

**FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID
PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS ENERGÉTICOS EN SEGURITECH COLOMBIA
SAS.**

ELABORADO POR:

MICHAEL MUÑOZ AVENDAÑO

DAVID RAÚL QUINTERO SARMIENTO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

UNIVERSIDAD EAN

ESCUELA DE FORMACIÓN EN INVESTIGACIÓN

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN DE PREGRADO

BOGOTÁ

20/09/2024

CONTENIDO

RESUMEN	5
1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	5
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	8
3. OBJETIVOS	8
4. CONVENIENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	9
5. MARCO INSTITUCIONAL	10
7. METODOLOGÍA	19
7.1 Metodología Cuantitativa	20
7.2 Metodología Cualitativa	20
8. MODELAMIENTO DEL SISTEMA	24
8.1 Datos de entrada	24
8.2 Definición del tamaño del sistema fotovoltaico	27
8.3 Presupuesto del sistema	30
8.4 Análisis del proyecto	32
8.5 Modelamiento del consumo en el software	37
9. RESULTADOS	39
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	15
Figura 2	16
Figura 3	19
Figura 4	20
Figura 5	25
Figura 6	28
Figura 7	29
Figura 8	33
Figura 9	35
Figura 10	36
Figura 11	37
Figura 12	38
Figura 13	40
Figura 14	41
Figura 15	42

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2	24
Tabla 3	26
Tabla 4	30
Tabla 5	31
Tabla 6	32
Tabla 1	34
Tabla 7	39

RESUMEN

Desde 2023 Colombia ha enfrentado un Fenómeno del Niño intenso que ha suscitado una disminución considerable de las reservas hídricas en los embalses del país, la alta dependencia de la generación hidroeléctrica en la matriz energética nacional ha derivado en un aumento considerable del costo del kWh para los consumidores. Para mitigar los posibles efectos negativos derivados de esta problemática y garantizar disponibilidad de energía para la empresa Seguritech Colombia S.A.S, se propone un sistema fotovoltaico on-grid para lo cual en esta entrega desarrolla un marco teórico.

Palabras Claves: Cambio climático, Fuentes no Convencionales de Energía, Sistema Fotovoltaico On-grid, Energía Renovable, prosumidor, Autogeneradores, UPME, CREG, MinMinas.

1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En Colombia, la política de transición energética implementada por el gobierno está destinada a promover el uso de fuentes de energía renovable y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. La Ley 1715 de 2014 se destaca como una de las normativas más importantes en este ámbito, ya que facilita la incorporación de energías renovables al sistema energético nacional. En este sentido, esta ley se destaca por ofrecer beneficios fiscales como extender aranceles y deducciones tributarias, la figura de prosumidor ha adquirido especial importancia, dado que en su calidad de consumidor y productor de energía consta de cómo las empresas y las personas no solo consumen sino también generan e introducir electricidad a la red, recibiendo beneficios económicos y dando protagonismo. Bajo la influencia de la política

indicada, ha surgido un entorno propicio para la adopción de tecnologías como los sistemas fotovoltaicos on-grid, que permiten que empresas como Seguritech Colombia SAS no solo reduzcan sus emisiones de carbono, sino que también reciban rendimientos financieros al convertirse en un miembro activo en el mercado energético y respetando el medio ambiente.

El uso de energía solar se ha vuelto popular en todo el mundo como una opción sostenible frente a las fuentes de energía tradicionales. Tanto grandes empresas como pequeñas y medianas empresas (PyMEs) están utilizando los sistemas fotovoltaicos on-grid para generar energía solar y enviarla directamente a la red eléctrica, lo cual se ha demostrado como una solución viable para Seguritech Colombia SAS.

