humanidad y no se pueden modificar estructuralmente, en contribuir a una solución tanto eléctrica como ambientalmente mediante plantas fotovoltaicas que permitan cubrir los gastos por consumo de energía internos y analizando una posible inyección energética al Sistema de Distribución Local entregando el excedente generado mediante el Operador de Red, para minimizar el uso de las energías convencionales usadas en la actualidad. En el territorio nacional la resolución CREG 030 de 2018 ha venido impulsando el uso de sistemas solares fotovoltaicos regulando e implementando beneficios a los puntos focalizados que entreguen excedentes de energía a la red.

### **1.3.Formulación**

¿Cómo aplicar la metodología propuesta en este proyecto en espacios o edificaciones públicas en la ciudad de Medellín, permitiendo disminuir los gastos por consumo de energía eléctrica y analizando una posible inyección eléctrica por medio del operador de red al SDL?

## 2. Justificación

En la actualidad de acuerdo a la información brindada por la Agencia Internacional de Energía (AIE), el mundo experimentará un crecimiento en la demanda energética en un 30% siendo este equivalente al gasto que se presenta actualmente en países como India o China debido al aumento de la población global (Delgado & Planelles, 2017). Viéndose también afectado el medio ambiente puesto que la energía actual es producida principalmente por fuentes de energía convencionales como combustibles fósiles, generando una cantidad considerable de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Adicionalmente, en la red eléctrica se presentaría una dificultad para abastecer de manera correcta la alta demanda que se presentaría, según datos brindados por la Organización Naciones Unidas (ONU) se espera que la población mundial aumentará de 7.700 millones a 9.700 millones en los próximos 30 años (Naciones Unidas, s.f.). Para 2017 Colombia contaba con una dependencia en alto grado de generación energética en combustible fósil, según los estudios realizados se tiene una reserva de carbono para aproximadamente 170 años, 7 años de reserva para el recurso de petróleo y aproximadamente 15 años para gas natural. (Soto, 2017) forzando al país a importar recursos para la generación de energía a corto plazo.

Las Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER) por ende se presentan como una solución para mitigar las importaciones de petróleo y el gasto energético producido por los combustibles fósiles. Basándose en el cambio que ha venido experimentando el suministro eléctrico, las FNCER han tomado un espacio principal para suministrar la energía eléctrica en diferentes puntos de las ciudades y zonas rurales, poniéndolo en contexto según (Soto, 2017) cerca del 70 u 80% de la energía producida actual que consume el país proviene de hidroeléctricas complementadas por plantas térmicas fósiles, cogeneración a partir de biomasa, cogeneración fósil y plantas solares y eólicas. Resultados que demuestran la alta dependencia hacia el sector hidroeléctrico en el país siendo este un recurso energético de alta inversión puesto que adicional a la central, deben planificar y emplearse largas redes de transmisión eléctrica.

Los sistemas solares fotovoltaicos han recibido mucha atención desde sus primeros usos en territorio nacional por parte de las telecomunicaciones rurales de Telecom a comienzos de los 80 cuyo fin era el de establecer pequeños generadores fotovoltaicos de 60 Vatio Pico (Wp) para radioteléfonos rurales (Murcia, 2009), hasta llegar a convertirse en una fuente primaria de energía en macroempresas de Medellín como las Empresas Públicas de Medellín entre otras, por lo que el motivo de este proyecto es incluir las edificaciones y espacios públicos de Medellín como una FNCER puesto que se cuenta con espacios adecuados, colocando como ejemplo específico la Casa de Justicia de la Comuna 7 Robledo que asimismo hace parte de la Secretaria de Seguridad, para la implementación de un SSFV que permitiría generar la energía suficiente, proponiendo al OR una posible inyección de energía eléctrica que permita suplir los gastos generados en sectores cuyo consumo sea elevado mensualmente.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Establecer una metodología para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en edificios públicos de Medellín, con el fin de reducir los cobros de facturación por concepto de energía. Teniendo en cuenta la normativa eléctrica nacional vigente y aplicándola por medio de un software fotovoltaico en dichas instalaciones, usando como modelo la Secretaría de Seguridad del Municipio de Medellín.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

Investigar la normativa nacional vigente de instalaciones fotovoltaicas con el fin de realizar la trazabilidad para una metodología adecuada en el proyecto aplicado.

Indagar sobre proyectos a nivel mundial de aprovechamiento de espacios públicos para la autogeneración de energía, tomándolos como referentes para el proyecto presentado.

Formular una metodología para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos que permitan el aprovechamiento de espacios públicos de la ciudad de Medellín. Procediendo a evaluar la metodología propuesta en una edificación de la Secretaría de Seguridad usando el software de diseño fotovoltaico PVSyst, para verificar si cumple con el objetivo deseado y usarla como ejemplo de lo que se podría lograr con este tipo de intervenciones.

#### 4. Marco Teórico

Un sistema fotovoltaico trae consigo grandes beneficios para los puntos en los cuales se emplea este tipo de generación, aprovechando que tienen una fuente infinita de recurso natural (Sol). Considerado como un conjunto de equipos que permiten que la energía solar se convierta en energía eléctrica, los sistemas fotovoltaicos se han venido constituyendo como uno de las principales fuentes de energía en el ámbito eléctrico, trayendo consigo desafíos en el momento de su implementación puesto que depende de factores externos como la exposición solar sobre las células fotovoltaicas que componen el panel asimismo presentando condiciones ambientales variables dependiendo del punto de instalación.

Para la implementación de un sistema solar fotovoltaico, que es la base primaria de este proyecto, se debe tener conocimiento de diferentes consideraciones involucradas en el momento del análisis teórico-práctico de lo que significa poner en funcionamiento una planta solar fotovoltaica en una edificación o espacio público siendo los más relevantes los siguientes:

##### **Efecto Fotovoltaico**

Este efecto es primordial en la generación de electricidad a través de la captación de radiación solar directa o difusa, pues al absorber los fotones de luz –energía- permite emitir los electrones creando el movimiento e intercambiando posiciones obteniendo una corriente eléctrica (Yuste, s.f.), cabe aclarar que los fotones de luz pueden ser reflejados, absorbidos o atravesar la célula receptora, sin embargo, está solo utiliza para generación de la corriente eléctrica aquellos que se ven absorbidos por las capas semiconductoras dopadas sean estas tipo n o tipo p diferenciándose en la carga impregnada en el cristal, reflejando el tipo n la carga negativa dopada en el cristal a su vez los tipo p la carga positiva dopada en el cristal, permitiendo así formar un campo eléctrico positivo en una parte y negativo en la otra cumpliendo asimismo características aislantes a bajas temperatura y conductoras cuando se ven sometidos a temperatura alta. (Yepes, 2020).

## **Radiación solar**

La radiación solar es la energía transmitida desde el sol hacia la tierra mediante ondas electromagnéticas, entendiéndose que el sol produce una cantidad constante de energía diaria y que parte de esta se pierde por las condiciones terrestres a las que se ven sometidas una vez entran en contacto con la atmósfera en términos de reflexión, absorción y difusión. También conocida como radiación de onda corta, se reparte de la siguiente manera una vez ingresa en contacto con la atmósfera donde su valor alcanza el 100% en la parte superior límite de recepción de las ondas electromagnéticas, una vez entran en contacto, solo el 51% atraviesa la atmósfera llegando solo un 25% directamente a la superficie terrestre y el 26% restante se ve dispersado mediante la atmósfera como radiación difusa hacia la superficie de esta cantidad, un 19% se ve absorbido por los gases atmosféricos y las nubes perdiéndose un 30% hacia el espacio. Asimismo, de este 30% la atmósfera se encarga de dispersar un 6%, el suelo un 4% y las nubes un 20% (Inzunza, s.f.).

## **Estructura de los Paneles solares**

Son los encargados de la distribución de energía, además de brindar la inclinación adecuada para que el panel solar alcance un máximo de recepción de radiación solar para poner en funcionamiento el SSFV. Todo esto soportando los cambios climáticos a los que la instalación se ve sometida (Alusínsolar, s.f.), además de ser un ítem importante dado que las condiciones climáticas afectan dicha estructura, por ejemplo, en los lugares de fuertes vientos la estructura debe verse reforzada en su anclaje para soportar las corrientes de aire. Los materiales comúnmente utilizados son:

- Aluminio: Ya que es de fácil mecanización y tiene a su vez bajo peso y gran resistencia siendo este anodizado para evitar la corrosión y brindando una mejor estética visual que una estructura en aluminio crudo,
- Acero inoxidable: Utilizado ampliamente en ambientes salinos cerca al nivel del mar además de brindar un acoplamiento adecuado con partes de aluminio separándolas mediante un aislador para evitar una corrosión galvánica elevada,

- Hierro: Siendo este también ampliamente utilizado por sus diferentes presentaciones en cuanto a gama de dimensiones, formas y grosores se refiere debe ser tratado mediante un proceso de galvanizado para incorporar a la superficie una cantidad de 100 micras para una protección adecuada al medio ambiente brindándole así propiedades anticorrosivas para protegerlo contra los factores climáticos. (Blog TecnoSol, 2016).

### **Módulos Solares (Paneles solares)**

Su principal función es captar las ondas electromagnéticas emitidas por el sol para iniciar el proceso eléctrico, convirtiendo los fotones de luz en electricidad por medio de materiales semiconductores como el silicio, sea esté cristalino o amorfo, componiéndose de células fotovoltaicas encargadas de convertir la luz solar en corriente continua o DC durante el transcurrir de las horas del día. (Celsia, 2018).

### **Células Fotovoltaicas**

Fabricados con dos tipos de materiales semiconductores uno con carga positiva (p) y otro con carga negativa (n) por consiguiente, cuando un fotón de luz solar entra en contacto con la carga negativa encargada de recibirlo se produce el efecto de rotura de la unión electrón-hueco una vez cumplido el rompimiento del gap del material cuando este se ve superado por la energía generada por el fotón de luz haciendo uso del campo eléctrico para evitar que los electrones y huecos se recombinen nuevamente, una vez cerrado el circuito mediante el uso de un conductor externo comienza la circulación del electrones de la carga negativa (n) a la carga positiva (p) manteniéndose esta mientras la célula fotovoltaica esté en contacto con el fotón de luz solar siendo condicional a su vez para la intensidad generada dado que por el proceso que transcurre en el mismo estos dos ítems son directamente proporcionales. (Miguel Ángel Zamudio Florido, s.f.).

## **Variedades de células fotovoltaicas**

Existen varios tipos de celdas fotovoltaicas en el mercado, cada una de ellas con pros y contras a la hora de analizar el funcionamiento de un SSFV. Destacando las de silicio dado que presentan características más adaptables a diferentes ambientes, y a su vez, por el bajo costo de compra en comparación con celdas fotovoltaicas de otros materiales. Aunque existen varios tipos, se podrían clasificar como las más importantes las siguientes:

### **Silicio Monocristalino (M-SI)**

Reconocidos por tener un color azul oscuro homogéneo, siendo de forma octagonal y construido por un material cristalino único y estructuralmente muy uniforme, a su vez con un material de alta pureza comparado a otros materiales garantizando un rendimiento superior debido a que los átomos de silicio están alineados de forma perfecta facilitando así una correcta conductividad. Presentando varias cualidades que lo califican como una de las opciones preferidas del mercado como lo son;

- Mayor rendimiento entre 18 a 25%,
- Mayor vida útil,
- Mejor funcionamiento con baja radiación solar. (E4e, 2020)

### **Silicio Policristalino (P-SI)**

Reconocidos por tener un color irregular, siendo totalmente cuadrados y formados por muchos cristales de silicio, no es necesario moldearlos dado que el material de silicio se vierte directamente en un molde cuadrado y aunque su proceso de fabricación es más económico también influye directamente en su rendimiento. Presenta las siguientes ventajas:

- Proceso de fabricación más sencillo y económico
- Tiene un mejor comportamiento respecto al clima ambiente aumentando su coeficiente térmico. (E4e, 2020)

## **Amorfo**

Se construyen en base al vapor, en una estructura generalmente hecha de acero se deposita una película de silicio encima de ella, su costo de construcción es más económica, pero a su vez, necesitan de una mayor cantidad de paneles para conseguir la misma potencia en vatios que las células fotovoltaicas hechas en silicio, reduciendo también su eficiencia, solo son recomendados en espacios amplios de instalación. Presentan las siguientes ventajas;

- Proceso de fabricación más económico que los de silicio,
- Buena apariencia estética debido a su homogeneidad,
- Se pueden fabricar sobre distintas superficies lo que permite aumentar la adaptabilidad arquitectónica con las superficies.

## **Inversor ON Grid**

Tienen la capacidad de coincidir con la fase de la onda sinusoidal de la corriente alterna de la red a la que se va a conectar, brindando precisión en el voltaje para implementar el excedente energético resultante del SSFV al SDL, mediante el OR, los inversores se utilizan en combinación con los paneles solares para dar dicho resultado. Existiendo varios tipos, dependiendo completamente de la finalidad, pueden ser adaptados a sistemas monofásicos o trifásicos, debido a que cumple dos funciones que son la de reducir el consumo de la edificación donde será instalada a su vez de brindar el excedente energético a la red a la que será conectado, de forma que pueda estar disponible, (Juan, 2018), para poner a disposición del OR. A través del inversor la energía generada por los paneles solares es recibida y regulada, en donde una salida de corriente macho la transmite al SDL, mediante el OR, reduciendo el consumo de energía proporcionalmente a la capacidad del inversor. Maneja voltajes de salida de 12V – 24V – 48V. (Inversor Solar, s.f.).

## **Tablero de Distribución**

Siendo similar al tablero de distribución normal, se instala para la protección del sistema bajo un sistema de interruptores automáticos de acuerdo a las prestaciones brindadas por el SSFV. (Robertson, s.f.).

## **Medidores Bidireccionales**

En Colombia se vienen implementado medidores bidireccionales en los SSFV, debido a que los medidores convencionales existentes en el mercado son unidireccionales, es decir solo miden la cantidad de energía presentada del SDL a cada usuario, por el contrario los medidores bidireccionales permiten medir ambas cantidades (HGIngenieria, s.f.). Permitiendo así estipular el posible excedente entregado al SDL mediante el OR.

## **Sistema de Distribución Local**

Conocido también como un sistema de transporte compuesto por subestaciones y líneas de energía eléctrica con los equipos asociados, se caracterizan por trabajar en diferentes niveles de tensión sean estos 3, 2 o 1 que se clasifican de la siguiente manera:

- Nivel 1: Sean aquellos que no superan el 1 kV,
- Nivel 2: Sean aquellos que están entre 1 kV y no superen los 30 kV,
- Nivel 3: Sean aquellos que están entre los 30 kV y no superen los 57,5 kV.

Utilizados estos en base de la función en la tensión nominal de operación a utilizar. (Comisión Reguladora de Energía y Gas, 2011).

## **Estudio de Conexión**

Es el proceso mediante el cual se pasan las memorias del SSFV al OR para validar su conexión, analizando las características del mismo para pasarlos a revisión y estudio, definiendo los parámetros de acometida y los equipos que van a intervenir en el SSFV, acordando finalmente los programas de puesta en servicio y condiciones de operación, entre otros. (Empresas Públicas de Medellín, 2010).

## **Contrato de Conexión**

Acuerdo alcanzado entre las partes involucradas en la conexión del SSFV al SDL, con el fin de regular las condiciones técnicas, comerciales y administrativas que este presenta, acordando el pago de conexión pertinente para la puesta en marcha rigiendo todo lo relativo a la conexión. (Empresas Públicas de Medellín, 2010).

Haciendo uso de los ítems anteriormente mencionados, se puede empezar a construir una metodología de instalación de sistemas fotovoltaicos, sin embargo, la instalación de plantas fotovoltaicas en edificaciones o espacios públicos trae consigo grandes retos, siendo el estado de los techos un factor determinante, al ser el área de instalación de la estructura solar. El principal propósito de este proyecto es implementar una metodología basándose en la Secretaría de Seguridad del Municipio de Medellín, usando la Casa de Justicia de la Comuna 7 Robledo, haciendo uso teórico de este espacio en pro de la disminución de los cobros por concepto de energía allí consumidos, sirviendo como ejemplo para construir plantas fotovoltaicas en los espacios públicos con los que cuenta la ciudad de Medellín.

## 5. Metodología

### 5.1. Tipo de Proyecto

Este proyecto se plantea como una investigación descriptiva aplicada, donde se propone una metodología para la instalación de un SSFV en edificaciones o espacios públicos. Identificando variables como consumo y cobro por consumo de energía del sitio bajo estudio, adicional a las variables eléctricas que conlleva un sistema fotovoltaico, proponiendo resultados en la relación cobro/beneficio.

Mediante el software PVSyst y con la ayuda brindada por la página Web PVGIS se diseña una planta fotovoltaica experimental, donde se analiza el beneficio prestado al usuario final en el concepto de consumo/cobro energético, observando el comportamiento del SSFV y la contribución que esté aporta.

### 5.2. Método

El método ajustado al proyecto a realizar es de tipo inductivo, basándose esté en la obtención de conclusiones a partir de la observación, simulación y análisis de hechos, síntesis, y pruebas teóricas (Hena, webgarden, 2020) . Siguiendo los parámetros mostrados a continuación:

- Identificar los elementos y las condiciones generales necesarias tanto en el sitio para la instalación del SSFV como en él mismo para garantizar el correcto funcionamiento final.
- Realizar una búsqueda de la normatividad vigente para la ejecución de un SSFV en el territorio nacional.
- Investigar a nivel mundial casos similares que empleen la energía solar para el beneficio de la edificación en donde se aplicara el proyecto, adicional a las edificaciones aledañas donde se evidencien los beneficios aportados por un SSFV en términos de concepto de energía principalmente.

- Establecer una manera de recolectar los datos que intervengan en la instalación de un SSFV en edificaciones o espacios públicos, proponiendo una ruta a seguir donde se detalle el consumo de energía mediante su factura de servicios públicos.
- Realizar un análisis energético detallado del sitio de estudio, en relación a su consumo y costo a través de la factura de servicios públicos, entendiendo que esta varía dependiendo del estrato socioeconómico donde estén ubicado.
- Realizar una visita en campo al sitio de estudio, donde se logre validar el estado físico real del espacio donde se instalará el SSFV, identificando los posibles problemas en el tipo de material en el que este esté construido, para resolver fallas futuras puesto que será esta área la encargada de soportar el peso del SSFV
- Modelar un SSFV que cubra los consumos de energía en el área disponible de la edificación, mediante herramientas computacionales especializadas en software solar.
- Construir una metodología aplicable para un SSFV en edificaciones o espacios públicos en Medellín, teniendo en cuenta todos los aspectos anteriores.
- Realizar una simulación experimental de un SSFV en el sitio de estudio cumpliendo con la metodología propuesta para analizar su comportamiento proyectado en un lapso de tiempo determinado.

#### **5.4. Instrumentos de recolección de información**

**5.4.1. Fuentes Primarias** Documentos primarios: Resolución CREG 030 de 2018, Ley 1715 de 2014, Norma técnica de EPM RA9-001, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

**5.4.2. Fuentes Secundarias** Documentos secundarios: Documentación pública de EPM para conexión de AGPE, Scopus.

## **6. Resultados del Proyecto**

El resultado principal de este proyecto es definir una metodología aplicada que guíe hacia el aprovechamiento del recurso energético en los espacios públicos, mediante la generación de energía solar, por medio de un estudio detallado de la cantidad de radiación solar a la que se ven expuestas anualmente las edificaciones o espacios públicos elegidos para la instalación del SSFV en la ciudad de Medellín.

### **6.1. Normatividad Nacional para sistemas solares y Antecedentes de conexión mundial**

Para implementar un sistema solar fotovoltaico en el SDL manejado por el OR, en este caso EPM, estipula los lineamientos necesarios en su norma RA9-001, cuyo objetivo es garantizar las condiciones que rigen su funcionamiento normal o en contingencia, así como sus sistemas de medición, control y protección para avalar las obligaciones contraídas por ambas partes. (Empresas Públicas de Medellín, 2010).

Se deben cumplir, entre otros, las siguientes condiciones para la respectiva conexión al OR, indicados en la actualización de la norma realizada en el año 2018;

#### **Condiciones de Operación**

Para la conexión al OR, en este caso EPM, teniendo en cuenta que esta entidad es la encargada de regular las conexiones nuevas a las líneas de transmisión se deben cumplir varias condiciones estipuladas de la siguiente manera:

## Tensión

El sistema autogenerador deberá responder ante condiciones anormales de tensión en base a la siguiente tabla de indicadores,

Tabla 1

*Tiempo de despeje según rango de tensión.*

<b>Rango de tensión de la red del OR (% de la tensión base)</b>	<b>Tiempo de Despeje (s)</b>
<b><math>V &lt; 50\%</math></b>	0.16
<b><math>50\% \leq V \leq 88\%</math></b>	2.00
<b><math>110\% \leq V \leq 120\%</math></b>	1.00
<b><math>V \geq 120\%</math></b>	0.16

Fuente: Diseñado por Grupo EPM

## Frecuencia

El sistema autogenerador deberá responder ante condiciones anormales de frecuencia en base a la siguiente tabla de indicadores,

Tabla 2 . *Tiempo de despeje según capacidad y rango de frecuencia*

<b>Capacidad pico de la instalación</b>	<b>Rango de frecuencia de la red del OR (Hz)</b>	<b>Tiempo de Despeje (s)</b>
<b><math>\leq 30 \text{ kW}</math></b>	<b><math>59.3 &lt; \text{frecuencia} &lt; 60.5</math></b>	0.16
<b><math>&gt; 30 \text{ kW}</math></b>	<b>Frecuencia <math>&gt; 60.5</math></b>	0.16
	<b><math>57 &lt; \text{frecuencia} &lt; 59.8</math></b> <b>(Rango ajustable)</b>	<b><math>0.16 &lt; \text{tiempo} &lt; 300</math></b>
	<b>Frecuencia <math>&lt; 57</math></b>	0.16

Fuente: Diseñado por Grupo EPM

### Calidad de la Potencia

Se deben cumplir los límites indicados en la siguiente tabla en los armónicos de corriente inyectados por el AG, (Empresas Públicas de Medellín, 2010).