Seguritech Colombia SAS, es una empresa internacional, integradora de tecnologías, telecomunicaciones y sistemas para la seguridad con 29 años de experiencia. Innovación continua, compromiso permanente y liderazgo en el mercado, que han definido a lo largo del tiempo en su trayectoria. Seguritech Colombia SAS. (s.f.). *Empresa internacional, integradora de tecnologías, telecomunicaciones y sistemas para la seguridad.*

Dentro de la empresa, Seguritech Colombia SAS ha observado un incremento continuo en sus gastos relacionados con el consumo de energía, por lo que la empresa está buscando soluciones novedosas para reducir estos costos. Es importante realizar el análisis de los aspectos técnicos, económicos y normativos antes de decidir implementar un sistema fotovoltaico conectado a la red.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los costos energéticos de Seguritech Colombia SAS están aumentando de manera continua, lo cual afecta negativamente la rentabilidad de la empresa. Este incremento se debe principalmente a varios factores: el alza en las tarifas de energía eléctrica convencional, la

creciente demanda interna de energía debido a la expansión de sus operaciones y la falta de políticas internas claras sobre la eficiencia energética. A pesar de los intentos por reducir los costos, la empresa aún no ha implementado un plan efectivo de ahorro energético, posiblemente debido a la falta de conocimiento técnico en gestión eficiente de recursos energéticos y la ausencia de un enfoque integral para optimizar el uso de energía. Esta situación hace evidente la necesidad de adoptar una solución más económica y sostenible. La instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red no solo podría disminuir significativamente los gastos en energía, sino también corregir las deficiencias en el uso de la energía dentro de Seguritech Colombia SAS, alineándose con las mejores prácticas de sostenibilidad y eficiencia.

El proyecto busca evaluar la viabilidad de instalar un sistema de energía solar fotovoltaica conectado a la red eléctrica en Seguritech Colombia SAS, considerando los aspectos técnicos, económicos y normativos que influyen en su implementación. Este análisis minucioso busca determinar si la adopción de esta tecnología permitiría no solo una reducción significativa de los costos energéticos, sino también un aumento en la competitividad de la empresa al optimizar sus gastos operativos. Además de los beneficios financieros, el proyecto también pretende contribuir al compromiso de la compañía con la sostenibilidad, alineándose con las políticas de responsabilidad social corporativa y reducción del impacto ambiental. La incorporación de un sistema solar no solo posicionaría a Seguritech como líder en innovación dentro del sector de la seguridad tecnológica, sino que también reforzaría su adaptación a las tendencias globales hacia el uso de energías limpias y la disminución de la huella de carbono, en cumplimiento con las normativas locales de transición energética.

La empresa Seguritech Colombia SAS se especializa en integración tecnológica. La disponibilidad constante de energía eléctrica es vital para el correcto desempeño de sus operaciones. Ante un escenario de altos costos energéticos y su tendencia al alza, la instalación

de un sistema solar fotovoltaico se plantea como una opción estratégica para maximizar los recursos disponibles, por tanto, se plantea la siguiente pregunta.

2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La pregunta de investigación que se pretende responder con el desarrollo de este documento es ¿Se puede implementar un sistema fotovoltaico conectado a la red en Seguritech Colombia SAS para reducir los costos de energía, teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos y normativos?

3. OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar la factibilidad de implementar un sistema fotovoltaico on-grid en Seguritech Colombia SAS para reducir los costos energéticos.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis del consumo de energía actual y los gastos relacionados en la empresa Seguritech Colombia SAS.
- Analizar las diferentes alternativas tecnológicas disponibles para la instalación del sistema fotovoltaico conectado a red en la empresa Seguritech Colombia SAS.
- Desarrollar un estudio económico y financiero del proyecto sobre la factibilidad para la implementación de un sistema On-grid en la empresa Seguritech Colombia SAS.
- Examinar las exigencias normativas y legales para llevar a cabo la implementación en la empresa Seguritech Colombia SAS.

4. CONVENIENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Al instalar un sistema fotovoltaico On-Grid en Seguritech Colombia SAS, se logrará no solo bajar considerablemente los gastos de energía sino también favorecer la preservación del medio ambiente. Este proyecto está en línea con los objetivos estratégicos de optimización de recursos y responsabilidad social corporativa, además de estar acorde con el enfoque técnico del programa de especialización. La investigación brindará un análisis exhaustivo de la factibilidad económica y técnica, lo cual establecerá una base sólida para tomar decisiones estratégicas. En términos prácticos, la metodología aplicada será una guía para futuras iniciativas similares en la industria. En teoría, el proyecto ampliará la base de conocimientos sobre energías renovables y cómo se pueden integrar en operaciones corporativas, brindando así un modelo que otras organizaciones del sector puedan replicar.

Desde el punto de vista de la especialización en gerencia de proyectos, este proyecto de instalación de un sistema fotovoltaico On-Grid en Seguritech Colombia SAS, ofrece la oportunidad de aplicar diversas técnicas de planificación, monitoreo y control que aseguren un adecuado uso de los recursos y el alcance efectivo de los objetivos estratégicos. Asimismo, la gerencia de proyectos permitiría identificar y mitigar los riesgos de la adopción de tecnologías de energías renovables, desde los aspectos técnicos, regulatorios, y económicos, a través de una gestión rigurosa y metodológica.

Este enfoque contribuirá significativamente al planteamiento del problema, ya que proporciona un marco estructurado para evaluar no solo la viabilidad técnica y económica, sino también la sostenibilidad a largo plazo del sistema en términos de beneficios en cuanto a costo y amigable con el medio ambiente. Además, técnicas de gestión de proyectos como el análisis

del valor ganado y la evaluación de impacto que pueden proporcionar una base sólida para la toma de decisiones informada y respaldada en datos cuantitativos. En ese sentido, también puede funcionar como un marco de referencia metodológico, lo que genera una guía replicable en la implementación de futuros sistemas fotovoltaicos, lo que beneficiará tanto a las operaciones internas como a la sociedad.

De esta manera, la especialización en gerencia de proyectos no solo agrega valor en términos de organización y control, sino también en el alineamiento del proyecto con los objetivos de sostenibilidad y optimización de recursos, promoviendo la innovación responsable y la adaptación de mejores prácticas en el sector energético.

5. MARCO INSTITUCIONAL

Seguritech es una empresa mexicana que se dedica a la integración de tecnologías para la seguridad. Es una empresa ubicada en México con sede en Colombia que pertenece al sector de los servicios de tecnologías avanzadas para la seguridad. Por lo que la empresa se encuentra clasificada bajo la descripción CIIU 6201, Actividades de programación de informática. Los clientes de Seguritech son gobiernos, empresas y residencias. Los principales productos y servicios que ofrecen incluyen drones, telecomunicaciones, sistemas de CCTV, soluciones basadas en inteligencia artificial. La estructura organizacional de la empresa es centralizada y está orientada hacia la tecnología comercial y proyectos de alto nivel de innovación y desempeño. La empresa tiene como prioridad la sostenibilidad en todas sus actividades. Seguritech Colombia SAS. (s.f.). *Empresa mexicana de integración de tecnologías para la seguridad.*

6. MARCO TEÓRICO

En los últimos 10 años se ha legislado a favor de la implementación y desarrollo de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) en el país. Entidades gubernamentales como el Ministerio de Minas, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) han emitido las disposiciones legales y regulatorias para el proceso de la generación de energía a pequeña escala. Este desarrollo normativo en respuesta a la necesidad de diversificar y mejorar la sostenibilidad y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

Una de estas leyes 2099 de 2021 la cual trata del impulso gubernamental para la generación de energía a partir de fuentes renovables, favorecimientos fiscales para inversión en proyectos de generación con energías alternativas y la inclusión del hidrógeno verde e hidrógeno azul, por medio de esta ley representa una oportunidad significativa para empresas como Seguritech, que pueden aprovechar los beneficios de deducciones fiscales y acceso a financiamiento especializado al implementar proyectos de energías renovables, contribuyendo activamente a la descarbonización del sector energético. Internacionalmente, países como Alemania y Dinamarca han establecido un precedente sobre cómo un marco legislativo sólido puede facilitar el uso de energías limpias. No solamente la legislación enfoca el país en el autoconsumo entre pequeños y medianos generadores casos de poligeneradores, además la venta de energía excedente a la red nacional inspira ingresos adicionales y anima la participación estable de estos actores en la transición progresiva.