Tabla 3. *Límites permitidos de armónicos y TDD*

<b>Orden individual del Armónico</b>	<b>h&lt;11</b>	<b>11&lt;h&lt;17</b>	<b>17&lt;h&lt;23</b>	<b>23&lt;h&lt;35</b>	<b>35&lt;h</b>	<b>Distorsión Total de Demanda</b>
Porcentaje (%)	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0

Fuente: Diseñado por Grupo EPM

### Estudio de Conexión

Es el proceso mediante el cual se pasan las memorias del SSFV a la empresa encargada del SDL, validando la conexión y analizando las características del mismo para pasarlos a revisión y estudio para la conexión, definiendo los parámetros definitivos de acometida, los equipos que van a intervenir en el SSFV acordando finalmente con la empresa prestadora del servicio (EPM) los programas de puesta en servicio, condiciones de operación y demás. (Empresas Públicas de Medellín, 2010).

Por su parte los paneles solares deben cumplir con una norma técnica de fabricación, demostrándolo a través de un certificado de conformidad del producto, siendo suficiente para el OR si cumple con una de las siguientes dos normas de técnicas de fabricación;

- - IEC 61730: Requisitos para la construcción, seguridad y ensayos.
  - IEC 61251: Design Qualification and Type Approval (Módulos de silicio cristalino) (Empresas Publicas de Medellin EPM, 2018).

Adicional, los inversores o micro inversores deberán presentar un certificado de conformidad del producto, expedido por un organismo acreditado de certificación, siendo suficiente para el OR si cumple con uno de las siguientes normas de fabricación;

- UL 1741 Standard for Safety of Inverters, Converters and Controllers for Use in Independent Power Systems
- IEC 61727; Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface (Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características de la interface con la red en el punto de conexión),
- IEC 62109: Seguridad de los convertidores de potencia para uso en sistemas de energía fotovoltaica. Partes 1 y 2. Requisitos generales y particulares para inversores. (Empresas Publicas de Medellin EPM, 2018).
- 

En el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) aunque la versión publicada en el año 2013 no puntualizó los requisitos específicos para la instalación de un AGPE, su borrador si lo hizo, teniendo como factor común que se debe realizar el montaje acorde a las normas estipuladas en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 2050 sección 690. A través del RETIE en su artículo 21° se detallan los requisitos para las instalaciones de FNCER para las instalaciones solares, dictaminando la permisividad en la conexión al SDL de auto generadores a pequeña escala o de sistemas cuya finalidad sea la generación distribuida a las redes de media y baja tensión, con la condición de que una vez instalado no cause perturbaciones a la red. En caso de ser necesario implementando obras o montajes de equipos adicionales que aporten la robustez necesaria al punto de conexión. (Ministerio de Minas y Energía, s.f.). Centrándose en el artículo 21.8. encargada de dictaminar los requisitos para la instalación de paneles solares fotovoltaicos incluyendo los elementos que interfieren en la misma como:

- Cableado: Cumpliendo la norma **UL 4703** o equivalentes, con propósito de reducir al máximo los riesgos por fallas por cortocircuito, falla a tierra, y el contacto directo o indirecto a personas. (Ministerio de Minas y Energía, s.f.). Cuyo alcance para aplicarse en una conexión fotovoltaica debe cubrir “lo relacionado con cable fotovoltaico conductor sencillo, aislado y recubierto de forma integral o no integral, resistente a la luz solar y clasificado 90 °C, 105 C, 125 °C, o 150 °C seco y 90 °C húmedo, 600, 1000, o 2000 V para cableado de interconexión de sistemas fotovoltaicos de energía conectados a tierra y no conectados a tierra, según lo descrito en el Artículo 690, Parte IV, Métodos de Cableado, y otras secciones aplicables del Código Eléctrico Nacional (National Electrical Code -NEC), NFPA 70”. (ProCables a General Cable Company, s.f.).

En el territorio nacional una de las normas principales que decreta los beneficios de un sistema solar fotovoltaico es la Ley 1715 formulada en el año 2014, integrando formalmente las FNCER al sistema nacional energético y cuyo objetivo principal es el de establecer un marco legal e indicar los instrumentos necesarios para la promoción de energía mediante fuentes no convencionales de energía. Formalizando anexo a está, una política energética atractiva económicamente en busca que se proyecten como una fuente de energía primaria en el territorio nacional. (Bastidas, Melendez, Quiroga, & Cruz, 2017) diversificando diferentes funciones entre: la UPME, la CREG, el Ministerio de Minas y Energía y al ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (Bastidas, Melendez, Quiroga, & Cruz, 2017).

Por su parte, la CREG establece en la resolución 030 emitida el 26 de febrero del año 2018 que, conferidos por la ley 1715 de 2014, tiene poder de regular la entrega del excedente energético generado por un sistema que utilice FNCER mediante un esquema bidireccional que la reconocerá por medio de créditos de energía. (Ministerio de Minas y Energía, 2018). Analizando el punto de conexión para el AGPE mediante la información brindada por el operador de red, para este caso puntual EPM, para constatar la validez de la conexión del AGPE en el SDL.

## 6.2. Proyectos a nivel mundial de aprovechamiento de espacios públicos

A nivel mundial existen varios ejemplos de usos de FNCER en espacios públicos que sirven como prototipo para la instalación en la ciudad de Medellín. En Barcelona España se empezó a implementar el Mecanismo para la Energía Sostenible (MES) denominado MESBarcelona, siendo uno de las finalidades de la Agenda 2030, cuyo objetivo es el de acelerar la transición energética acompañados por inversionistas privados (El Periodico, 2021). Conllevando un cambio radical tanto en la eficiencia energética como el impulso al autoconsumo fotovoltaico, teniendo en cuenta que el promedio de vida media de los bloques de pisos en la ciudad es de 60 años aproximadamente. (Bühl, 2020), patrocinados con una inversión inicial de 50 millones de Euros de los grupos municipales Esquerra Republicana de Catalunya y de Junts Per Catalunya (Bühl, 2020) para iniciar el proyecto.

Planificando que, con los excedentes por concepto de energía generados por las placas solares instaladas, los inversores que asumirán el 100 % de la inversión la recuperen gracias al ahorro energético producido. (Palou, 2021). Garantizando la diversificación de instalaciones de plantas fotovoltaicas en diferentes edificios (residencial, industrial y terciario), fomentando el autoconsumo y dándole a los inversores privados la facultad de proponer mejoras para el uso de las azoteas comunitarias. (Ajuntament Barcelona, s.f.). Motivados a conseguir un cambio determinante dado que para el 15 de enero de 2020 la ciudad declaró la emergencia climática puesto que de seguir a este ritmo de consumo a nivel ambiental se superarán en un plazo no mayor a los 10 años los 1.5°C que fueron marcados en el acuerdo realizado en la ciudad de París. (Ajuntament de Barcelona, s.f.)

En Zaragoza España también se viene implementando un plan energético similar denominado Barrio Solar, en donde se aplica la adquisición de energía renovable mediante FNCER por medio de instalación de placas fotovoltaicas ubicados en los edificios comunitarios, las placas fotovoltaicas son instaladas en el tejado del mismo beneficiando vecinos tanto residenciales como comerciales y ayudando a reducir en un 30% de los costos facturados por conceptos de energía, a vecinos que se encuentren a una distancia inferior a los 500 metros sin necesidad de realizar inversión alguna, únicamente cancelando una pequeña cuota mensual (ECODES, s.f.). Con una inversión inicial de 200.000 Euros, la instalación de paneles solares ya se ve efectuada en 2 centros deportivos municipales de la ciudad contando cada una con 120 paneles fotovoltaicos de 2 metros cuadrados cada uno y con estructuras de aluminio capaces de orientar e inclinar los paneles solares de manera adecuada para aprovechar la radiación solar maximizando su productividad. Con una instalación de 50 kWp en cada centro se verán dos grandes beneficios, siendo el primero de ellos la reducción en emisión de CO<sub>2</sub>, en principio en los 40.000 kilogramos en que está estipulada su emisión, el segundo de ellos es la capacidad de generación puesto que alcanzará los 150.000 Kwh anualmente. (ESE Eficiencia, 2021).

### **6.3. Metodología para el diseño y la simulación de un SSFV**

Para poner en marcha un SSFV se deben considerar varios aspectos importantes, teniendo en cuenta la claridad en la información de la zona que entrara en estudio, puesto que cada una de estas tiene características diferenciales tales como la exposición a la radiación solar y un grado de inclinación adecuado para la instalación de la estructura que soportara los paneles solares. Estructuralmente se debe analizar cada edificación adaptando la cantidad de paneles solares suficientes para no sobrecargar de manera innecesaria las columnas que soportan el peso del tejado de la estructura, proyectando un SSFV viable técnica, económica y ambientalmente que cumpla a cabalidad las normas establecidas por los organismos y entes competentes para la conexión al SDL mediante el OR, beneficiando la edificación que soporta el peso físico de las placas solares. (Cano & Moreno, 2017). Se utilizan las edificaciones y espacios públicos para plantear una metodología asequible que logre contribuir a la disminución de los gastos por concepto de energía presentados en cada una de estas, disminuyendo a su vez la carga eléctrica en el SDL con el objetivo de brindar una solución a una problemática que se plantea a mediano plazo mencionado anteriormente en la justificación de este proyecto, para ello se analizaran las diferentes sedes que posee la Secretaría de Seguridad de Medellín, cuyo consumo de energía en los últimos tres meses del presente año son aproximados a 49.621,30 kWh, enfocándose principalmente en la dependencia de la Casa de Justicia de la Comuna 7 Robledo, que servirá como ejemplo para implementar un SSFV en edificaciones y espacios públicos.

## Recolección de datos

Para realizar una trazabilidad adecuada para la instalación del SSFV se deben formular los pasos a seguir, siendo la recolección de datos de consumo de energía en cada punto de instalación uno de los más relevantes puesto que este es el inicio para realizar el análisis sobre la capacidad de instalación necesaria con base a la radiación solar disponible para cada proyecto, usando para este fin el software PV Syst adicionalmente el *Photovoltaic Geographical Information System (PVGis)*, adecuando las características solares y geográficas de los puntos estudiados para la instalación del sistema fotovoltaico y una vez calculados los gastos por concepto de energía. En la edificación bajo estudio, mediante la factura de servicios públicos se estipula un estimado de consumo y se procede a caracterizarlo de forma correcta en un ciclo mensual, seleccionando el tipo de SSFV bajo el modelo ON Grid, por las prestaciones que brinda utilizando el SDL como suministro de energía minimizando los gastos de instalación comparados con otros modelos como lo son el OFF Grid y el híbrido para suplir la demanda energética.

Empleando este proyecto para que sea utilizado como ejemplo, se hará uso como se mencionó anteriormente, de la Secretaría de Seguridad visto que sus dependencias se distribuyen en diferentes comunas de la ciudad de Medellín sirviendo como ejemplo optimó, teniendo en cuenta sus características las cuales se acoplan a la finalidad de este proyecto, para la consecución de la información necesaria se aplica la siguiente trazabilidad:

- Para lograr identificar el número exacto de dependencias que hacen parte de la Secretaría de Seguridad, siendo esta parte del Municipio de Medellín, de manera rápida y eficiente se debe solicitar una cita de en la locación principal, ubicada en la sede de la Gobernación de Antioquia en la dirección calle 44 Nª 52 – 165, indicada en la figura 1, donde la persona encargada brindara la información precisa de la dirección exacta de una de las dependencias, en este caso la de la Casa de Justicia Comuna 7 Robledo.



*Figura 1* Gobernación de Antioquia

Fuente: extraído de El Colombiano <https://www.elcolombiano.com/antioquia/presupuesto-de-gobernacion-de-antioquia-para-2018-JC7756092>

- Para identificar el consumo de energía generado por la Secretaría de Seguridad, una vez obtenida la dirección exacta del predio a estudiar, se debe solicitar de forma presencial en el Edificio Inteligente de las Empresas Públicas de Medellín en la oficina de atención al cliente o a través de la línea 01 8000 415 115 la información del número de contrato de los servicios públicos del lugar, con el cual se logra obtener información más detallada ingresando a la asistente virtual EMA en el link <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm> para obtener una copia virtual del mes en curso o anterior de los mismos, siguiendo los pasos indicados en las figuras 2, 3 y 4 identificando que bajo un solo número de contrato se encuentran anexas todas las dependencias de la Secretaría de Seguridad al ser está una sola entidad de la Alcaldía de Medellín.



Figura 2 Link ingreso asesora virtual Ema de EPM

Fuente: extraído de <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>



Figura 3 Asesora virtual EMA de EPM

Fuente: extraído de <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>



Figura 4 Duplicado de factura virtual

Fuente: extraído de <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Obteniendo de esta manera una copia virtual, detallada en el análisis energético, del costo de la factura de servicios públicos de la Secretaría de Seguridad en un ciclo mensual siendo esta la suma total de los consumos por ítems de:

- Energía,
- Alcantarillado,
- Acueducto,
- Gas,
- Otras entidades
- Entre otros.

De cada una de las dependencias de la Secretaría de Seguridad.

- Procediendo a analizar el área total construida de la dependencia de dos maneras disponibles, siendo una de estas de manera presencial tomando un registro fotográfico para observar *in situ* el tipo de tejado que soportara la estructura del SSFV y tomando las medidas por medio de una herramienta de medición y en una bitácora lograr calcular el área completa, o dirigiéndose a la oficina de Planeación y Desarrollo de la Gobernación de Antioquia solicitando por medio de un requerimiento oficial los planos arquitectónicos del predio, obteniendo una respuesta en un tiempo estipulado de quince días hábiles sobre la información detallada, como se logra observar en la figura 5 y 6, en este caso de la Casa de Justicia de la comuna 7 Robledo indicando en el recuadro rojo el área total construida.

CURADURIA URBANA SEGUNDA		Urbanización		Alineamiento		Hoja No.				
Arq. Eliney Francis Llanos Calle 41 51-15 L 239 PBX: 832 34 86 FAX: 381 17 56		0-279		C2-582/2002						
		Manzana		Licencia No.		C2-374/2002				
		Lote(s)		Ver Licencia(s)						
		Dirección Predio		DIAGONAL 85 # 79-173						
<b>ALINEAMIENTO</b>										
Nuevo Paramento SEGUN PLANO APROBADO POR EL DEPARTAMENTO DE VIAS Y TRANSPORTE DE PLAEANACION, MEDIANTE OFICIO 7401/2002										
Retrosos(s)										
<b>SECCION PUBLICA DE LA VIA</b>										
Tipo de Via	Antejardin(NE)	Anden (NE)	Zona Verde	Calzada	Separador	Calzada	Zona Verde	Anden (S/W)	Antejardin(S/W)	Tot. Sec. Pública
CALLE 80	3.00	2.00	2.00	7.00	4.00	7.00	2.00	2.00	3.00	26.00
DIAG. 85	3.00	1.50	1.50	7.00			1.50	1.50	3.00	13.00
TRANSV. 79A	3.00	1.50				7.00		1.50	3.00	10.00
Proyecto(s) Vial(es) OTROS RETIROS SEGUN NORMAS Y PLANOS APROBADOS								Radio de Ochave		
Quebradas y Retiros VALIDO PARA USO INSTITUCIONAL CUMPLIENDO CON EXIGENCIAS HECHAS EN LAS VIAS OBLIGADAS										
Observaciones EXPEDIDAS POR OFICIO 1554/2002 Y EN OFICIO 7401/2002								Eliney Francis L.		
Fecha JULIO 8/2002								Responsable GUSTAVO MOMDIAZ		Curador(a) ELINEY FRANCIS LLANOS
<b>LICENCIA DE CONSTRUCCION</b>				<b>Vo. Bo. REGIMEN DE PROPIEDAD HORIZONTAL</b>						
Interesado MPIO DE MEDELLIN (EMPRESA DESARROLLO URBANO)				Resolución		Resolución				
Para CONSTRUCCION 1o Y 2o PISO				Fecha		Fecha				
Destinaciones INSPECCION DE POLICIA, COMISARIA DE FAMILIA Y SALON COMUNAL				Curador(a) Urbano		Curador(a) Urbano				
Avaluo Construcción \$ 15'042.060				<b>ADICIONES Y REFORMAS - 1</b>						
Impuesto Construcción EXENTO ACUERDO 22/80				Para		Destinaciones				
Frente VARIABLE		Fondo VARIABLE		Avaluo		Impuesto				
Area Lote 2.736.98 M2		Area Sótanos		Area Adición		Area Reforma				
A.C 1º Piso 191.35 M2		A.C. Pisos Sup. 644.32 M2		Resolución		Fecha				
A. Libre 1º Piso 2.544.56 M2		A. Const. Total 835.67 M2		Curador(a)		Radicado				
Observaciones VER OFICIO C2-293/2002				La presente tarjeta es un documento informativo sobre los paramentos que se deberán respetar en el lote motivo de consulta. Para iniciar cualquier proceso constructivo deberá contar con la respectiva Licencia de Construcción o Urbanismo otorgada por la Curaduría Urbana, so pena de las sanciones previstas en la ley. En caso de vencimiento del presente Alineamiento deberá solicitarse nuevamente el mismo que exista Licencia, caso en el cual deberá acogerse a la vigencia de la misma.						
RESOLUCION C2-374/2002 RADICADO C2-582/2002										
Fecha MAYO 14 DE 2002 Curador(a) ELINEY FRANCIS LLANOS										

Figura 5 Alineamiento Casa de Justicia Comuna 7 Robledo cara frontal.

Fuente: Fotografía tomada por Jorge Luis Ballesta Causado

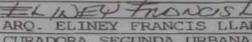
ADICIONES Y REFORMAS - 2		NOMENCLATURA Y LICENCIA DEFINITIVA	
Para		DIAGONAL 85 # 79-173 (INSPECCION DE POLICIA, COMISARIA DE FAMILIA Y SALON COMUNAL, MAYO 14 DE 2002	
Destinaciones			
Avalúo	Impuesto		
Area Adición	Area Reforma		
Resolución	Fecha		
Curador(a)	Radicado	 ARO. ELINEY FRANCIS LLANOS CURADORA SEGUNDA URBANA	
ADICIONES Y REFORMAS - 3			
Para			
Destinaciones			
Avalúo	Impuesto		
Area Adición	Area Reforma		
Resolución	Fecha		
Curador(a)	Radicado		
ADICIONES Y REFORMAS - 4			
Para			
Destinaciones			
Avalúo	Impuesto		
Area Adición	Area Reforma		
Resolución	Fecha		
Curador(a)	Radicado		
ADICIONES Y REFORMAS - 5		OBSERVACIONES	
Para			
Destinaciones			
Avalúo	Impuesto		
Area Adición	Area Reforma		
Resolución	Fecha		
Curador(a)	Radicado		
ADICIONES Y REFORMAS - 6			
Para			
Destinaciones			
Avalúo	Impuesto		
Area Adición	Area Reforma		
Resolución	Fecha		
Curador(a)	Radicado		

Figura 6 Alineamiento Casa de Justicia Comuna 7 Robledo cara posterior.

Fuente: Fotografía tomada por Jorge Luis Ballesta Causado

- Se revisa a través de la página web del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) la radiación solar disponible en la ciudad de Medellín como se muestra en la figura 7, mediante el Atlas Solar para adicionarlo a los datos obtenidos previamente, para empezar con la simulación y estudio del SSFV en la Casa de Justicia para este caso. Obteniendo para éste un resultado de radiación solar promedio entre 4.0 a 4.5 kWh/m<sup>2</sup> en un lapso de tiempo anual, adicionalmente mostrando que el mes de Julio es donde se alcanza un pico máximo de radiación solar disponible.

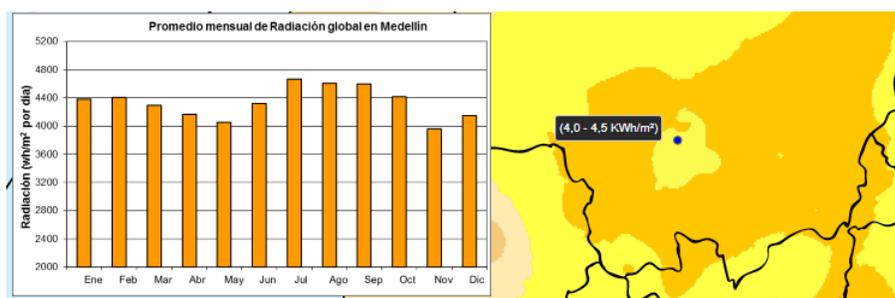


Figura 7 Mapa de radiación solar disponible en la ciudad de Medellín

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

## Análisis Energético

Para este ejemplo se utilizaron las dependencias de la Secretaría de Seguridad de Medellín obteniendo, mediante la ayuda de EPM, el consumo total por ítems de servicios de energía, acueducto, alcantarillado y gas de los meses de julio, agosto y septiembre del presente año mostradas en las figuras 8, 9 y 10 puesto que se factura el mes vencido de consumo,



Figura 8 Factura de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad agosto 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

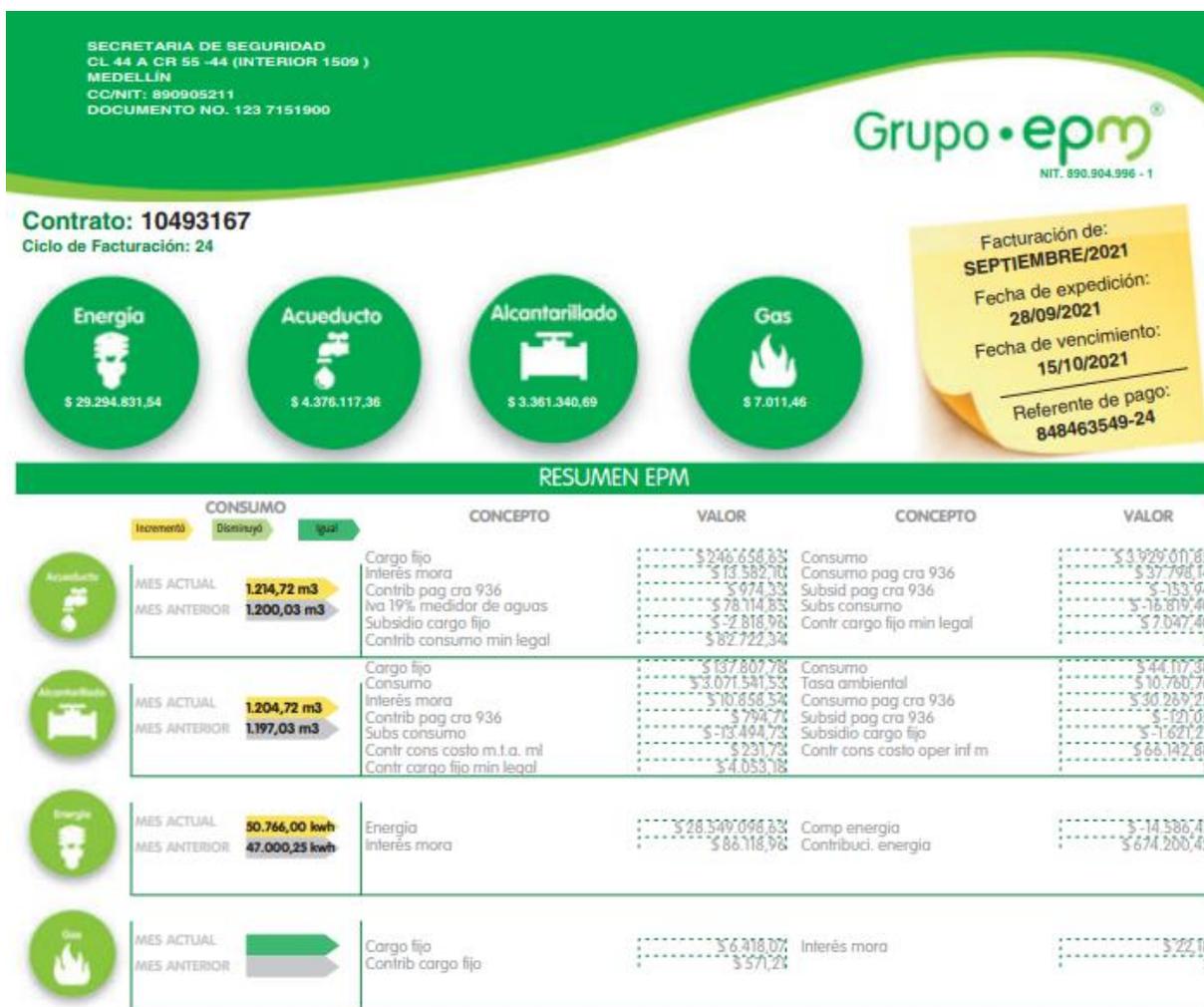


Figura 9 Factura de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad septiembre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad



Figura 10. Factura de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad octubre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

Los resultados indicados anteriormente son el resultado de la suma del consumo individual de cada una de las más de 50 dependencia existentes en la Secretaría de Seguridad de Medellín, explicando a detalle los consumos acumulados de forma mensual por cada ítem ya sea este de alcantarillado, acueducto, energía que es donde se enfoca el proyecto, y gas prestados por la empresa encargada EPM. En la primera fila detallando para cada uno de estas el gasto mensual, indicando en tres colores en comparación con la factura inmediatamente anterior si el consumo vio un aumento o disminución en el uso final, o bien por el contrario mantuvo una estabilidad.

Observando la factura se puede calcular el pago promedio de la Secretaría de Seguridad en un valor económico de 39.734.284 millones de pesos colombiano (COP), estipulado en el transcurso de estos 3 meses registrados, procedentes del consumo especificado en las figuras 8, 9 y 10 se derivan los gastos mensuales mostrados en las figuras 11, 12 y 13 donde el objetivo principal de este proyecto es reducir el concepto por valor energético generados en los 3 meses.

Servicios de Ingeniería Agua	Servicios de Ingeniería Energía	Servicios de Ingeniería Gas	Financiación Social	Duplicado de Factura	Movilidad Eléctrica	Uso de infraestructura	Otros Cobros EPM
\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
<b>Total EPM</b>			\$ 34.463.054,40	<b>Saldo a favor aplicado</b>		\$ 0,00	
Cuentas vencidas			\$ 0,00	<b>Diferidos COVID-19</b>		\$ 926,36	
Otras entidades			\$ 2.004.557,03	<b>Acuerdos de pago</b>		\$ 133.766,86	
Valores en reclamación			\$ 0,00	<b>Otros cobros EPM</b>		\$ 0,00	
Ajuste al peso			\$ 0,20	<b>Total a pagar</b>		\$ 37.041.490,00	
Ajustes a conceptos facturados			\$ 439.183,55	<b>Saldo a favor</b>		\$ 0,00	

 <p><b>Contrato: 10493167</b>  <b>Ciclo de Facturación: 24</b>  <b>Documento No: 123 2310229</b>  <b>CLIENTE: SECRETARIA DE SEGURIDAD</b>  <b>DIRECCIÓN: CL 44 A CR 55 -44 (INTERIOR 1509 )</b>  <b>CC/NIT: 890905211</b>  <b>MUNICIPIO: MEDELLÍN</b></p>	 <small>(415)7707173881008(8020)084328538053(3900)37041490(96)20210917</small>	 <p><b>Total a Pagar</b>  <b>\$ 37.041.490,00</b></p> <p><small>Grandes contribuyentes y Retenedor de IVA  Res. 9061 del 10/12/2020  Autorretenedor Renta Res. 547 del 25/01/2002  ICA Medellín Res. 32038 del 22/12/2017</small></p>
--	---	--

Pasada la fecha con recargo pagar a través del portal de EPM Recauda en línea, Sudameris, Cotrafa, Coofinep, Reval Pagar SOLO EN EFECTIVO O CON CHEQUE DE GERENCIA. Si el pago es realizado en cheque, éste debe ser girado a favor de Empresas Públicas de Medellín E.S.P.

*Figura 11* Costos de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad agosto 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

Servicios de Ingeniería Agua	Servicios de Ingeniería Energía	Servicios de Ingeniería Gas	Financiación Social	Duplicado de Factura	Movilidad Eléctrica	Uso de infraestructura	Otros Cobros EPM
\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
<b>Total EPM</b>			\$ 37.039.301,09	<b>Saldo a favor aplicado</b>			\$ 0,00
Cuentas vencidas			\$ 0,00	Diferidos COVID-19			\$ 926,38
Otras entidades			\$ 2.290.869,43	Acuerdos de pago			\$ 133.766,86
Valores en reclamación			\$ 0,00	Otros cobros EPM			\$ 859.628,32
Ajuste al peso			\$ 0,37	<b>Total a pagar</b>			\$ 40.918.039,00
Ajustes a conceptos facturados			\$ 593.547,35	Saldo a favor			\$ 0,00

**Grupo • epm**

**Contrato: 10493167**

**Ciclo de Facturación: 24**

**Documento No: 123 7151900**

CLIENTE: SECRETARIA DE SEGURIDAD  
DIRECCIÓN: CL 44 A CR 55 -44 (INTERIOR 1509 )  
CC/NIT: 890905211  
MUNICIPIO: MEDELLÍN



(415)7707173981008(8020)084846354924(3900)40918039(96)20211019

Pasada la fecha con recargo pagar a través del portal de EPM Recaudo en línea, Sudameris, Cotrafa, Coofinep, Reval PAGAR SOLO EN EFECTIVO O CON CHEQUE DE GERENCIA. Si el pago es realizado en cheque, éste debe ser girado a favor de Empresas Públicas de Medellín E.S.P






**Total a Pagar**

**\$ 40.918.039,00**

Grandes contribuyentes y Retenedor de IVA  
Res. 9061 del 10/12/2020  
Autorretenedor Renta Res. 547 del 25/01/2002  
ICA Medellín Res. 32038 del 22/12/2017

*Figura 12* Costos de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad septiembre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad



Figura 13 Costos de Servicios Públicos Secretaría de Seguridad septiembre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

Logrando con este proyecto reducir los costos de la factura en el concepto de costo energético, que a su vez es el más elevado en las facturas presentadas por la Secretaría de Seguridad de Medellín.

Detallando los gastos por concepto de energía del mes de julio allí consumidos en las figuras 14, 15 y 16



Figura 14. Consumo energético Secretaría de Seguridad agosto 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad



Figura 15. Consumo energético Secretaría de Seguridad septiembre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad



Figura 16 Consumo energético agosto Secretaría de Seguridad octubre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

Siendo las dependencias de la Casa de Justicia de la comuna 7, Casa de Justicia de la Comuna 13 sección 20 de Julio y Corvide las dependencias con mayor consumo energético mostrando en las figuras 17, 18 y 19 el consumo energético respectivo de cada una,

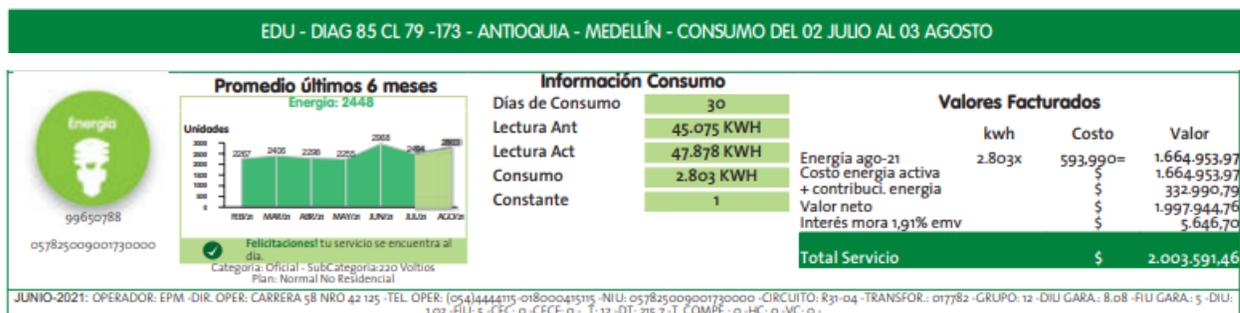


Figura 17. Consumo energético Casa de Justicia Robledo agosto 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

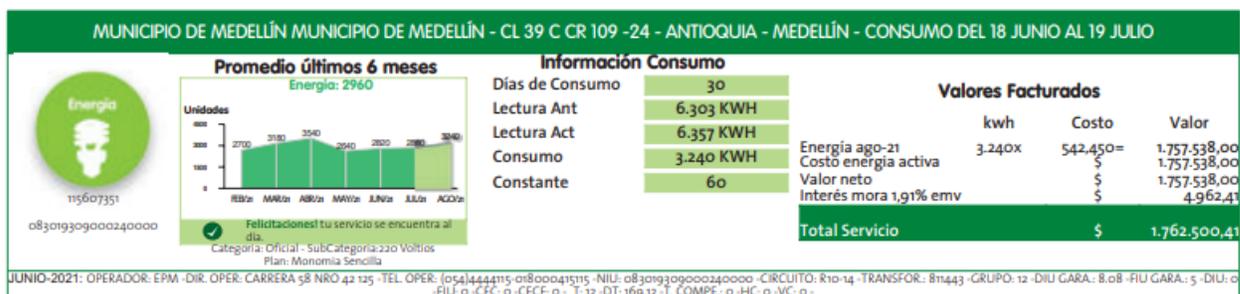


Figura 18. Consumo energético Casa de Justicia 20 de Julio julio 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

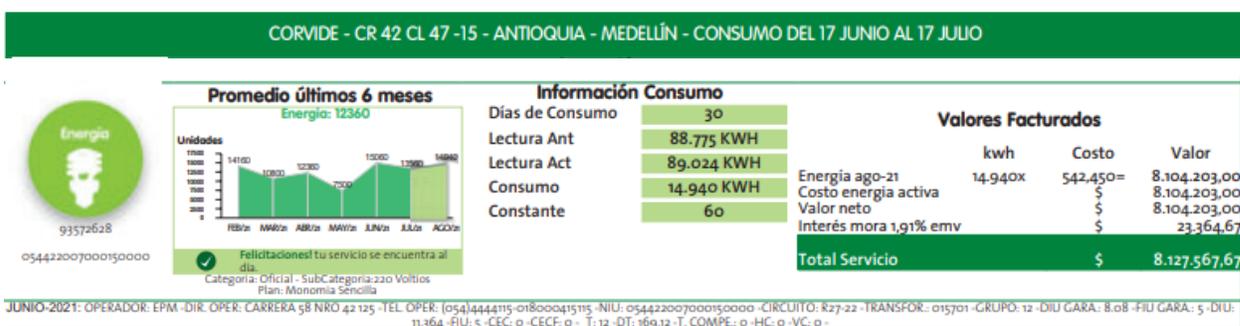


Figura 19. Consumo energético Corvide julio 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

Los consumos por concepto de energía del mes de septiembre del presente año en las figuras 20,21 y 22 detallan un consumo similar al mes anterior,

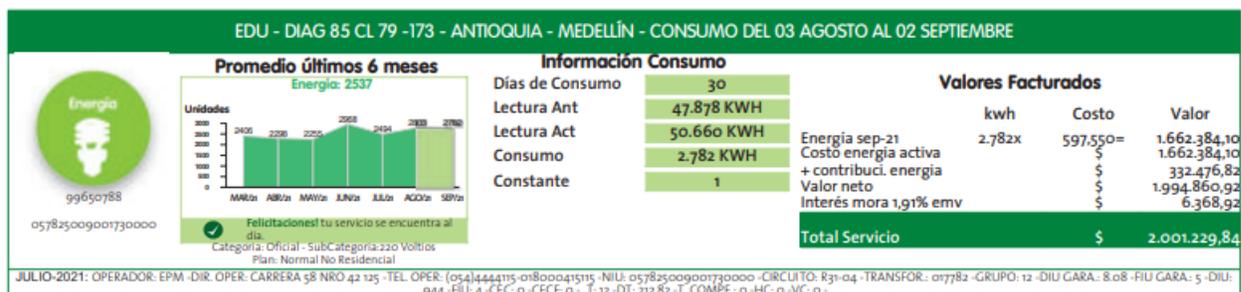


Figura 20. Consumo energético Casa de Justicia Robledo septiembre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

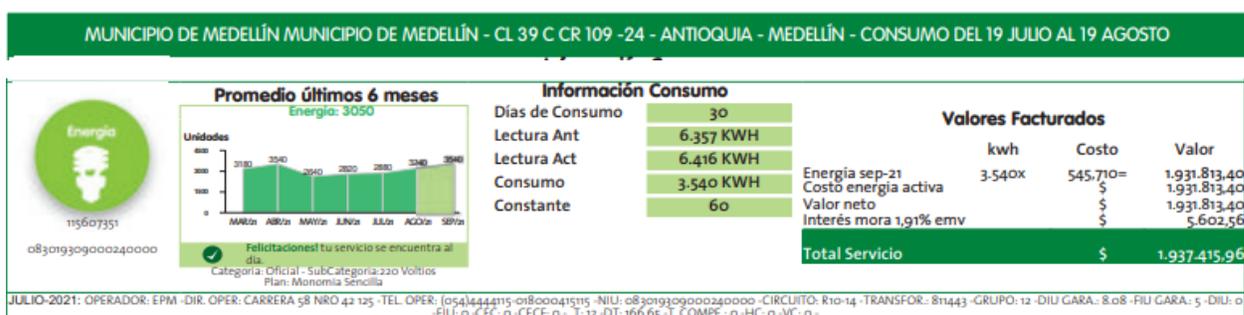


Figura 21. Consumo energético Casa de Justicia 20 de Julio agosto 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

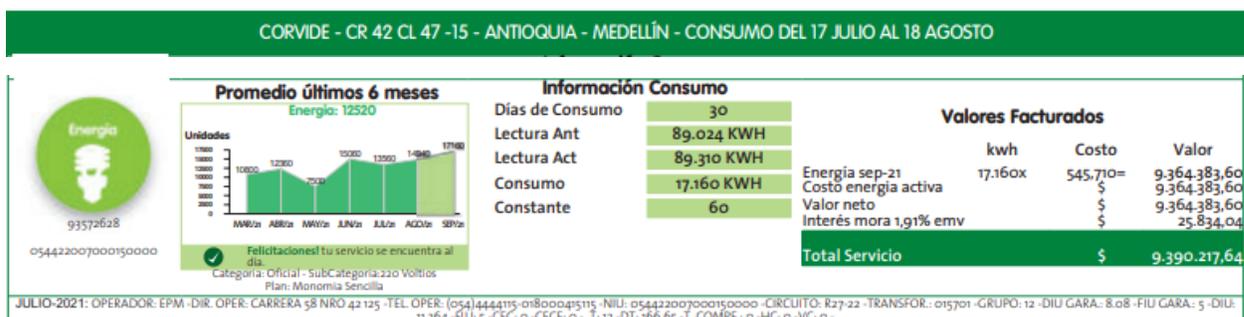


Figura 22. Consumo energético Corvide agosto 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

Por último, basándose en los consumos del mes de octubre en las figuras 23,24 y 25 se saca un promedio aproximado de consumo de energía, para realizar el cálculo respectivo del sistema solar fotovoltaico que garantice un sistema que supla los consumos por concepto de energía allí estipulados. Indicando que el proyecto se centrara en la Casa de Justicia ubicada en la Comuna 7 de la ciudad de Medellín, indicados en la factura de EPM con el nombre EDU ubicado en la dirección Diagonal 85 # 79 – 173. Observando que el consumo promedio en este punto es de 2 millones de pesos mensuales equivalentes a un promedio de gastos por concepto de energía de 2.800 kWh.

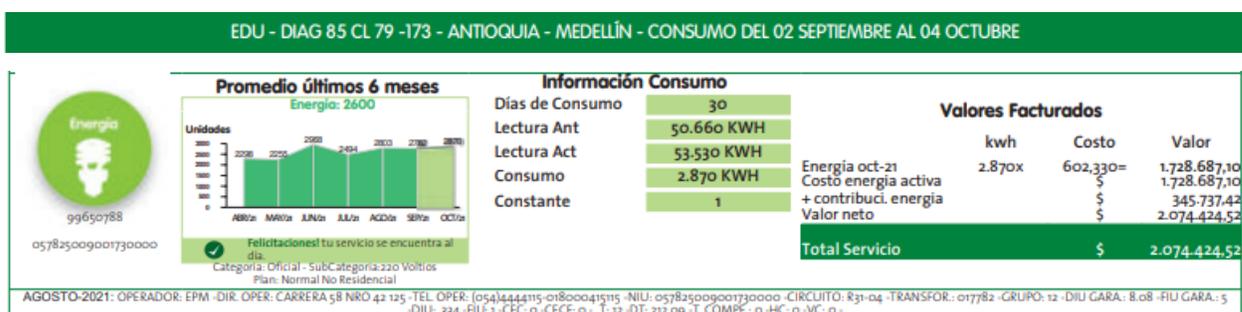


Figura 23. Consumo energético Casa de Justicia Robledo octubre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

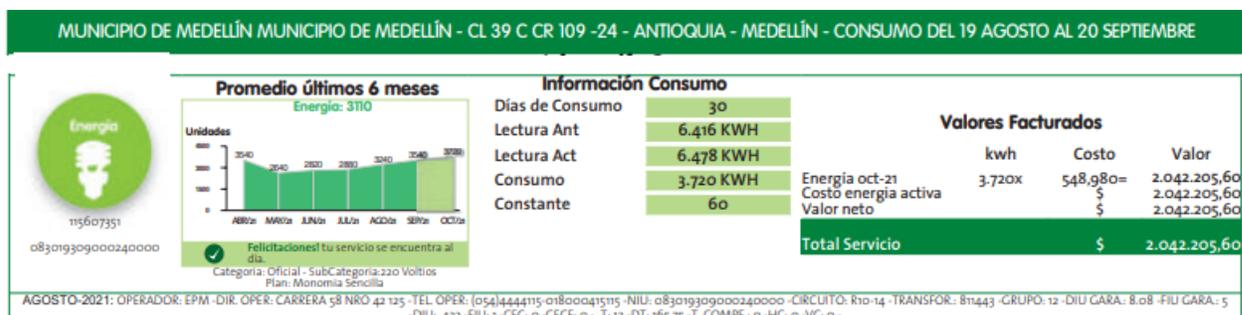


Figura 24 Consumo energético Casa de Justicia 20 de Julio septiembre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

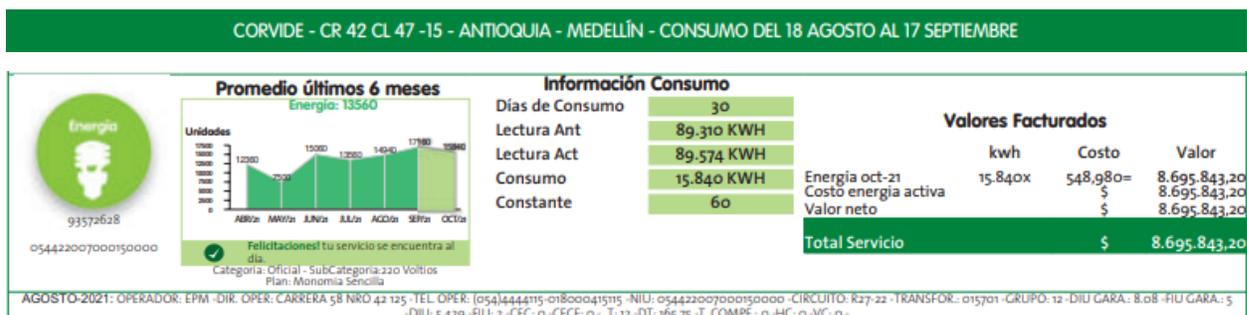


Figura 25. Consumo energético Corvide de Julio septiembre 2021

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

Por el contrario, las dependencias que menor consumo generan en la Secretaría de Seguridad son las Inspecciones cuyos valores de consumo energético no superan los 1000 kWh en ninguna de ellas, poniendo como ejemplo, la Inspección de Guayabal ubicada en la Carrera 52 Calle 9 sur 42 con un consumo para octubre de 559 kWh indicado en la figura 26, donde a su vez se logran observar los consumos promedio de los últimos seis meses en la parte izquierda de la imagen, y la inspección del Limonar ubicada en la Calle 56 A sur Carrera 63 B 4 con un consumo energético para el mes de octubre de 319 kWh como si indica en la figura 27.