A su vez la Resolución que regula el mercado para los generadores pequeños direccionados al autoconsumo es la CREG 174 de 2021 la cual regula a los productores de energía con lo cual la organización Seguritech podría entregar a la red interconectada excedentes en energía percibiendo ganancias.

POLÍTICA DE PROSUMIDORES Y AUTOCONSUMO

En este sentido, la ley 1715 de 2014 introdujo en Colombia la figura de los prosumidores: individuos o empresas que generan energía para consumo propio, pero que también pueden vender sus excedentes. La resolución (CREG) 174 en este 2021 regula este mercado y dicta que los pequeños generadores pueden inyectar a la red la energía no consumida, recibiendo compensación económica a ello. Este sistema favorece el crecimiento de la red energética, distribuyendo y disminuyendo la dependencia hacia las grandes plantas de generación, así como el empoderamiento del usuario residencial, comercial e industrial, en su papel como agente activo en la transición energética.

Este modelo ya es exitoso en países como España y Australia dado que las legislaciones allí permiten que los pequeños productores reciban beneficio económico por la energía aportada a la red. En Colombia, empresas como Seguritech pueden acogerse a la normativa, generando energía para autoconsumo y vendiendo el excedente, reduciendo así los costos y contribuyendo a sus prácticas sostenibles.

POLÍTICA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El tema de la transición energética no es novedad y se ha venido tratando tanto a nivel global como a nivel nacional. Un papel determinante en la búsqueda o sustitución de energéticos de origen fósil fue la Guerra de Yom Kipur la cual tuvo lugar en octubre de 1973 y fue liderada por Egipto y Siria en represalia a la “Guerra de los 6 Días” sucedida en 1967 en donde Israel tomó y ocupó territorios pertenecientes a Egipto Jordania y Siria. (Ángel Bermúdez, 2023). Este acontecimiento generó que la Organización de Países Productores de Petróleo OPEP en cabeza de Arabia Saudita, Kuwait, Emiratos Árabes, Qatar, Irán e Irak subieran los precios del petróleo y restringieron la producción afectando a potencias económicas Estados Unidos, Reino Unido,

Países Bajos, Canadá y Japón. (Alan S. Blinder, 1981). Esto generó en gran medida inversión en la investigación y desarrollo de nuevas fuentes de energía no convencionales como sustitutas del petróleo y el carbón. En 1977, Estados Unidos creó el Laboratorio Nacional de Energías Renovables NREL (NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, 2002) . En Colombia en el año de 1992 se presentó un racionamiento de energía conocido como el Apagón, este se dio principalmente por los siguientes factores:

- Exceso de confianza y mal cálculo de la capacidad de generación con fuentes hidráulicas
- Fenómeno del Niño del año 1991 en donde se redujeron las capacidades de los principales embalses en el país.
- Problemas de corrupción en el proyecto de generación hidroeléctrica del Guavio que impidieron su entrada en operación en las fechas previstas. (Juan Carlos López Díez, 2017). Este hecho generó una transformación en el mercado de energía del país y en las políticas públicas del sector energético. En el año de 1994 se promulgó la ley de servicios públicos (LEY 142 DE 1994) y la ley de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica (LEY 143 DE 1994). Antes del año 2014 no se habían establecido políticas regulatorias en cuanto a los pequeños autogeneradores de energía eléctrica, a partir de la Ley 1715 de 2014, donde se definen los mecanismos para regular la actividad y poder operar proyectos a pequeña y mediana escala.

IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL DE LA ENERGÍA SOLAR

Variables externas Impacto ambiental y social los sistemas fotovoltaicos disminuyen las emisiones de GEI al reemplazar fuentes basadas en combustibles fósiles. Adicionalmente la generación distribuida reduce las pérdidas en la transmisión y reduce la congestión de las redes. El uso de sistemas de energía solar y la descentralización energética aumenta la capacidad de recuperación de la comunidad frente a las interrupciones de suministro, propone a los consumidores y crea oportunidades de empleo en el sector de las energías renovables.