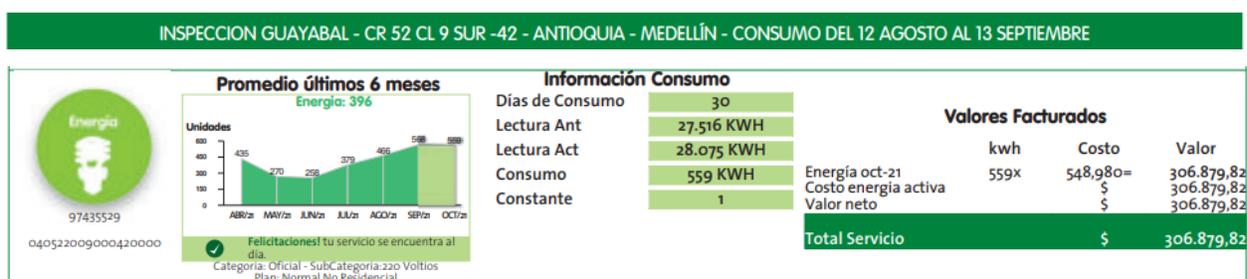


Figura 26 Consumo y costo energético octubre inspección de Guayabal

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

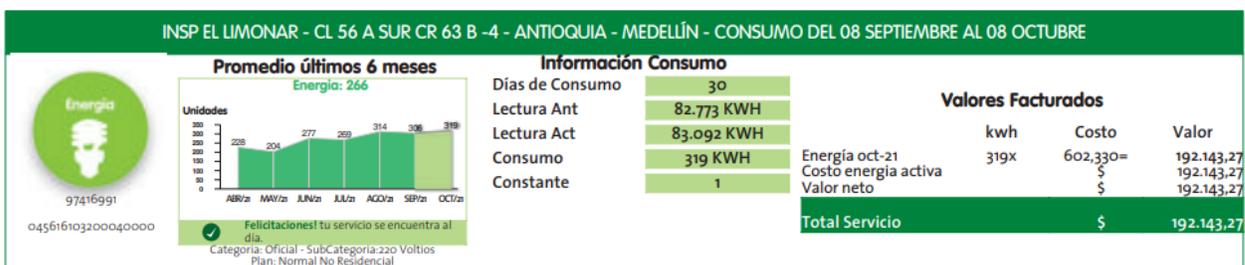


Figura 27 Consumo y costo energético octubre inspección de El Limonar

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

Realizando un resumen para contrastar los consumos y costos de la Secretaría de Seguridad, indicando en las figuras 28 y 29, los consumos presentados por estas cinco dependencias expuestas en este trabajo para analizar su diferencia.

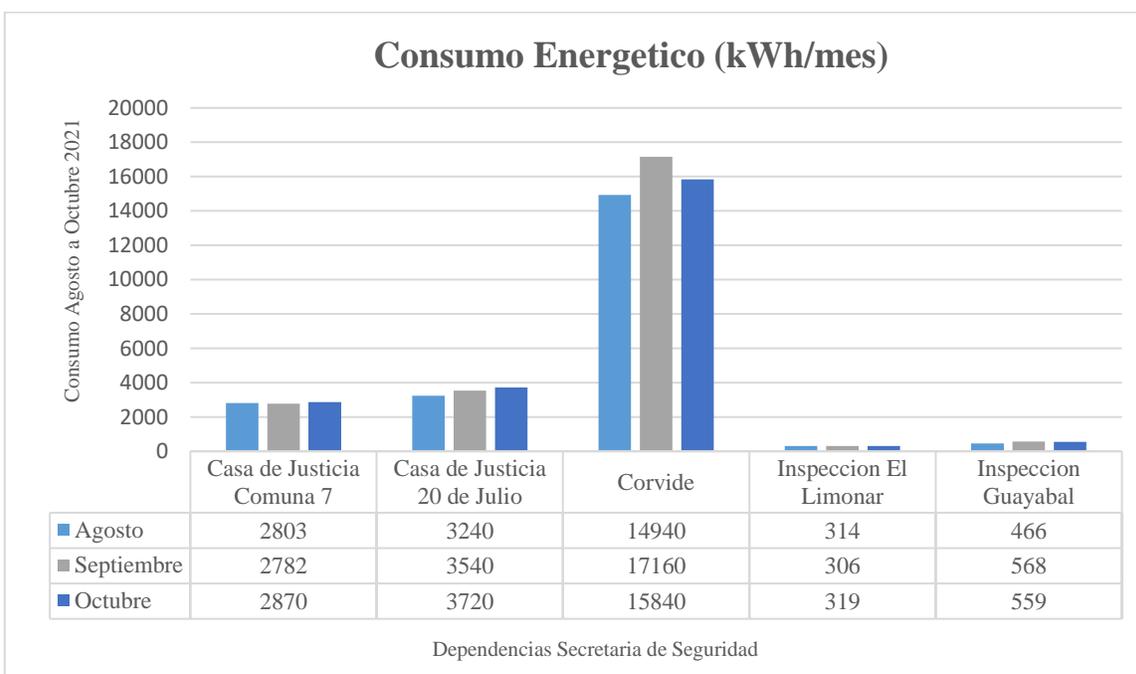
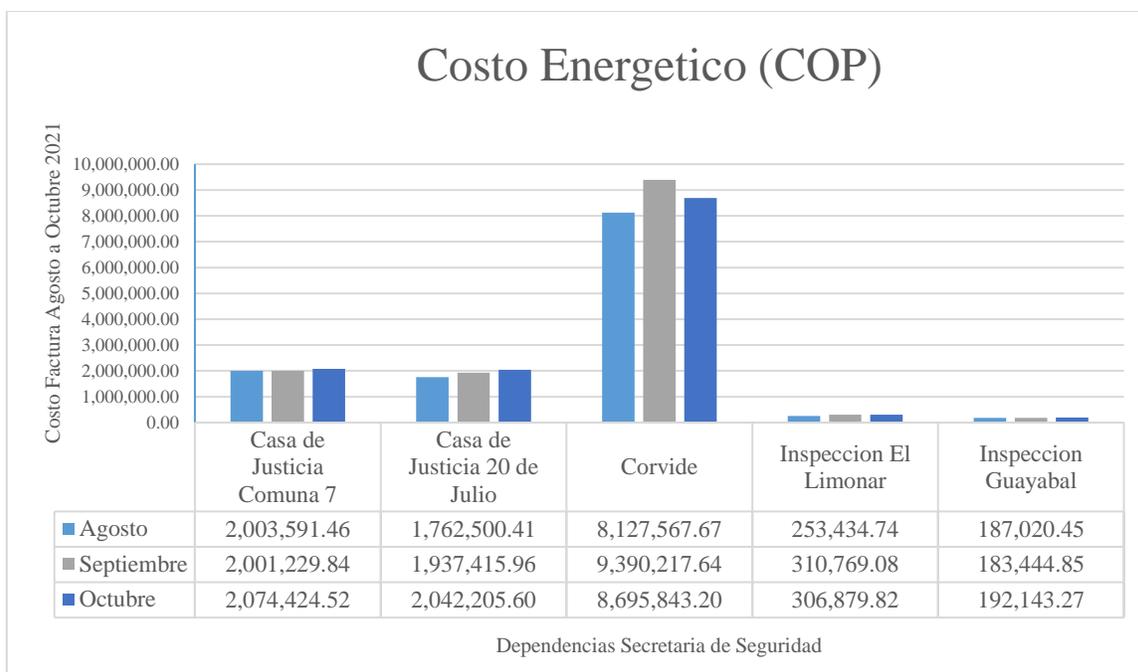


Figura 28 Consumo energético de algunas dependencias de la Secretaría de Seguridad

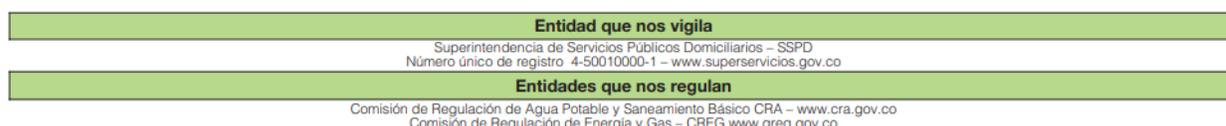
Fuente: Diseño por Jorge Luis Ballesta Causado



**Figura 29** Costo energético de algunas dependencias de la Secretaría de Seguridad

Fuente: Diseño por Jorge Luis Ballesta Causado

Evidenciando la diferencia existente tanto en consumo como en costo energético entre las dependencias internas de la Secretaría de Seguridad, siendo Corvide la que más consume por ende también tiene el costo más alto de energía entre los cinco casos ejemplos puesto en este trabajo y las inspecciones por el contrario son las que menos consumo y gasto comprenden, aclarando que el costo de la factura depende del estrato donde este instalada la dependencia puesto que el valor del kWh varía dependiendo de éste, siendo la Secretaría de Seguridad vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y regulada por la CRA para en los servicios de acueducto y saneamiento y por la CREG para los servicios eléctricos y de gas como se detalla en la figura 30.



**Figura 30** Entidades que regulan y vigilan la Secretaría de Seguridad

Fuente: extraído de EMA, asesora virtual de EPM <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/ema-la-nueva-asesora-virtual-de-epm>

Nota: Se descarga la factura con el número de contrato de la Secretaría de Seguridad

### **Pago de la factura**

Mediante el decreto 1189 de 2020 donde se liquidó el presupuesto general del Municipio de Medellín para la vigencia fiscal del año 2021 en donde a la Secretaría de Seguridad le fue otorgado un presupuesto de \$ 245.986.223.249 COP (Municipio de Medellín, 2020), entre los cuales se destaca el rubro para su funcionamiento el cual está estipulado en \$ 37.581.050.039 COP incluyendo en dicho ítem el pago para la prestación de los servicios públicos de las dependencias existentes en la ciudad de Medellín, puesto que para realizar dicha transacción de pago llegan los consumos de cada una de las dependencias unificados en un número de contrato.

### **Costo de construcción de la instalación y beneficios**

Al plantear este proyecto a la Secretaría de Seguridad se pueden obtener dos escenarios, siendo el primero de ellos que la Secretaría de Seguridad asuma el costo total del SSFV anexando este proyecto al presupuesto general que el Municipio de Medellín indica para el año fiscal siguiente al actual mediante un rubro de costos por instalación de los SSFV u otro escenario posible sería haciendo uso de empresas contratistas especializadas en energía solar las cuales se encarguen de realizar todo el proceso desde el estudio en campo hasta la instalación de los SSFV en las dependencias que por infraestructura sea viable para que sea usada, presentando varios pros y contras entre un escenario y otro como lo indica la tabla 4 donde se explican a detalle estas condiciones.

#### Tabla 4

*Pros y contras instalación del SSFV en la Secretaría de Seguridad*

Instalación por parte de la Secretaría de Seguridad		Instalación por terceros	
Pros	Contras	Pros	Contras
Una de las principales ventajas que tiene el proyecto al ser instalado por parte de la Secretaría de Seguridad es que se pueden establecer plazos fijos de instalación mediante estudios programados para los SSFV en las dependencias que sean aptas para este proyecto	Se asume un costo financiero alto que puede ver afectado el presupuesto indicado por parte del Municipio de Medellín, debido a que se debe reestructurar serían los gastos financieros primordiales para el año fiscal siguiente.	Se delegaría la responsabilidad de las dependencias adecuadas para la instalación de un personal terciario especializado en el ámbito de la generación mediante energía solar.	Se tendría que acomodar al tiempo indicado por parte del personal encargado entendiéndose que serían lapsos de tiempo posiblemente largos en donde se retrasaría de forma excesiva la entrega de los mismos.

Fuente: Diseñado por Jorge Luis Ballesta Causado

Llegando a la conclusión que un SSFV puede brindar beneficios a la Secretaría de Seguridad, puesto que como se logra validar en el Análisis Energético de este proyecto, el ítem por concepto de consumo eléctrico representa el valor más elevado de la factura de servicios públicos a nivel general, llegándose a ver reducido por la instalación de los módulos solares en sus respectivos tejados, en una observación detallada se ve reflejado que algunas dependencias son de un consumo energético mínimo brindando la opción de usar la infraestructura disponible en estas para ayudar al SDL mediante el OR aledaño al mismo con la cantidad de energía solar producida.

### Estado del área de instalación de los paneles solares

Para una correcta instalación de la estructura y los paneles solares correspondientes al SSFV en el tejado de cada edificación se tienen en cuenta las recomendaciones y protocolos internos puesto que cada panel instalado puede pesar aproximadamente 20 Kilogramos por ende si el techo se encuentra deteriorado por el paso natural del tiempo generando grietas puede ser perjudicial para la estructura (Erco Energia SAS, 2021), en el estudio de campo realizado se logra verificar que la estructura en el tejado de la Casa de Justicia es óptima puesto que cuenta con un tejado plano en tela asfáltica adicionalmente a una parte en teja de barro tradicional en buenas condiciones como se logra observar en las figuras 31, 32 y 33 teniendo está un área adecuada indicada en el lineamiento del predio detallado en la figura 5 contando con un área construida en el segundo nivel de 644.32 metros cuadrados para la instalación de los paneles solares correspondientes para la captación de radiación solar sin tener una obstrucción por edificios aledaños a esté o vegetación alta puesto que a su vez el área libre total de la construcción es de 2.544.56 metros cuadrados en el primer nivel.



*Figura 31.* Tejado en tela asfáltica Casa de Justicia comuna 7 Robledo

Fuente: Fotografía tomada por Jorge Luis Ballesta Causado



*Figura 32.* Tejado en teja de barro Casa de Justicia comuna 7 Robledo

Fuente: Fotografía tomada por Jorge Luis Ballesta Causado



*Figura 33.* Tejado en teja de barro Casa de Justicia comuna 7 Robledo

Fuente: Fotografía tomada por Jorge Luis Ballesta Causado

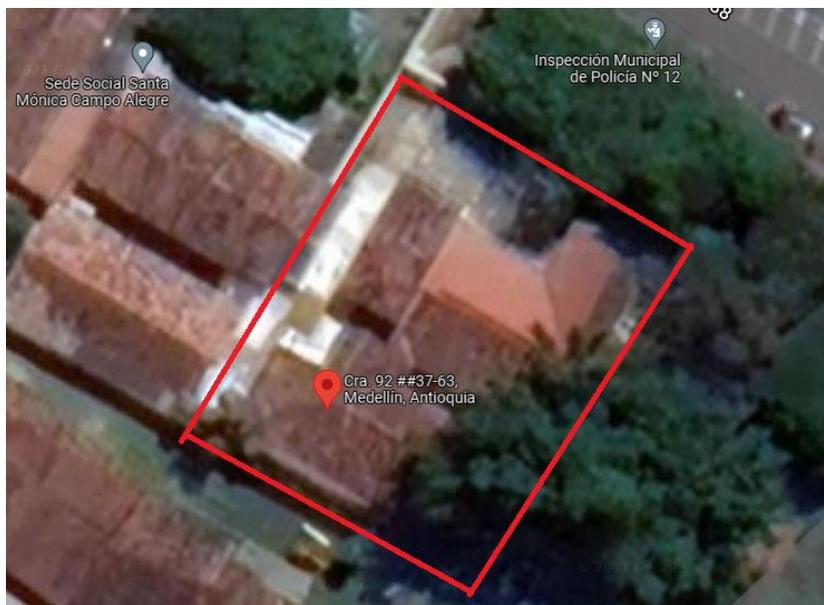
Presentando adicionalmente las áreas en la zona de los tejados de dos dependencias de la Secretaría de Seguridad, una de ellas con un consumo energético elevado, para ejemplificar el beneficio que aporta un SSFV, siendo estas la Casa de Justicia del 20 de Julio y la Comisaria de Santa Mónica ubicada en la Carrera 92 N° 37 -67, se logra analizar un aproximado del área comprendida, mediante la herramienta Medir de Google Maps, detallando un área aproximada para la Casa de justicia del 20 de Julio en 681,3376 m<sup>2</sup> y para la Comisaria de Santa Mónica en 346,6894m<sup>2</sup>.

Particularizando los tejados de cada dependencia con materiales óptimos, siendo estos de concreto y teja de barro tradicional como se logra observar en las figuras 34 y 35 de la Casa de Justicia del 20 de julio y de la Comisaria de Santa Mónica respectivamente,



*Figura 34* Casa de Justicia 20 de Julio

Fuente: Extraída de Google Maps.



*Figura 35* Comisaria de Santa Mónica

Fuente: Extraída de Google Maps

Presentando varios puntos positivos y negativos en cada instalación detallados en la tabla a continuación,

Tabla 5

*Características dependencias Secretaría de Seguridad*

---

**Casa de Justicia Robledo Comuna 7**

---

- Poca obstrucción en el área de instalación del SSFV puesto que no se presentan edificaciones cercanas o vegetación alta alrededor del tejado.
- Espacio disponible óptimo para implementar un SSFV que garantice que esté supla los consumos presentados por la edificación.
- Tejado con materiales óptimos y en buen estado para su instalación como se logra validar en las figuras 31 a la 33.

---

**Casa de Justicia 20 de Julio**

---

- Poca obstrucción en el área de instalación del SSFV puesto que no se presentan edificaciones cercanas o vegetación alta alrededor del tejado como se observa en la figura 34.
- Tejado con materiales óptimos y en buen estado para su instalación.
- Espacio óptimo para la instalación de un SSFV que supla las necesidades de consumo energético presentadas en las facturas de EPM.

---

**Comisaria de Santa Mónica**

---

- Poca obstrucción en el área de instalación del SSFV puesto que no se presentan edificaciones cercanas al tejado como se observa en la figura 35.
- Material en teja de barro en buen estado para la instalación de un SSFV que supla los consumos por concepto de energía visualizados mediante la factura de servicios públicos.

## **Cumplimiento Norma RETIE**

Una vez especificado el tipo de tejado en la edificación, se procede mediante el software especializado a verificar la cantidad de paneles solares necesarios, detallado en el subcapítulo 6.3.1. de este proyecto. Procediendo a recolectar la documentación para dar cumplimiento de la norma NTC 2050 en su sección 690 que data todas las características que el SSFV experimental instaurado en la Casa de Justicia cumple, adicional a los siguientes ítems siendo estos:

- Planos de conexión,
- Diagrama unifilar,
- Memorias de cálculo del proyecto,
- Documentos del personal encargado de la instalación puesto que esté también debe declarar el cumplimiento del RETIE

## **Solicitud de conexión al Operador de Red**

Solicitar la Operador de Red (OR) en este caso las Empresas Públicas de Medellín (EPM) mediante la documentación que se puede encontrar en su página web la conexión del SSFV al SDL indicando la información de los datos del instalador, el tipo de servicio que se quiere interconectar a la red en este caso el SSFV y validando mediante la plataforma electrónica del OR la disponibilidad del circuito más cercano del SDL a la edificación.

Mediante los siguientes datos relacionados a este proyecto de la siguiente manera, teniendo en cuenta que la consulta de disponibilidad se debe hacer para todos los AGPE cuya capacidad sea inferior a 0,1 MW como lo es este caso:

- Ingreso a la página de EPM dirigiéndose a la opción de transacciones como muestra la figura 36,

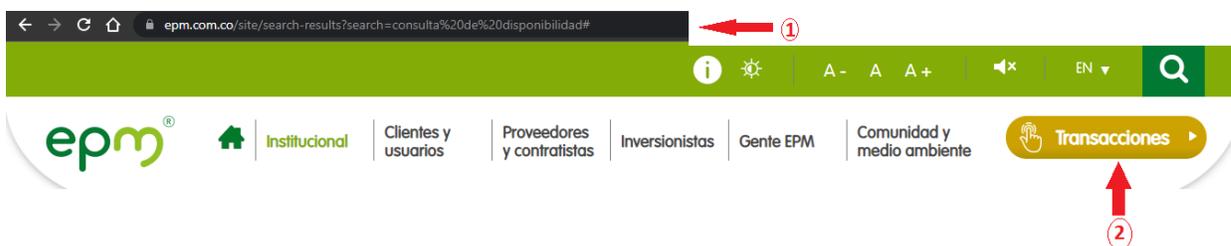


Figura 36. Ingreso a la página de EPM opción transacciones

Fuente: Extraído de EPM sitio oficial <https://www.epm.com.co/site/>

- una vez ingresado al link de transacciones de despliega la ventana mostrada en la figura 37, donde se debe seleccionar la opción Conexión Autogeneradores a Pequeña Escala y Generadores Distribuidos.

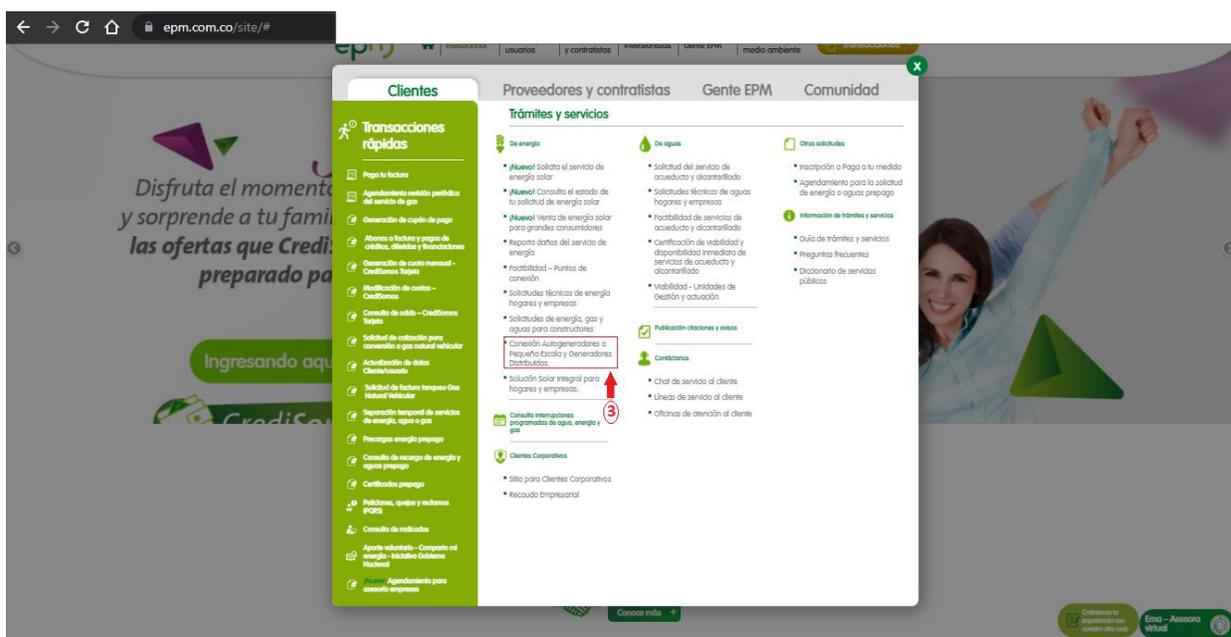


Figura 37. Solicitud de conexión para AGPE en EPM

Fuente: Extraído de sitio oficial de EPM opción transacciones <https://www.epm.com.co/site/#>

- Desplegando en la ventana siguiente las indicaciones y explicaciones de los que es un AGPE y los requisitos necesarios para solicitar la conexión del mismo al SDL manejado por EPM, dirigiéndose a la opción consulta de disponibilidad se procede a analizar el punto de conexión más próximo para el SSFV mostrado en las figuras 38 y 39 respectivamente,

cu.epm.com.co/clientesyusuarios/autogeneradores

## Conexión de Autogeneradores y Generadores Distribuidos

Inicio • Autogeneradores

Accede a la guía de uso para la solarización solar | Iniciar y servicios

La Resolución CREG 030 de 2018 entró en vigencia a partir del 1 de marzo de 2018, la cual regula las actividades de la autogeneración a pequeña escala (AGPE) y generación distribuida (GD) en el sistema interconectado nacional. Esta resolución define los criterios que permiten la conexión de los AGPE, GD y autogeneración a gran escala con capacidad instalada hasta 5MW al operador de red (OR) de manera ágil y sencilla.

Gracias a esta resolución los usuarios AGPE además de producir su propia energía y reducir su consumo de las redes, podrán vender la energía que le sobre (excedentes) al sistema interconectado nacional, por medio del comercializador de energía que hoy atiende su consumo, o en su defecto por medio del comercializador integrado al OR.

El resultado de la venta, reducirá el valor a pagar en la factura del servicio de energía, y si el valor de la venta es mayor que el valor de factura recibirá mensualmente la diferencia en la cuenta bancaria inscrita.

Tipos de generadores de energía solar | ¿Qué necesito para solicitar el servicio? | Requisitos para adquirir el servicio | ¿Dónde lo solicito?

Figura 38 Conexión de Autogeneradores y Generadores Distribuidos en EPM

Fuente: Extraído de <https://cu.epm.com.co/clientesyusuarios/autogeneradores>

cu.epm.com.co/clientesyusuarios/autogeneradores

### ¿Qué son los AG y GD?

AG: persona natural o jurídica que produce energía principalmente para atender sus propias necesidades, y su potencia instalada es mayor a 1 MW (generalmente grandes comercios e industrias). Los autogeneradores de gran escala a los cuales les aplica la resolución CREG 030 son aquellos que tienen potencias de generación entre 1 MW y 5 MW.

GD: Persona jurídica que produce energía cerca de los centros de consumo, que se encuentra conectado al sistema de distribución local (SDL) y tiene una potencia instalada menor o igual a 0,1 MW.

### ¿Cómo me conecto?

- Diligenciar el formato Solicitud de "Conexión de Autogeneradores a pequeña escala AGPE, Autogeneradores con potencia ≤ 5 MW y Generadores Distribuidos GD. [Haz clic aquí para ingresar.](#)
- El formulario le guiará para la consulta de disponibilidad de conexión a la red y le permitirá adjuntar los documentos requeridos.
- Verifica la disponibilidad de la red, si tienes una potencia de Generación ≤ 100 kW y anexa el resultado de tu consulta.
- Anexa el "Estudio de Conexión Simplificado" si tienes una potencia de Generación > 100 kW o si la disponibilidad de la red arroja un resultado en color rojo.
- Continúa las indicaciones de la respuesta a tu "Facibilidad", donde se especifican las condiciones y requisitos que debes seguir para lograr tu conexión.
- Si eres AGPE con entrega de excedentes a la red o Generador Distribuido, debes inscribirte como Proveedor en EPM para el pago de los excedentes o de la energía generada, según el caso. Haz clic aquí para consultar los requisitos.
- En el momento de conectar su autogeneración debe inscribirse en Factura WEB, [Haz clic aquí para ingresar.](#)

Consulta de disponibilidad | Solicitud | Estado de la solicitud

Figura 39 Consulta de Disponibilidad

Fuente: Extraído de <https://cu.epm.com.co/clientesyusuarios/autogeneradores>

- Posteriormente EPM brinda la facilidad mediante un mapa virtual del modelo gráfico de la red, donde se puede validar la disponibilidad existente en el transformador más cercano al SSFV en este caso ejemplo ubicado en la Casa de Justicia de la Comuna 7 Robledo para la conexión del mismo como se indica en la figura 40, indicando la ubicación aproximada del punto mediante la dirección exacta del predio o de otra manera validando el número del transformador al cual está asociada la conexión del predio visualizando este en la parte inferior de la factura de servicios públicos en este caso siendo el nodo de transformador 17782 como se logra validar en la figura 23 adicionalmente a las figuras 41 y 42 respectivamente;

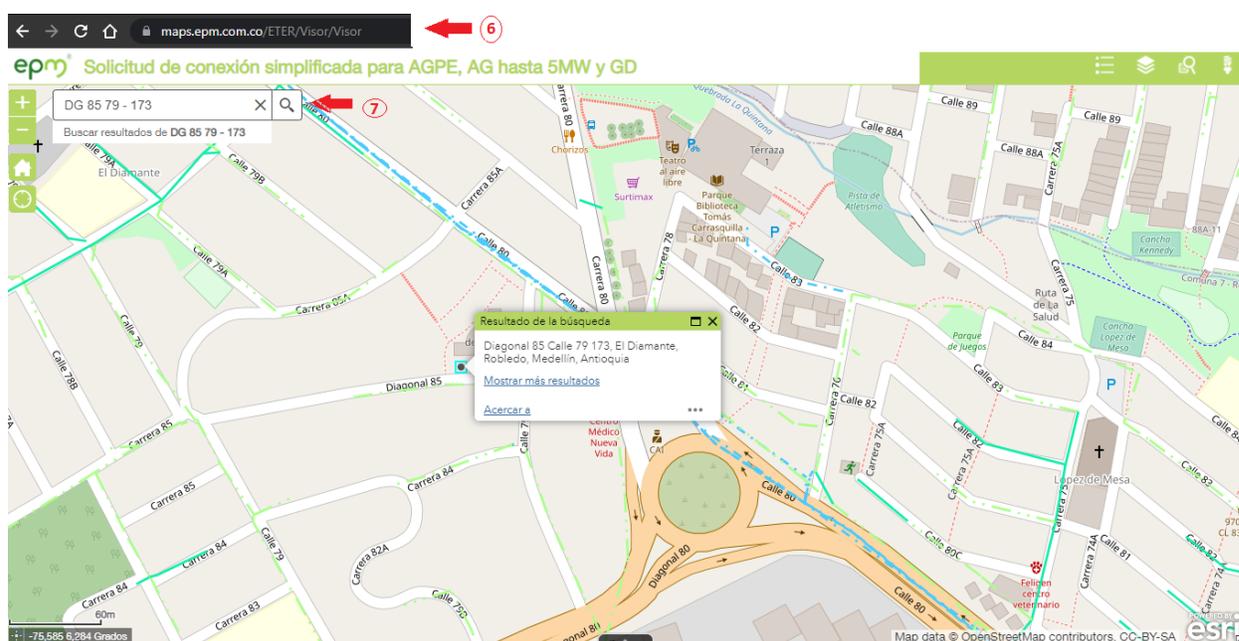
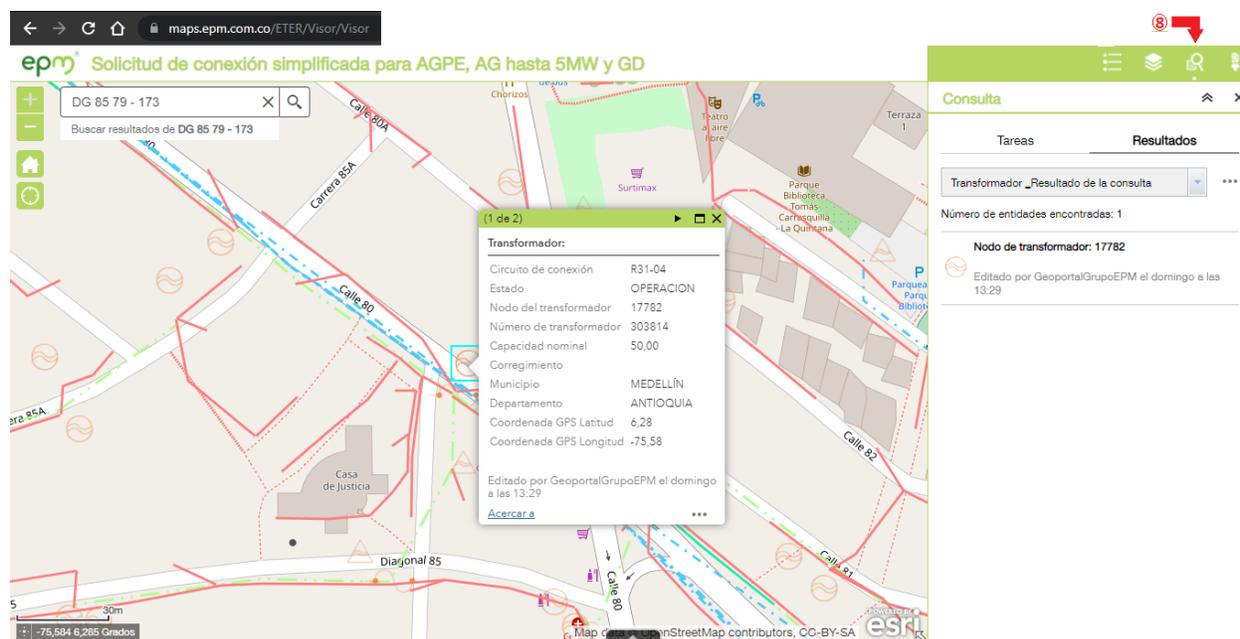


Figura 40 Ubicación del predio mediante la dirección exacta

Fuente: Extraído del mapa para Solicitud de conexión simplificada para AGPE de EPM

<https://maps.epm.com.co/ETER/Visor/Visor>



*Figura 41* Búsqueda de Transformador asociado al circuito

Fuente: Extraído del mapa para Solicitud de conexión simplificada para AGPE de EPM

<https://maps.epm.com.co/ETER/Visor/Visor>

Logrando observar en la figura anterior la información detallada acerca del transformador asociado al circuito del SDL encargado para el punto de estudio, para posteriormente validar la disponibilidad en la red ingresando la siguiente información:

- Número de circuito,
- Número de identificación,
- Capacidad de generación del SSFV que se considera que para este proyecto se estipula mediante PVsyst
- En caso de que sea el caso se debe indicar los excedentes que entregara el sistema.

Entregando la información detallada en el punto de conexión como se logra detallar en la figura 40, procediendo a generar el informe en PDF el cual se debe entregar al OR en este caso ejemplo EPM.

The screenshot displays the 'Información de disponibilidad para conexión' (Connection Availability Information) window. It contains the following data:

Información de punto de conexión	
Longitud:	-75.584536866
Latitud:	6.284784615
Tensión Nominal de la Subestación [kV]:	13.2
Tensión del punto de conexión:	240/120
Capacidad nominal del transformador [KVA]:	50
Tensión nominal de baja [kV]:	7.621

**Rangos de disponibilidad**

Disponibilidad para conexión por energía	Disponibilidad para conexión por potencia
<input type="radio"/> Igual o inferior al 30%	<input type="radio"/> Igual o inferior al 9%
<input type="radio"/> Entre el 30% y el 40%	<input type="radio"/> Entre el 9% y el 12 %
<input type="radio"/> Entre el 40% y el 50%	<input type="radio"/> Entre el 12% y el 15%
<input type="radio"/> Mayor del 50%	<input type="radio"/> Mayor del 15%

**Disponibilidad**

Disponibilidad según energía	Disponibilidad según potencia
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Buttons: Generar PDF, Cancelar

**Disponibilidad de la Red**

Circuito asociado a la factura (Transfer): 17782

Número de identificación: 17782

Capacidad: Potencia instalada de generación: 25 kW

Energía: Entrega excedentes a la red?  Si  No. Su generación posee almacenamiento?  Si  No

Simular

*Figura 42* Informe sobre disponibilidad de conexión del SSFV al SDL

Fuente: Extraído del mapa para Solicitud de conexión simplificada para AGPE de EPM

<https://maps.epm.com.co/ETER/Visor/Visor>

Una vez terminada la consulta de disponibilidad para el SSFV se llena el formulario para solicitar la respectiva conexión al SDL bajo los parámetros establecidos por EPM diligenciando toda la información pertinente como se detalla en las siguientes figuras 43 a la 48 donde se anexa la información por parte de EPM detallándola respectivamente de la siguiente manera donde en el índice de descripción se explica cuál es la información que debe diligenciarse, obteniendo una respuesta en un lapso no mayor a 10 días por parte del OR en este caso específico EPM para las visitas en terreno aclarando que se debe tener toda la documentación que dé cumplimiento a la norma RETIE. (Achury & Valencia, 2019)

- Información del cliente nuevo o usuario potencial;

Campo	Descripción
Cliente nuevo:	Si eres un cliente que actualmente tiene activo el servicio de energía con EPM, debes marcar la casilla <b>NO</b> . Si eres un Cliente de Otro Comercializador, debes seleccionar <b>NO</b> y en ambos casos, incluir el número del NIU que se encuentra en tu factura. Si eres un Cliente que además de la Autogeneración o generación distribuida quieres solicitar el servicio de energía (conexión a la red), debes seleccionar la casilla <b>SI</b> y se habilitará el paso 2, donde podrás solicitar la "Factibilidad el Servicio de Energía". De esta forma, si eres Cliente nuevo, puedes hacer las dos solicitudes en el mismo formato.
Tipo de identificación:	Debes escoger entre tres opciones Cédula de ciudadanía, cédula de extranjería y NIT.
No de identificación:	Debes digitar el número del documento de identificación.
Nombre del cliente:	Debes digitar los nombres del cliente.
Apellido del cliente:	Debes digitar los apellidos del cliente.
Dirección del cliente:	Debes digitar la dirección de tu instalación.
Departamento	Debes digitar el departamento donde se ubica tu instalación.
Municipio:	Debes digitar la ciudad donde se ubica tu instalación.
Teléfono/Celular:	Debes digitar el número de teléfono o de celular del cliente.
Email:	Debes digitar la dirección del correo electrónico del cliente.
Tipo de cliente:	Debes seleccionar una de las siguientes opciones: residencial comercial, industrial, oficial u otro.
Estrato:	Este campo se habilita en caso de haber marcado "Residencial" en el tipo de cliente. Debes marcar el número del estrato socioeconómico de la instalación existente.
El cliente es el mismo solicitante	En esta casilla debes indicar, si quién está diligenciando el formulario es el cliente o es una persona designada para tal fin.

*Figura 43.* Información cliente nuevo o usuario potencial

Fuente: Extraído del Instructivo para diligenciar el formato de solicitud de conexión simplificada para conexión de autogeneradores a pequeña escala y generadores distribuidos, AGPE o GD [https://cu.epm.com.co/Portals/clientes\\_y\\_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf](https://cu.epm.com.co/Portals/clientes_y_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf)

- Información del Solicitante,

Campo	Descripción
Tipo de identificación:	Debes escoger entre tres opciones Cédula de ciudadanía, cédula de extranjería y NIT.
No de identificación:	Debes digitar el número del documento de identificación.
Nombre o Razón Social:	Debes digitar los nombres y apellidos del solicitante o la razón social.
Dirección de correspondencia:	Debes diligenciar la dirección de recepción de correspondencia del solicitante.
Departamento:	Debes diligenciar el departamento del solicitante.
Municipio:	Debes diligenciar la ciudad del solicitante.
Teléfono/Celular:	Debes diligenciar el número de teléfono o de celular del solicitante.
Email:	Debes diligenciar la dirección del correo electrónico del solicitante.

*Figura 44* Información del Solicitante

Fuente: Extraído del Instructivo para diligenciar el formato de solicitud de conexión simplificada para conexión de autogeneradores a pequeña escala y generadores distribuidos, AGPE o GD [https://cu.epm.com.co/Portals/clientes\\_y\\_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf](https://cu.epm.com.co/Portals/clientes_y_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf)

- Información de la ubicación para el punto de autogeneración;

Campo	Descripción
Dirección de ubicación del proyecto:	Debes diligenciar la dirección del proyecto a realizar.
Departamento:	Debes diligenciar el departamento de la ubicación del proyecto.
Municipio:	Debes diligenciar el municipio del proyecto a realizar.
Urbano/Rural:	Se despliegan las dos opciones, si escoges la opción rural se activan las siguientes opciones
Corregimiento:	Debes diligenciar el corregimiento del proyecto a realizar.
Vereda/Barrio:	Debes diligenciar la vereda o barrio del proyecto a realizar.

*Figura 45* Información de la nueva instalación para la Factibilidad de Conexión

Fuente: Extraído del Instructivo para diligenciar el formato de solicitud de conexión simplificada para conexión de autogeneradores a pequeña escala y generadores distribuidos, AGPE o GD [https://cu.epm.com.co/Portals/clientes\\_y\\_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf](https://cu.epm.com.co/Portals/clientes_y_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf)

- Tipo de Servicio para estudio de conexión

Campo	Descripción
Tipo	Debes seleccionar si el tipo de solicitud es como Autogenerador (Consumes energía de tu generación y los excedentes los puedes entregar al sistema interconectado) o con Generador Distribuido (toda la energía generada de tu sistema se la entregas al sistema interconectado).
Si es autogenerador, entrega excedentes a la red:	En caso de marcar la opción, Autogenerador, debe especificar si entregará excedentes a la red, marcando la opción SI.
Fecha estimada de conexión del proyecto de autogeneración	Diligenciar la fecha estimada de conexión del proyecto de autogeneración en formato dd/mm/aaaa. Recuerda que la factibilidad tiene una vigencia de seis (6) meses y la fecha de conexión debe estar en este rango de tiempo. Procederemos a agendar la visita de pruebas del sistema de medida dos días antes de la fecha estimada de conexión.
Forma de entrega de excedentes autogenerador	En caso de marcar la opción Autogenerador y entrega de excedentes, debes especificar si la entrega de los excedentes se hará al Mercado Regulado de EPM, al Mercado No Regulado de EPM (actualmente no disponible) o a otro Agente.
Fecha prevista de entrada en operación comercial del GD	Si marcaste la opción Generador Distribuido, debes diligenciar la fecha prevista de entrada en operación comercial del GD en formato dd/mm/aaaa. Recuerda que la factibilidad tiene una vigencia de seis (6) meses y la fecha de conexión debe estar en este rango de tiempo. Procederemos a agendar la visita de pruebas del sistema de medida dos días antes de la fecha estimada de conexión.
Forma de entrega de la Generación Distribuida.	En caso de marcar la opción Generador Distribuido, debes especificar si la entrega de los excedentes se hará al Mercado Regulado de EPM, al Mercado No Regulado de EPM o a otro Agente.

*Figura 46* Información de Servicio

Fuente: Extraído del Instructivo para diligenciar el formato de solicitud de conexión simplificada para conexión de autogeneradores a pequeña escala y generadores distribuidos, AGPE o GD [https://cu.epm.com.co/Portals/clientes\\_y\\_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf](https://cu.epm.com.co/Portals/clientes_y_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf)

○ Tipo de Generación

Campo	Descripción
Tipo de tecnología utilizada:	Debes indicar el tipo de tecnología a utilizar, ya sea Solar, Biomasa, Geotérmica, Eólica, Hidráulica, Mareomotriz o indicar si utilizarás otro tipo indicando cuál. Debes tener en cuenta que, al indicar <b>otro tipo</b> , se considerará que es un tipo de tecnología sin FNCER
Se debe instalar un Transformador para la conexión de la autogeneración a la red interna	Son los transformadores que se utilizan para acondicionar el voltaje del sistema de generación al rango actual de la instalación. Debes marcar SI, en caso de requerir la instalación de un transformador para la conexión de la autogeneración a la red interna
Potencia nominal (kVA)	En caso de marcar SI en la necesidad de instalación de un transformador para la conexión de la autogeneración a la red interna, debes indicar la potencia nominal en kVA.
Impedancia de C.C. (%)	En caso de marcar SI en la necesidad de instalación de un transformador para la conexión de la autogeneración a la red interna, debes indicar la impedancia de Cortocircuito en Porcentaje.
Grupo de conexión	En caso de marcar SI en la necesidad de instalación de un transformador para la conexión de la autogeneración a la red interna, debes indicar el grupo de conexión.
Cuenta con almacenamiento de energía	Debes indicar si el proyecto contará con almacenamiento de energía mediante baterías, para lo cual debes marcar SI. En caso contrario, debes marcar NO.
Indique capacidad del almacenamiento (Ah):	En caso de contar con almacenamiento, debes indicar la capacidad de la batería en Ah.
Potencia instalada de generación (kW):	Debes indicar la potencia instalada de generación en kW. Recuerda que si eres Generador Distribuido no puedes superar los 100 kW y si eres Autogenerador no puedes superar los 5000 kW.
Tecnología basada en Inversores:	Debes indicar si usarás inversores en tu conexión marcando SI. En caso contrario deberá marcar NO.

*Figura 47.* Tipo de generación

Fuente: Extraído del Instructivo para diligenciar el formato de solicitud de conexión simplificada para conexión de autogeneradores a pequeña escala y generadores distribuidos, AGPE o GD [https://cu.epm.com.co/Portals/clientes\\_y\\_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf](https://cu.epm.com.co/Portals/clientes_y_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf)

Nota: Encontrando estos datos en el certificado del producto o su respectiva placa de operación.

- Proyección de energía generada y consumida

Campo	Descripción
Proyección de la energía generada por el sistema a entregar a la red del OR por mes (kWh-mes)	En este espacio el solicitante debe indicar de manera mensual la energía generada por el sistema a entregar a la red del Operador de Red en kWh/mes por un lapso de un año.
Proyección de la energía generada por el sistema para consumo interno por mes (kWh-mes)	En este espacio el solicitante debe indicar de manera mensual la energía generada para el consumo interno en kWh/mes por un lapso de un año.

*Figura 48* Proyección de energía en sitio estudio

Fuente: Extraído del Instructivo para diligenciar el formato de solicitud de conexión simplificada para conexión de autogeneradores a pequeña escala y generadores distribuidos, AGPE o GD [https://cu.epm.com.co/Portals/clientes\\_y\\_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf](https://cu.epm.com.co/Portals/clientes_y_usuarios/clientes-y-usuarios/autogeneradores/INSTRUCTIVO-PARA-FORMULARIO-EPM.pdf)

Por último y una vez cumplidos todos los requisitos para la instalación de un SSFV en la edificación a aplicar se procede a solicitar el aval para instaurar el SSFV mediante el personal encargado que cumpla a cabalidad con el perfil exigido por el OR y los entes encargados en el territorio nacional.

### **Análisis experimental del SSFV en el tejado de la Casa de Justicia**

Una vez obtenidos los planos arquitectónicos de la Casa de Justicia de la comuna 7 Robledo, mediante la respuesta de parte de la sección de Planeación y Desarrollo en la sede de la Gobernación de Antioquia, se puede estimar en el área construida del segundo nivel la capacidad aproximada que proporcionaría un SSFV instalado tanto en la teja asfáltica como en la sección de la teja de barro mediante el software PVsyst apoyándose simultáneamente de los resultados brindados por la página web PVGIS en el sitio a estudiar siguiendo la trazabilidad mostrada a continuación:

- Seleccionado el punto a estudiar se procede a verificar por la página web Google Maps la latitud y altitud del punto para ingresarlos a la base de datos del software PVsyst resultando la información mostrada en la figura 49, resaltando la altura en 1.616 metros a nivel del mar,

<b>Punto seleccionado</b>	
<b>Localidad</b>	Diamante
<b>País</b>	Colombia
<b>Latitud (°)</b>	6.28447728854778
<b>Longitud (°)</b>	-75.58477115729661
<b>Altitud (m)</b>	1616
<b>Zona horaria</b>	-5

*Figura 49.* Datos de ubicación Casa de Justicia Comuna 7 Robledo

Fuente: Extraído del software de diseño PVsyst

Adicional a esto se puede obtener el dato aproximado de irradiación global horizontal en el punto estudiado, que en este caso ejemplo tiene un promedio de 5.11 kWh/m<sup>2</sup>/día como se muestra en la figura 35, coincidiendo con el valor aproximado brindado por el mapa de irradiación solar en la ciudad de Medellín indicado en la figura 7,

<b>Irradiación horizontal global</b>	
kWh/m <sup>2</sup> /día	
Enero	5.31
Febrero	5.32
Marzo	5.65
Abril	4.76
Mayo	5.23
Junio	4.83
Julio	4.79
Agosto	5.52
Septiembre	5.63
Octubre	4.63
Noviembre	4.88
Diciembre	4.84
<b>5.11</b>	

*Figura 50* Irradiación Horizontal Global en la Casa de Justicia

Fuente: Extraído del software de diseño PVSystem

Cumplidos estos pasos iniciales y estableciendo en el PVSystem la ubicación del punto a estudiar, se procede a utilizar la herramienta PVGIS para realizar el análisis determinando la potencia fotovoltaica pico instalada aproximada en kWp, en este caso se indica una potencia de 25 kWp y unas pérdidas aproximadas del 20%, como se detalla en la figura 51, para verificar si con esta capacidad el SSFV logra cubrir los consumos por concepto de energía estipulados en la factura de servicios públicos de la Casa de Justicia entre los meses de noviembre de 2020 a octubre de 2021

The image shows the PVGIS web interface. On the left is a map of Casa de Justicia in Eg Ispra, Italy, with a red location pin and a 50m scale bar. The map shows 'Diagonal 85' and 'Centro Médico Nueva'. On the right is the configuration panel titled 'RENDIMIENTO DE UN SISTEMA FV CONECTADO A RED'. The panel includes the following settings:

- Base de datos de radiación solar: PVGIS-NSRDB
- Tecnología FV: Silicio cristalino
- Potencia FV pico instalada [kWp]: 25
- Pérdidas sistema [%]: 20
- Opciones de montaje fijo:
  - Posición de montaje: Posición libre
  - Optimizar inclinación
  - Optimizar inclinación y azimut
- Precio electricidad FV
- Coste sistema FV [su divisa]:
- Interés [%/año]:
- Vida útil [años]:

At the bottom of the panel are buttons for 'Visualizar resultados', 'csv', and 'json'.

*Figura 51* Rendimiento aproximado de un SSFV Casa de Justicia

Fuente: Extraído de PVGIS [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/#TMY](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#TMY)

Estipulando mediante los parámetros anteriores, los resultados aproximados de producción de energía fotovoltaica mensual que produciría el SSFV mensualmente en la Casa de Justicia como se muestra en la tabla 6,

Tabla 6

*Generación aproximada mensual del SSFV brindados por PVGIS*

<b>Producción de energía</b>	
<b>mensual del SSFV (kWh)</b>	<b>Mes</b>
2394.86	Enero
2402.22	Febrero
2648.67	Marzo
2667.66	Abril
2923.81	Mayo
3010.61	Junio
3241.72	Julio
3155.16	Agosto
2795.6	Septiembre
2525.69	Octubre
2216.56	Noviembre
2266.08	Diciembre

Fuente: Extraído de PVGIS

Detallando adicionalmente la información que brindaría el SSFV una vez instaurado en la Casa de Justicia en la figura 52, incluyendo el resultado en la información ingresada en el PVSyst.

Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	6.284, -75.585
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-NSRDB
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	25
Pérdidas sistema [%]:	20

Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	15
Ángulo de azimut [°]:	-179
Producción anual FV [kWh]:	32248.65
Irradiación anual [kWh/m <sup>2</sup> ]:	1812.17
Variación interanual [kWh]:	881.27
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-3.36
Efectos espectrales [%]:	NaN
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-7.92
Pérdidas totales [%]:	-28.82

*Figura 52* Resumen aproximado del rendimiento del SSFV

Fuente: Extraído de PVGIS

Una vez determinada la capacidad necesaria para cubrir los consumos por concepto de energía de la Casa de Justicia se procede a modelar un sistema viable mediante PVSyst que cubra dichos gastos mostrando la cantidad de área a utilizar en el tejado de la edificación, con una inclinación de 10° y un azimut de 180° (Sur) geográficamente como se logra observar en la figura 53,

Nombre y orientación del subconjunto		Ayuda de pre-dimensionamiento	
Nombre	SSFV Casa de Justicia	<input type="radio"/> Sin dimensionamiento	Ingrese potencia planeada <input checked="" type="radio"/> 25.0 kWp
Oriente	Plano inclinado fijo	<input checked="" type="checkbox"/> Redimens.	... o área disponible(módulos) <input type="radio"/> 161 m <sup>2</sup>
	Inclinación 10°		
	Azimut 180°		

*Figura 53* Pre-dimensionamiento del SSFV

Fuente: Extraído de PVSyst

Observando que la cantidad de área necesaria en el pre-dimensionamiento del tejado de la Casa de Justicia para generar 25 kWp equivale a un 25% del área total construida para el SSFV.

Proyectando un SSFV con módulos solares Yingli Solar de 310 Wp a 31V serie YL310p-35b e inversores marca Fronius de 2 características siendo de 15 y 10 kW respectivamente con características indicadas en la figura 54 y 55,

#### ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)						
Module type		YLxxxPD-35b (xxx=P <sub>max</sub> )				
Power output	P <sub>max</sub>	W	330	325	320	315
Power output tolerances	ΔP <sub>max</sub>	W	0 / + 5			
Module efficiency	η <sub>m</sub>	%	16.6	16.4	16.1	15.9
Voltage at P <sub>max</sub>	V <sub>mp</sub>	V	37.4	37.3	37.0	36.8
Current at P <sub>max</sub>	I <sub>mp</sub>	A	8.84	8.72	8.64	8.56
Open-circuit voltage	V <sub>oc</sub>	V	46.4	46.3	46.0	45.7
Short-circuit current	I <sub>sc</sub>	A	9.29	9.24	9.18	9.12

STC: 1000W/m<sup>2</sup> irradiance, 25°C module temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.  
Average relative efficiency reduction of 3.3% at 200W/m<sup>2</sup> according to EN 60904-1.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)						
Power output	P <sub>max</sub>	W	240.7	237.1	233.4	229.8
Voltage at P <sub>max</sub>	V <sub>mp</sub>	V	34.0	34.0	33.8	33.6
Current at P <sub>max</sub>	I <sub>mp</sub>	A	7.07	6.98	6.91	6.85
Open-circuit voltage	V <sub>oc</sub>	V	42.8	42.8	42.5	42.1
Short-circuit current	I <sub>sc</sub>	A	7.51	7.47	7.42	7.37

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m<sup>2</sup> irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

#### CONSTRUCTION MATERIALS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Cell (quantity / material / dimensions / number of busbars)	72 / multicrystalline silicon / 156.75mm x 156.75mm (+/-0.25) / 4 or 5
Frame (material)	anodized aluminum alloy
Junction box (protection degree)	IP67
Cable (length / cross-sectional area)	1100mm / 4mm <sup>2</sup>
Plug connector (type / protection degree)	MC4 / IP68 or PV-2H202 / IP68

Due to continuous innovation, research and product improvement, the specifications in this product information sheet are subject to change without prior notice. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed.

The data do not refer to a single module and they are not part of the offer; they only serve for comparison to different module types.

#### THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	46 +/- 2
Temperature coefficient of P <sub>max</sub>	γ	%/°C	-0.42
Temperature coefficient of V <sub>oc</sub>	β <sub>oc</sub>	%/°C	-0.32
Temperature coefficient of I <sub>sc</sub>	α <sub>sc</sub>	%/°C	0.05

#### GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L / W / H)	2000mm / 992mm / 40mm
Weight	26kg

#### PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	26
Number of pallets per 40' container	24
Packaging box dimensions (L / W / H)	2035mm / 1145mm / 1170mm
Box weight	720kg

#### OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V <sub>DC</sub>
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

Unit: mm

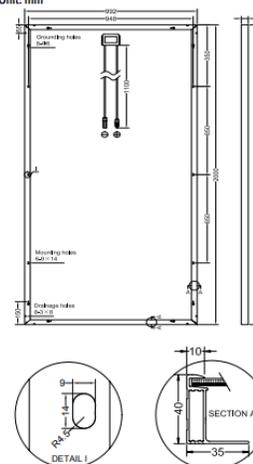


Figura 54 Características modulo solar marca Yingli Solar

Fuente: Extraído de Yingli Solar

[http://www.yinglisolar.com/static/assets/uploads/products/downloads/DS\\_YGE72CELL%20SERIES%20%20HSSF%20SMART-35b\\_40mm\\_EU\\_EN\\_20171030\\_V04.pdf](http://www.yinglisolar.com/static/assets/uploads/products/downloads/DS_YGE72CELL%20SERIES%20%20HSSF%20SMART-35b_40mm_EU_EN_20171030_V04.pdf)

## DATOS DE ENTRADA

Número de seguidores MPP	2
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ max}$ )	27,0 / 16,5 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	40,5 / 24,8 A
Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ min.} - U_{dc\ máx.}$ )	200 - 1000 V
Tensión CC mínima de puesta en marcha ( $U_{dc\ arranque}$ )	200 V
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc,r}$ )	600 V
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$ )	270 - 800 V
Rango de tensión de punto de rendimiento máximo utilizable	200 - 800 V
Número de entradas CC	3 + 3

## DATOS DE SALIDA

Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	10 kW
Máxima potencia de salida ( $P_{ac\ máx.}$ )	10 kVA
Corriente de salida CA ( $I_{ca\ nom}$ )	14,4 A
Acoplamiento a la red ( $U_{ca,r}$ )	3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V
Rango de tensión CA ( $U_{min.} - U_{máx.}$ )	150 - 280 V
Frecuencia ( $f_r$ )	50 / 60 Hz
Rango de frecuencia ( $f_{mín.} - f_{máx.}$ )	45 - 65 Hz
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %
Factor de potencia ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	0 - 1 ind./cap.



## DATOS GENERALES

Peso	34,8 kg
Dimensión / anchura	510 mm
Dimensión (altura)	725 mm
Dimensión (profundidad)	225 mm
Tipo de protección	IP 66
Clase de protección	1
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup>	2 / 3
Consumo nocturno	< 1 W
Concepto de inversor	Sin transformador
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada
Instalación	Instalación interior y exterior
Rango de temperatura ambiente	-40°C - +60°C
Humedad del aire admisible	0 - 100 %

## RENDIMIENTO

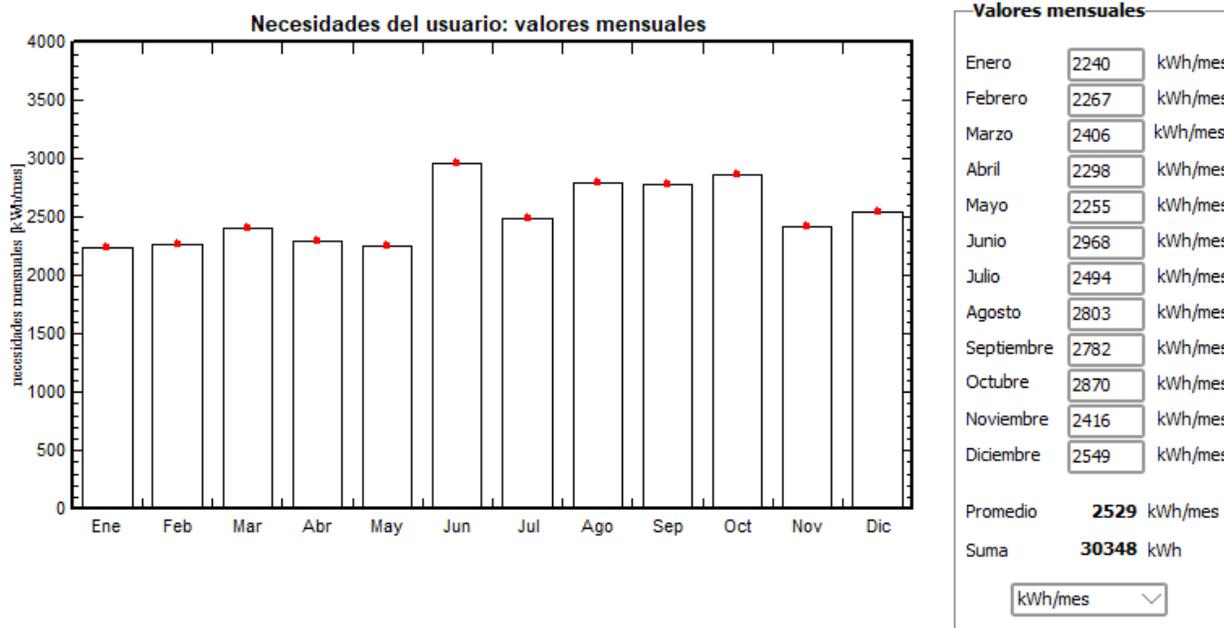
Máximo rendimiento (FV - red)	98 %
Rendimiento europeo (ηUE)	97,4 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>	87,9 / 92,5 / 89,2 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>	91,2 / 94,9 / 92,8 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>	94,6 / 97,1 / 96,1 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>	95,4 / 97,3 / 96,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>	95,6 / 97,5 / 96,9 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>	96,3 / 97,9 / 97,4 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>	96,5 / 98,0 / 97,6 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>	96,5 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %

Figura 55 Características inversor Fronius

Fuente: Extraído de <https://www.fronius.com/es/latin-america/energia-solar/instaladores-y-socios/datos-tecnicos/todos-los-productos/inversor/fronius-symo/fronius-symo-10-0-3-m>

Bajo los parámetros ingresados en el software PVSyst se logra obtener un SSFV óptimo que cumple a cabalidad con lo la generación necesaria para cubrir los costos por concepto de energía de la Casa de Justicia como se detalla en la figura 56,





*Figura 57* Consumo mensual Casa de Justicia enero 2020 – octubre 2021

Fuente: Extraído de software PVSyst

Se logra estimar un aproximado de consumo anual en 30348 kWh, donde el promedio en los doce meses calendario sería de 2529 kWh en la Casa de Justicia.

Logrando en este caso una configuración de manera exitosa, donde se observa la capacidad de generación del SSFV con respecto a la energía disponible y la energía consumida mensualmente por la Casa de Justicia logrando cubrir está. Adicionalmente de proporcionar la energía suficiente para tener una opción de establecer una negociación para cubrir los consumos por energía de las dependencias cuyo consumo es inferior, como se logra observar en la figura 58,

	<b>E_Avail</b> kWh	<b>E_User</b> kWh	<b>E_Grid</b> kWh	<b>SolFrac</b> proporción	<b>PR</b> proporción
<b>Enero</b>	6768	2240	5792	0.436	0.792
<b>Febrero</b>	6347	2267	5379	0.427	0.796
<b>Marzo</b>	7773	2406	6711	0.441	0.796
<b>Abril</b>	6594	2298	5569	0.446	0.806
<b>Mayo</b>	7627	2255	6624	0.444	0.800
<b>Junio</b>	6932	2968	5607	0.446	0.805
<b>Julio</b>	7050	2494	5946	0.443	0.807
<b>Agosto</b>	7935	2803	6687	0.445	0.799
<b>Septiembre</b>	7537	2782	6313	0.440	0.792
<b>Octubre</b>	6310	2870	5072	0.431	0.805
<b>Noviembre</b>	6174	2416	5157	0.421	0.804
<b>Diciembre</b>	6153	2549	5057	0.430	0.796
<b>Año</b>	83200	30349	69913	0.438	0.800

*Figura 58* Resultado final SSFV Casa de Justicia

Fuente: Extraído de PVSyst

Logrando observar el resumen detallado del SSFV experimental de la Casa de Justicia Comuna 7 Robledo en los anexos de este proyecto donde quedan indicados todos los parámetros recomendados para realizar una simulación para una edificación o espacio público.

## 7. Conclusiones

Actualmente la implementación de FNCER viene en aumento, teniendo en cuenta que es una forma de generación de energía asequible en puntos focalizados, contribuyendo a reducir principalmente la variable de cobro de energía por parte del OR, que es el enfoque principal de este proyecto, es por esto que se vuelve necesario plasmar una metodología que permita hacer uso de los espacios públicos en la ciudad de Medellín para, contemplando en una posible negociación con el OR, brindarle los excedentes por energía generados por el SSFV instaurado. Uno de los caminos para hacerlo es mediante el uso del software especializado PVSyst, cuyas herramientas brindan una opción de modelación real en un espacio específico, validando ítems como irradiación solar u horizonte, puesto que este también resulta ser determinante en el estudio de un SSFV.

En esta tesis se brindó una metodología aplicable en edificaciones reales con alto consumo de energía, realizando un paso a paso para la recolección de datos en el caso, exponiendo un SSFV experimental para la Casa de Justicia de la Comuna 7 en Robledo que alcance el objetivo trazado y observando en el análisis del subcapítulo 6.3.1, que el valor en el rubro de cobro por consumo de energía vería una disminución significativa en el mismo, generado esté por el OR en el ciclo mensual de consumo.

Analizando, la finalidad que se puede brindar al excedente energético generado por el SSFV., puesto que para este ejemplo situado en la Casa de Justicia de Robledo se podría ampliar, teóricamente, el área a utilizar en el tejado para generar una cantidad mayor de energía, para que esté sea utilizado en el pago de la factura a nivel general, teniendo en cuenta que, si se detallan todas las dependencias asociadas algunas de estas no tienen la capacidad en su tejado para instaurar el sistema antes mencionado y analizando cuales de estas tienen consumos de energía inferiores a los generados.

El proyecto presentado en esta tesis que está enfocado en el recurso de energía de los espacios públicos de la ciudad de Medellín, también puede aplicarse en otras dependencias del Municipio. Para citar algunos ejemplos, el Sistema de Bibliotecas Públicas cuenta también con dependencias como la Biblioteca Público Barrial La Floresta o Parque Biblioteca Presbítero José Luis Arroyave en San Javier, entre otros, cuyas instalaciones son similares a las presentadas por la Secretaria de Seguridad, adicional que su método de pago para la factura de servicios públicos resulta similar, al ser ambas pertenecientes a la misma entidad, contribuyendo a reducir los cobros por consumo de energía y a mayor escala al Municipio de Medellín.

## 8. Bibliografía

- Achury, N., & Valencia, J. A. (2019). *Biblioteca Digital UdeA*. Obtenido de [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14348/1/AchuryNicolas\\_2019\\_EstandarizacionIngenieriaSolar.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14348/1/AchuryNicolas_2019_EstandarizacionIngenieriaSolar.pdf)
- Ajuntament Barcelona. (s.f.). *Agenda 2030*. Obtenido de <https://ajuntament.barcelona.cat/agenda2030/es/mesbarcelona>
- Ajuntament de Barcelona. (s.f.). *Barcelona.cat*. Obtenido de [https://www.barcelona.cat/emergenciaclimatica/sites/default/files/2020-07/Declaracion\\_emergencia\\_climatica\\_es\\_1.pdf](https://www.barcelona.cat/emergenciaclimatica/sites/default/files/2020-07/Declaracion_emergencia_climatica_es_1.pdf)
- Alusínsolar . (s.f.). *Alusínsolar Solar Structure*. Obtenido de <https://alusinsolar.com/principales-componentes-de-una-instalacion-fotovoltaica/>
- Bastidas, J. D., Melendez, J. I., Quiroga, O. A., & Cruz, O. M. (01 de Noviembre de 2017). Universidad Industrial de Santander. *SICEL*, 2.
- Blog TecnoSol. (28 de Noviembre de 2016). *Blog Tecnosol Energía Solar y Sistemas de Riego*. Obtenido de <https://tecnosolab.com/noticias/soporte-para-paneles-solares/>
- Bühl, G. (14 de Abril de 2020). *Ecoconstrucción*. Obtenido de <https://www.ecoconstruccion.net/noticias/mes-barcelona-la-iniciativa-que-incrementara-un-66-la-generacion-de-energia-renovable-Svswv>
- Cano, E. M., & Moreno, D. Q. (Junio de 2017). *Repositorio*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8002/62131244M337.pdf?sequence=1>
- Celsia. (05 de Mayo de 2018). *Celsia*. Obtenido de <https://www.celsia.com/es/blog-celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/>
- Celsia. (18 de Junio de 2021). *Blog Celsia*. Obtenido de <https://blog.celsia.com/new/energia-solar-en-colombia-panorama-en-cifras/>
- Comisión Reguladora de Energía y Gas. (18 de Febrero de 2011). *Apolo.Creg*. Obtenido de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/0/6bc17180438663350525785a007a7790?OpenDocument>

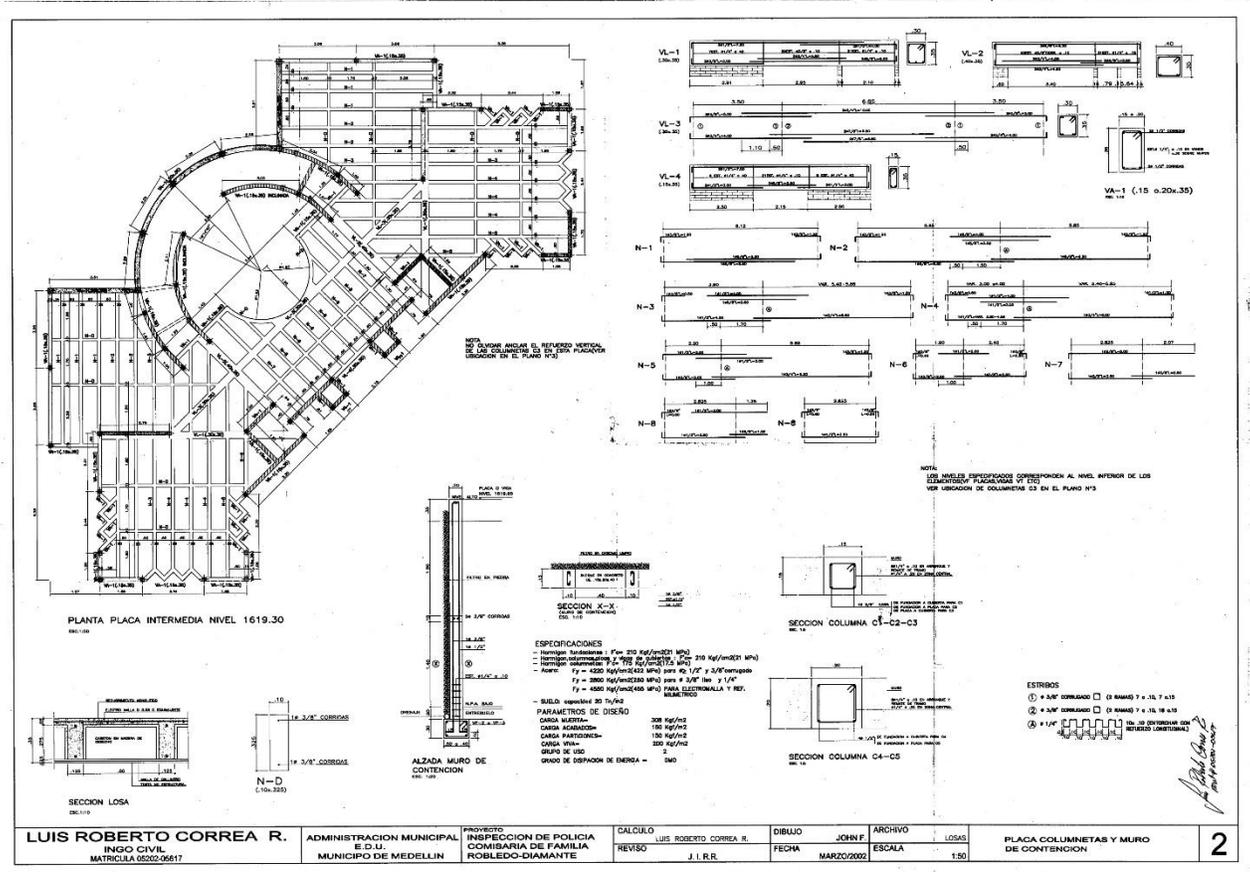
- Correa, H. A. (19 de Marzo de 2019). *Revista Semana*. Recuperado el 14 de Mayo de 2021, de <https://www.semana.com/sostenible/medio-ambiente/articulo/muertes-por-contaminacion-del-aire-le-costaron-a-medellin-5-billones-en-solo-un-ano/201900/>
- Delgado, C., & Planelles, M. (14 de Noviembre de 2017). *El País*. Obtenido de [https://elpais.com/economia/2017/11/14/actualidad/1510661591\\_352717.html](https://elpais.com/economia/2017/11/14/actualidad/1510661591_352717.html)
- Díaz, M. Á. (09 de Agosto de 2017). *Inmobiliare*. Obtenido de <https://inmobiliare.com/trina-solar-recibe-certificacion-por-fiabilidad-y-rendimiento-en-paneles-solares/>
- E4e. (26 de Mayo de 2020). *E4e Soluciones*. Obtenido de <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/cuantos-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-hay>
- ECODES. (s.f.). *ECODES*. Obtenido de <https://ecodes.org/hacemos/energia-y-personas/comunidades-energeticas-y-autoconsumo/barrio-solar>
- El Espectador. (Junio de 18 de 2021). *El Espectador*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/economia/empresa-francesa-dice-que-granjas-solares-son-alternativa-energetica-para-colombia-article-725615/>
- El Periodico. (10 de Mayo de 2021). *Nace MES Barcelona, el nuevo plan de transformación energética*. Obtenido de <https://www.elperiodico.com/es/mas-barcelona/20210510/nace-mes-barcelona-nuevo-plan-11713397>
- Empresas Públicas de Medellín. (Mayo de 2010). *EPM*. Obtenido de [https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores\\_y\\_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/DOCUMENTOS-ENERGIA/NORMAS-TECNICAS-PARA-REDES-AEREAS/NORMAS-ESPECIALES-PARA-EL-SISTEMA-DE-DISTRIBUCION/RA9\\_001\\_2018.pdf?ver=25yKPTOvBg16ksrYUYQb](https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/DOCUMENTOS-ENERGIA/NORMAS-TECNICAS-PARA-REDES-AEREAS/NORMAS-ESPECIALES-PARA-EL-SISTEMA-DE-DISTRIBUCION/RA9_001_2018.pdf?ver=25yKPTOvBg16ksrYUYQb)
- Empresas Publicas de Medellin EPM. (19 de Enero de 2018). *EPM*. Recuperado el 14 de Mayo de 2021, de <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/epm-ofrece-energia-solar-fotovoltaica>
- Empresas Públicas de Medellín. (s.f.). *EPM*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/tarifas/preguntas-frecuentes-tarifas-agua-3V.pdf>
- Erco Energia SAS. (11 de Enero de 2021). *Ercoenergia*. Obtenido de <http://www.ercoenergia.com.co/como-saber-si-tu-techo-es-el-ideal-para-un-sistema-solar-fotovoltaico/>

- ESE Eficiencia. (23 de Julio de 2021). *ESE Eficiencia Portal de Eficiencia y Servicios Energéticos*. Obtenido de <https://www.eseficiencia.es/2021/07/23/actur-barrio-solar-zaragoza-autoconsumo-colectivo-energia-renovable-eficiente-solidaria>
- Gasper Energy Solutions. (27 de Mayo de 2013). *Gasper Energy Solutions*. Obtenido de <http://www.garperenergy.com/ntc-iso-50001-norma-colombia/>
- Henao, O. I. (12 de Mayo de 2020). *webgarden*. Obtenido de <http://media0.webgarden.es/files/media0:5a2063962fc1d.pdf.upl/T%C3%B3picos%20de%20Investigaci%C3%B3n.pdf>
- Henao, O. I. (17 de Junio de 2021). *webgarden*. Obtenido de <http://media0.webgarden.es/files/media0:5a2063962fc1d.pdf.upl/T%C3%B3picos%20de%20Investigaci%C3%B3n.pdf>
- HGIIngenieria. (s.f.). Obtenido de <https://www.hgingenieria.com.co/que-son-los-medidores-bidireccionales-y-en-que-me-benefician/>
- Iberdrola. (s.f.). *Iberdrola*. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-fotovoltaica>
- ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (25 de 11 de 1998). *ICONTEC*. Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -. (s.f.). Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s.f.). *IDEAM*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>
- Inversor Solar. (s.f.). *Inversor Solar*. Obtenido de <https://inversor.solar/on-grid/>
- Inzunza, J. (s.f.). *dgeo*. Obtenido de [https://www2.dgeo.udec.cl/juaninzunza/docencia/ciencias\\_integradas/clase2.pdf](https://www2.dgeo.udec.cl/juaninzunza/docencia/ciencias_integradas/clase2.pdf)
- Juan, P. S. (23 de Octubre de 2018). *Suria Energy*. Obtenido de <https://www.suriaenergy.com/energia-solar-que-es-un-inversor-ongrid-o-gridtie>
- Mercado, D. A. (2021). Los beneficios que trae la energía solar a las empresas de Antioquia. *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/empresas-de-antioquia-le-apuestan-a-la-energia-solar-617028>

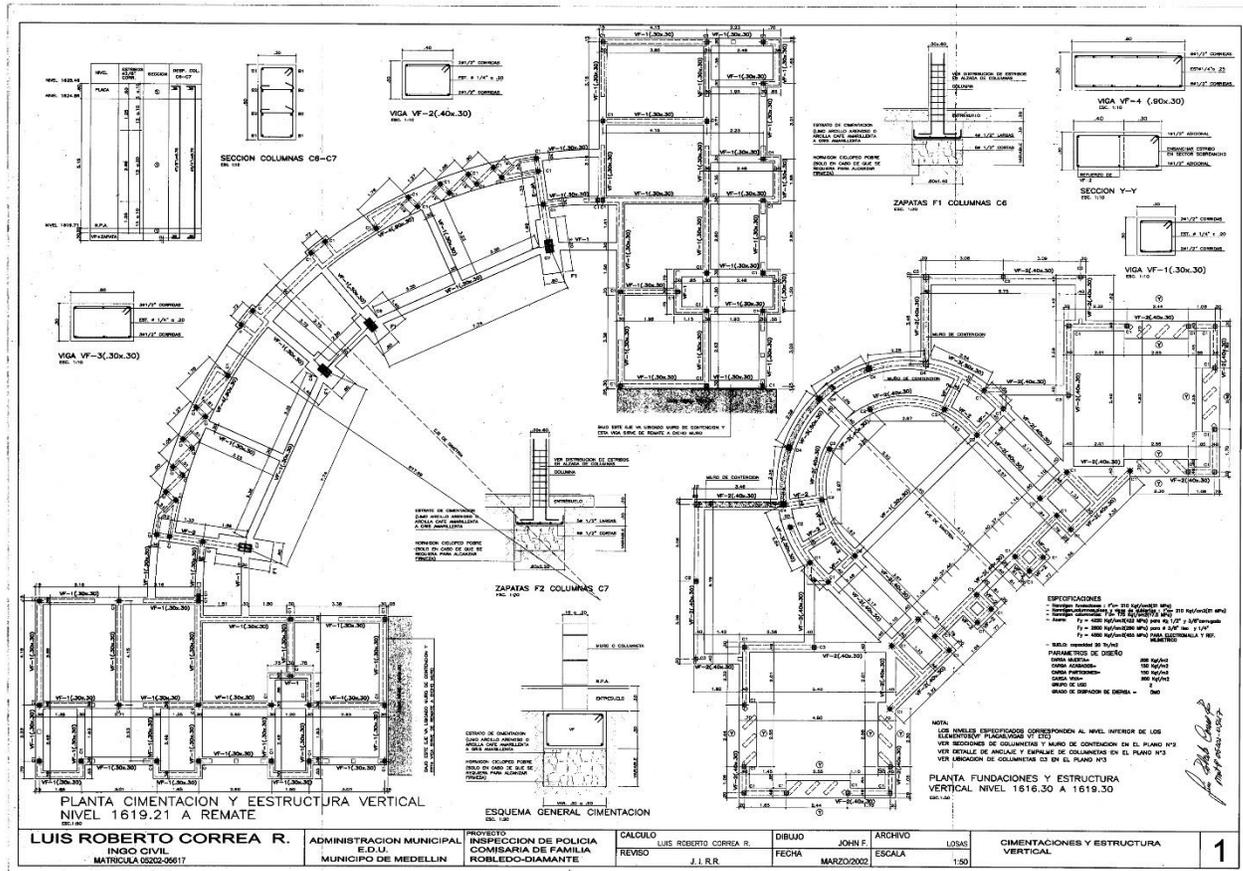
- Miguel Ángel Zamudio Florido. (s.f.). *E.T.S. de Ingenieros de Sevilla*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/50061/fichero/1-Introducci%C3%B3n.pdf>
- Ministerio de Educación de Perú. (17 de Junio de 2021). Obtenido de <http://www.minedu.gob.pe/superatec/pdf/proyectos/guia-de-elaboracion-de-proyectos.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (01 de Marzo de 2018). *Apolo*. Obtenido de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191>
- Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*. Obtenido de [https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23965915/310118\\_borrador\\_proy\\_RE\\_TIE\\_productos.pdf/09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23965915/310118_borrador_proy_RE_TIE_productos.pdf/09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2)
- Morales, A. S., & Gómez, O. M. (s.f.). *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Investigación*. Obtenido de [http://cici.unillanos.edu.co/media2018/memorias/CICI\\_2018\\_paper\\_12.pdf](http://cici.unillanos.edu.co/media2018/memorias/CICI_2018_paper_12.pdf)
- Municipio de Medellín. (22 de Diciembre de 2020). *Gaceta Oficial N° 4794*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/Hacienda/Informes/Shared%20Content/Publicaciones/2021/Gaceta%20oficial%20Nro%204794.%20Decreto%201189%20de%202020.%20Por%20medio%20del%20cual%20se%20liquida%20el%20Presupuesto%20General%2>
- Murcia, H. R. (15 de Enero de 2009). *Revistas Universidad de Andes*. Obtenido de <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/revinge.28.11>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Naciones Unidas Paz, Dignidad e Igualdad en un Planeta Sano*. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Palou, N. (10 de Mayo de 2021). *La Vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/local/barcelona/barcelona-plus/20210510/7441807/mes-barcelona-nuevo-plan-transformacion-energetica-construir-ciudad-mas-verde.html>
- Procables a General Cable Company. (Septiembre de 2019). *Feria Exposolar 2019*. Obtenido de <https://feriaexposolar.com/wp-content/uploads/2019/09/CablesEnergiaSolar.pdf>
- ProCables a General Cable Company. (s.f.). *Feria Exposolar*. Obtenido de <https://feriaexposolar.com/wp-content/uploads/2019/09/CablesEnergiaSolar.pdf>

- Quintana, S. (09 de Marzo de 2012). *Red de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://rds.org.co/es/novedades/colombia-un-mercado-con-potencial-en-energia-solar>
- Robertson, N. (s.f.). *Energia Central*. Obtenido de <https://www.energiacentral.cl/como-funciona-fotovoltaica-ongrid-chile/>
- Rodriguez, J. N. (2020). *UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA* . Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17968/4/2020\\_Analisis\\_Viabilidad\\_Ambiental.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17968/4/2020_Analisis_Viabilidad_Ambiental.pdf)
- Soto, J. M. (2017). *Repositorio Universidad Nacional*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/60336/1037605169.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sun Supply. (s.f.). *Sun Supply*. Obtenido de <http://www.sunsupplyco.com/tipos-de-sistemas-solares/>
- Yepes, D. M. (2020). Obtenido de [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15723/1/OchoaDaniel\\_2020\\_TramitesProyectosEnergia.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15723/1/OchoaDaniel_2020_TramitesProyectosEnergia.pdf)
- Yuste, P. S. (s.f.). *Certificados Energeticos*. Obtenido de <https://www.certificadosenergeticos.com/energia-solar-beneficios-que-efecto-fotovoltaico>

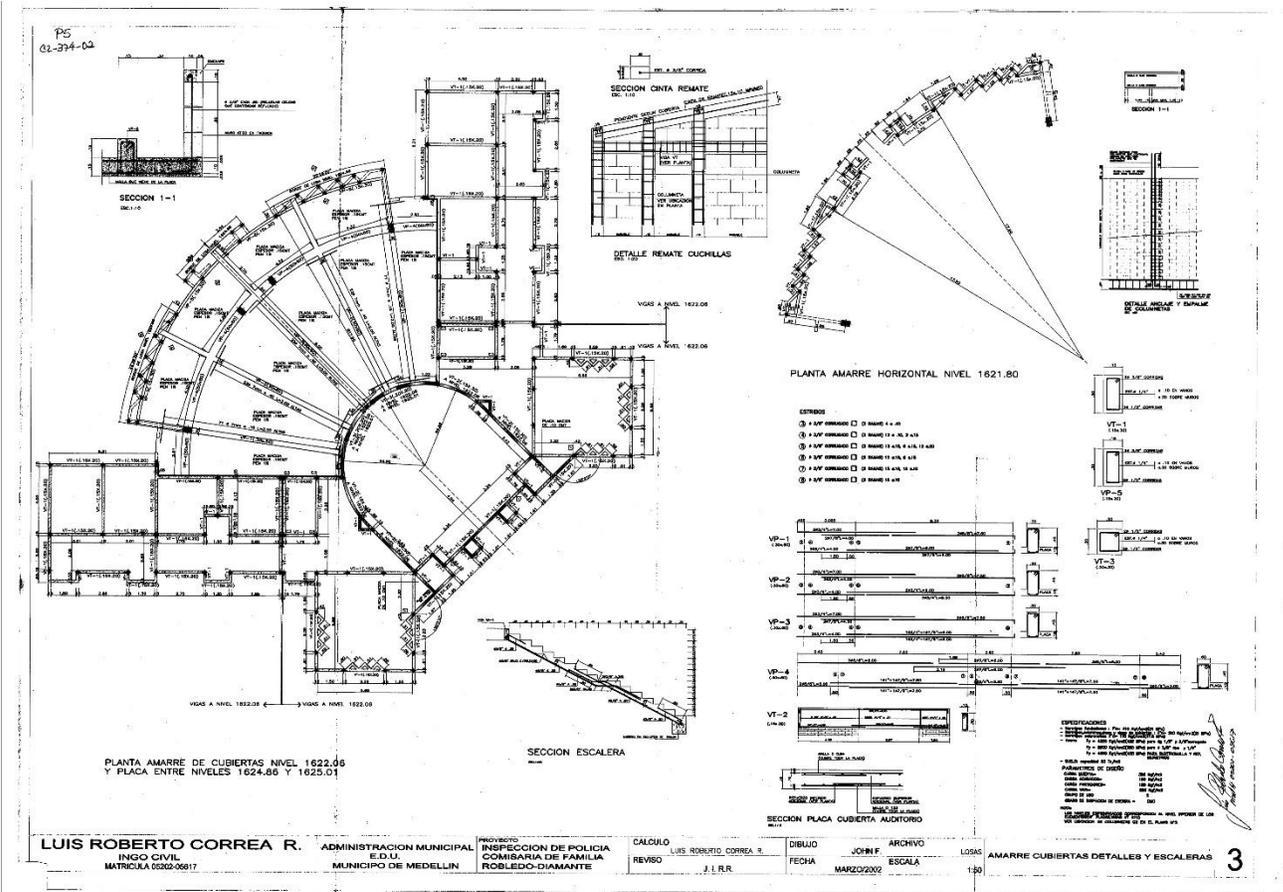
9. Anexos



Anexo 1 Plano arquitectónico Casa de Justicia Robledo Comuna 7 Primer Nivel

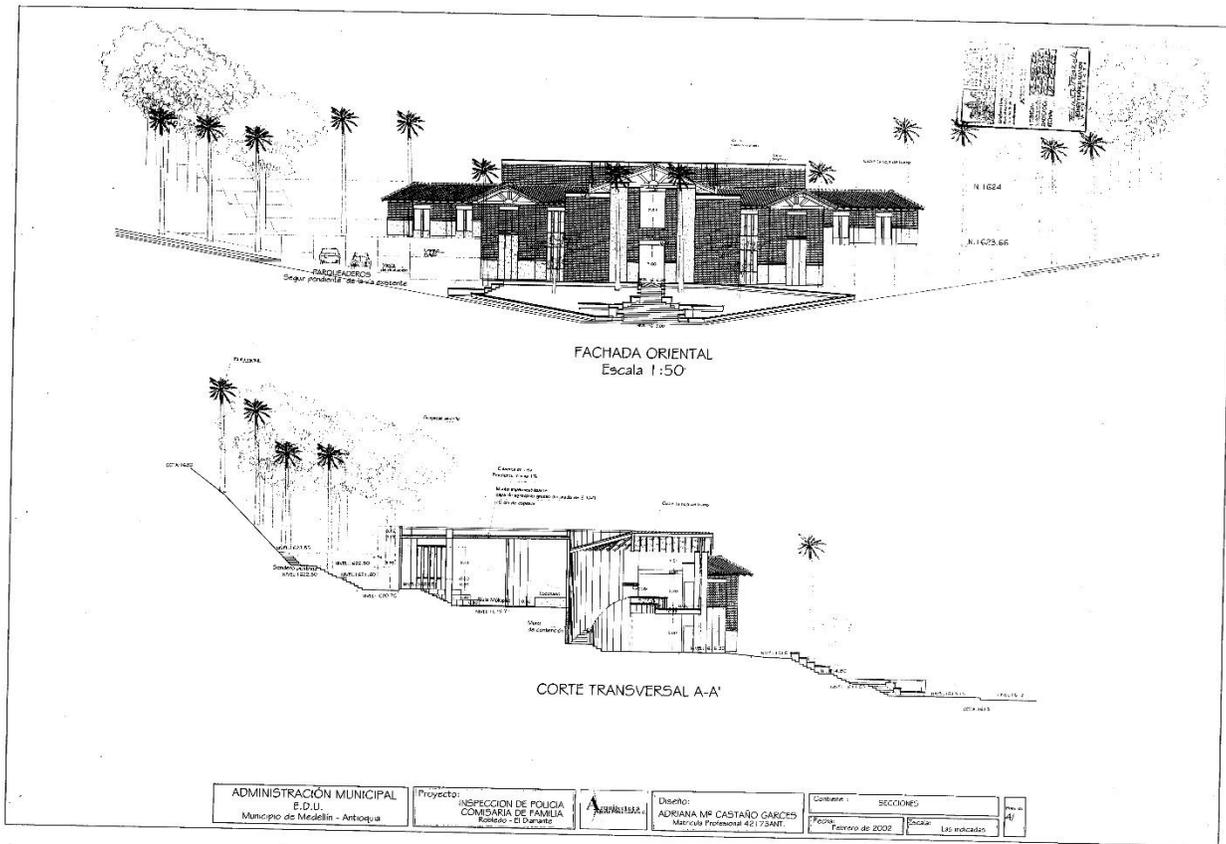


Anexo 2 Plano arquitectónico Casa de Justicia Robledo Comuna 7 Segundo Nivel



<b>LUIS ROBERTO CORREA R.</b> INGO CIVIL MATRICULA 65302-05617	ADMINISTRACION MUNICIPAL E.D.U. MUNICIPIO DE MEDELLIN	PROYECTO INSPECCION DE POLICIA COMISARIA DE FAMILIA ROBLEDO-DIAMANTE	CALCULO LUIS ROBERTO CORREA R.	DIBUJO JOHN F. ESCALA	ARCHIVO LOS RIOS	AMARRE CUBIERTAS DETALLES Y ESCALERAS
			REVISOR J. I. R.R.	FECHA MARZO 2002	LOGS 150	

Anexo 3 Plano arquitectónico Casa de Justicia Robledo Comuna 7 Segundo Nivel



Anexo 4 Fachada Oriental Casa de Justicia Comuna 7 Robledo





Version 7.2.8

## PVsyst - Simulation report

### Grid-Connected System

Project: SSFV Casa de Justicia Comuna 7

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 57.0 kWp

Diamante - Colombia

*PVsyst TRIAL*

*PVsyst TRIAL*

*PVsyst TRIAL*

| Author



## Project: SSFV Casa de Justicia Comuna 7

Variant: Nueva variante de simulación

### PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:  
11/11/21 00:02  
with v7.2.8

#### Project summary

<b>Geographical Site</b>	<b>Situation</b>	<b>Project settings</b>
Diamante	Latitude 6.28 °N	Albedo 0.20
Colombia	Longitude -75.58 °W	
	Altitude 1616 m	
	Time zone UTC-5	
<b>Meteo data</b>		
Diamante		
PVGIS api TMY		

#### System summary

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>
Fixed plane	No Shadings	Monthly values
Tilt/Azimuth 10 / 180 °		
<b>System information</b>		
<b>PV Array</b>		<b>Inverters</b>
Nb. of modules 184 units		Nb. of units 4 units
Pnom total 57.0 kWp		Pnom total 50.0 kWac
		Pnom ratio 1.141

#### Results summary

Produced Energy	83.20 MWh/year	Specific production	1459 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	79.99 %
Used Energy	30.35 MWh/year			Solar Fraction SF	43.78 %

#### Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Horizon definition	5
Main results	6
Loss diagram	7
Special graphs	8



## Project: SSFV Casa de Justicia Comuna 7

Variant: Nueva variante de simulación

### PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:  
11/11/21 00:02  
with v7.2.8

### General parameters

#### Grid-Connected System

No 3D scene defined, no shadings

#### PV Field Orientation

##### Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 10 / 180 °

##### Sheds configuration

No 3D scene defined

##### Models used

Transposition Perez  
Diffuse Imported  
Circumsolar separate

##### Horizon

Average Height 6.5 °

##### Near Shadings

No Shadings

##### User's needs

Monthly values

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
2.24	2.27	2.41	2.30	2.26	2.97	2.49	2.80	2.78	2.87	2.42	2.55	30.3	MWh/mth

### PV Array Characteristics

#### Array #1 - SSFV Casa de Justicia

##### PV module

Manufacturer

Generic

Model

YL310P-35b

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 310 Wp

Number of PV modules 76 units

Nominal (STC) 23.56 kWp

Modules 4 Strings x 19 In series

##### At operating cond. (50°C)

Pmpp 21.07 kWp

U mpp 624 V

I mpp 34 A

##### Inverter

Manufacturer

Generic

Model

Symo 10.0-3 / 440

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 9.99 kWac

Number of inverters 2 \* MPPT 0.60 2 units

Total power 20.0 kWac

Operating voltage 200-800 V

Pnom ratio (DC:AC) 1.18

#### Array #2 - Subconjunto #2

##### PV module

Manufacturer

Generic

Model

YL310P-35b

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 310 Wp

Number of PV modules 108 units

Nominal (STC) 33.5 kWp

Modules 6 Strings x 18 In series

##### At operating cond. (50°C)

Pmpp 29.94 kWp

U mpp 591 V

I mpp 51 A

##### Inverter

Manufacturer

Generic

Model

Symo 15.0-3 / 440

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 15.0 kWac

Number of inverters 2 \* MPPT 0.57 2 units

Total power 30.0 kWac

Operating voltage 200-800 V

Pnom ratio (DC:AC) 1.12

#### Total PV power

Nominal (STC) 57 kWp

Total 184 modules

Module area 357 m<sup>2</sup>

Cell area 322 m<sup>2</sup>

#### Total inverter power

Total power 50 kWac

Nb. of inverters 4 units

Pnom ratio 1.14



**PVsyst V7.2.8**

VC0, Simulation date:  
11/11/21 00:02  
with v7.2.8

Project: SSFV Casa de Justicia Comuna 7

Variant: Nueva variante de simulación

#### Array losses

<b>Array Soiling Losses</b>		<b>Thermal Loss factor</b>		<b>LID - Light Induced Degradation</b>	
Loss Fraction	3.0 %	Module temperature according to irradiance		Loss Fraction	1.3 %
		Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K		
		Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s		
<b>Module Quality Loss</b>		<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>	
Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %
<b>IAM loss factor</b>					
Incidence effect (IAM): User defined profile					

0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.960	0.880	0.800	0.670	0.430	0.000

#### DC wiring losses

Global wiring resistance	10 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		
<b>Array #1 - SSFV Casa de Justicia</b>		<b>Array #2 - Subconjunto #2</b>	
Global array res.	310 mΩ	Global array res.	196 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	1.5 % at STC



Project: SSFV Casa de Justicia Comuna 7

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:  
11/11/21 00:02  
with v7.2.8

Horizon definition

Horizon from PVGIS website API, Lat=6°17'4", Long=-75°35'5", Alt=1616m

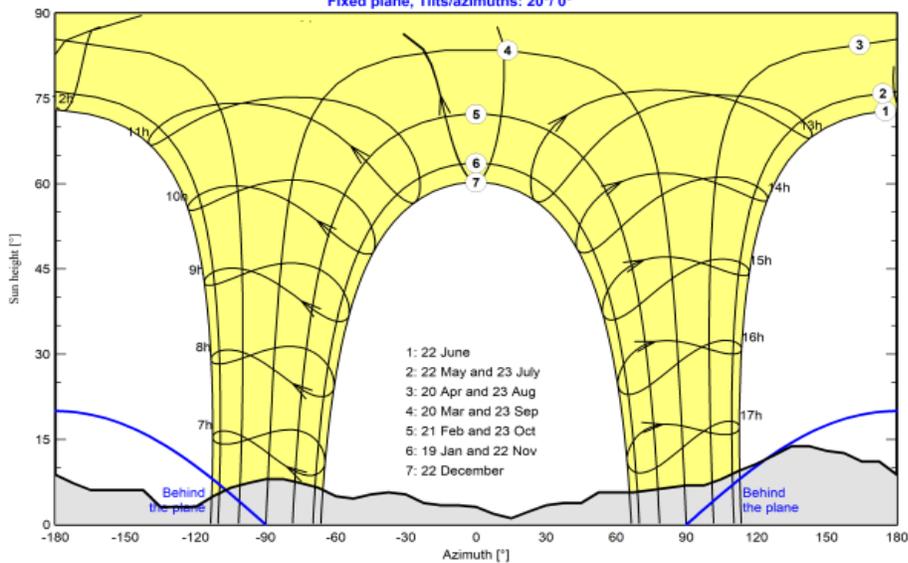
Average Height 6.5 ° Albedo Factor 0.56  
Diffuse Factor 0.97 Albedo Fraction 100 %

Horizon profile

Azimuth [°]	-180	-173	-165	-143	-135	-120	-113	-105	-98	-90	-83	-75
Height [°]	8.8	7.3	6.1	6.1	3.1	3.1	5.0	6.5	7.3	8.0	8.0	7.3
Azimuth [°]	-68	-60	-53	-45	-38	-30	-23	-15	-8	0	8	15
Height [°]	6.5	5.0	4.6	5.3	5.7	5.3	3.8	3.4	3.4	3.1	1.9	1.1
Azimuth [°]	23	30	38	45	53	68	75	83	90	98	105	113
Height [°]	2.3	3.4	3.8	3.8	5.7	5.7	6.1	6.5	6.9	6.9	8.0	9.5
Azimuth [°]	120	128	135	143	150	158	165	173	180			
Height [°]	10.7	12.2	13.8	13.8	13.0	12.6	11.1	11.1	8.8			

Sun Paths (Height / Azimuth diagram)

Fixed plane, Tilts/azimuths: 20°/ 0°





Project: SSFV Casa de Justicia Comuna 7

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:  
11/11/21 00:02  
with v7.2.8

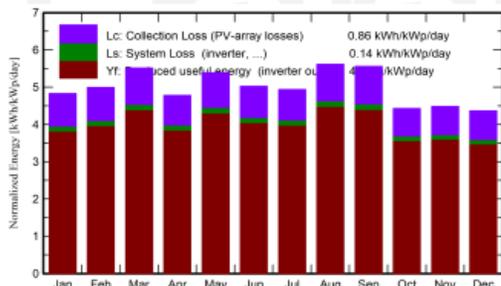
Main results

System Production

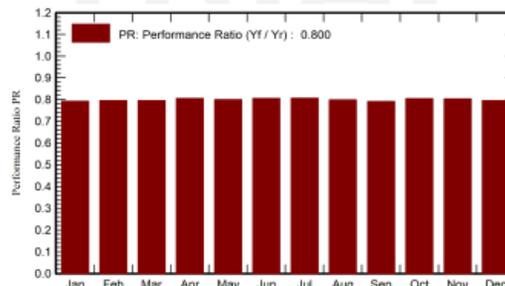
Produced Energy 83.20 MWh/year  
Used Energy 30.35 MWh/year

Specific production 1459 kWh/kWp/year  
Performance Ratio PR 79.99 %  
Solar Fraction SF 43.78 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
January	164.5	72.9	18.17	149.7	138.7	7.006	2.240	0.976	5.792	1.264
February	148.9	62.6	17.35	139.8	130.9	6.566	2.267	0.968	5.379	1.299
March	175.2	82.5	18.08	171.1	160.9	8.035	2.406	1.062	6.711	1.344
April	142.9	88.9	17.60	143.4	134.2	6.824	2.298	1.025	5.569	1.273
May	162.0	77.6	17.64	167.0	157.4	7.889	2.255	1.002	6.624	1.253
June	145.0	76.8	17.74	150.9	141.7	7.172	2.968	1.325	5.607	1.643
July	148.4	87.8	17.44	153.1	143.7	7.292	2.494	1.105	5.946	1.389
August	171.1	82.2	17.92	174.0	164.0	8.200	2.803	1.248	6.687	1.555
September	168.8	105.0	18.28	166.9	156.0	7.792	2.782	1.224	6.313	1.558
October	143.4	84.5	17.26	137.4	128.0	6.537	2.870	1.238	5.072	1.632
November	146.4	64.7	16.90	134.6	124.9	6.392	2.416	1.018	5.157	1.399
December	150.2	62.7	17.82	135.5	125.2	6.372	2.549	1.096	5.057	1.453
Year	1866.8	948.1	17.69	1823.5	1705.6	86.077	30.349	13.287	69.913	17.062

Legends

- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T\_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E\_User Energy supplied to the user
- E\_Solar Energy from the sun
- E\_Grid Energy injected into grid
- EFrGrid Energy from the grid



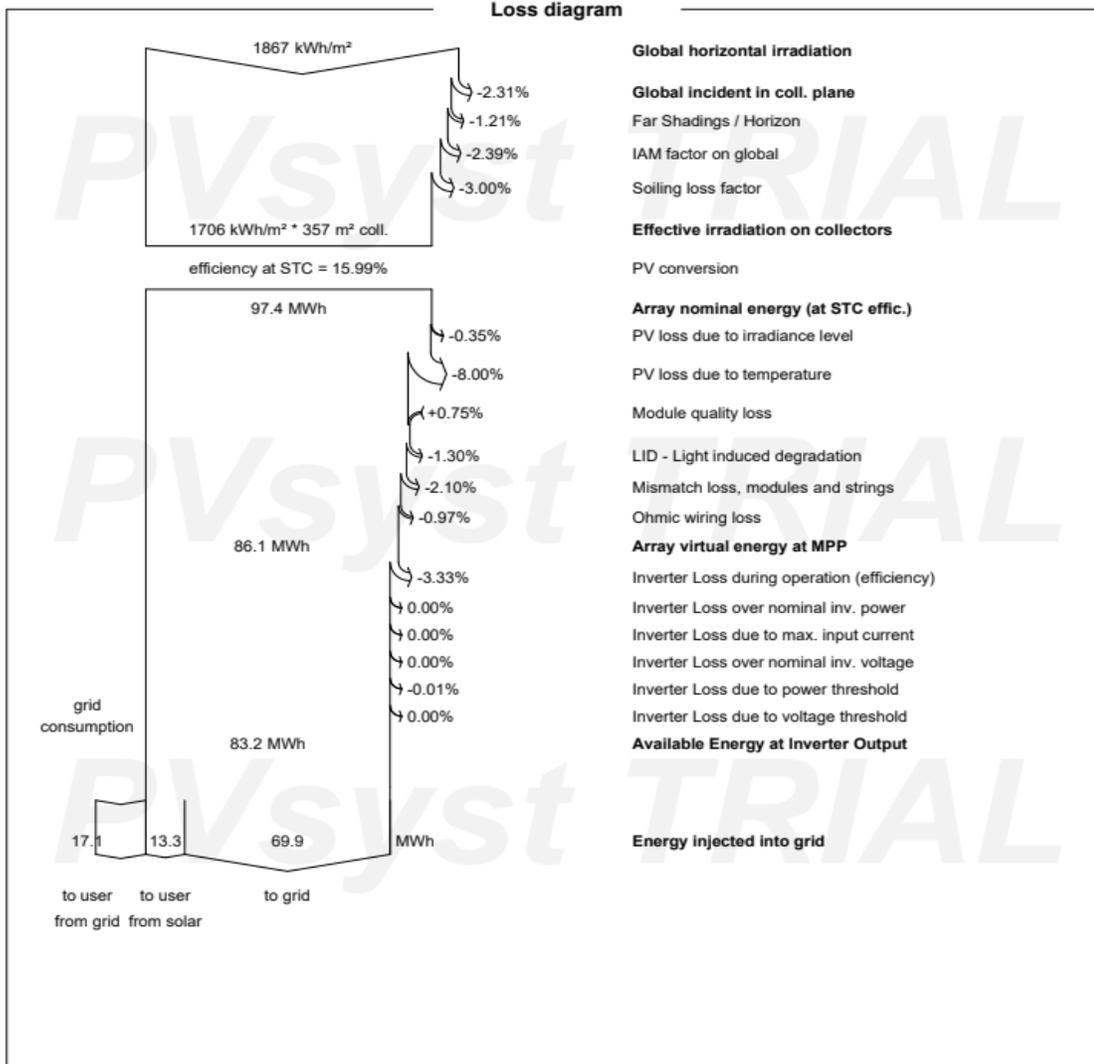
Project: SSFV Casa de Justicia Comuna 7

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:  
11/11/21 00:02  
with v7.2.8

Loss diagram





**PVsyst V7.2.8**  
 VC0, Simulation date:  
 11/11/21 00:02  
 with v7.2.8

Project: SSFV Casa de Justicia Comuna 7

Variant: Nueva variante de simulación