AVANCES TECNOLÓGICOS EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía fotovoltaica se basa en la capacidad de ciertos materiales, principalmente el silicio, para convertir la luz solar en electricidad a través de varios principios, como el efecto fotoeléctrico, las células fotovoltaicas tienen una estructura basada en materiales semiconductores, que, al exponerse a la radiación solar, liberan electrones, creando una corriente eléctrica que fluye en una corriente continua. Este proceso ha evolucionado significativamente en términos de eficiencia y producción a lo largo de los años, y se han inventado varios tipos de paneles solares, utilizando innovaciones como el uso de paneles de silicio monocristalino de alta eficiencia o desarrollar materiales emergentes como perovskita que revolucionar la industria al proporcionar alternativas significativamente más baratas y eficientes.

EFICIENCIA ENERGÉTICA

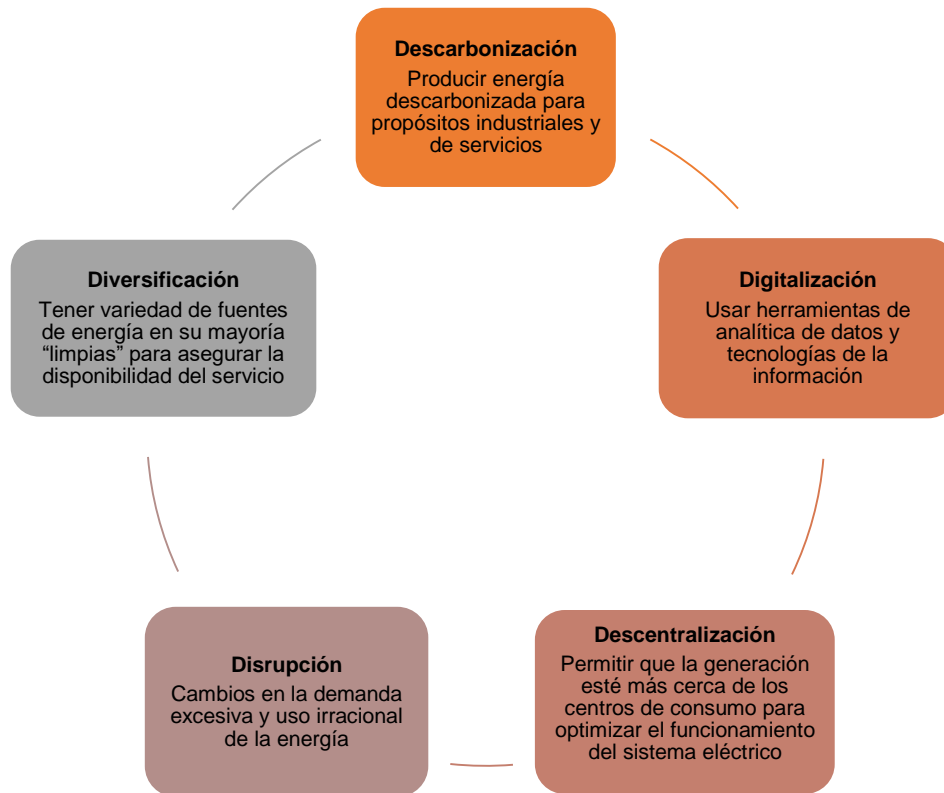
La eficiencia energética es una base fundamental para la transición hacia sistemas energéticos sostenibles. Aprobada en Colombia en 2011, la ley Pro-URE tiene como objetivo promover el uso eficiente de la energía a través de incentivos y regulaciones destinadas a reducir el desperdicio de energía en todos los niveles de la cadena de suministro. Siguiendo las tendencias globales, Colombia ha adoptado las “5D” de eficiencia energética propuestas por el Consejo Mundial de la Energía: descarbonización, digitalización, descentralización, democratización y diversificación. Este enfoque permite a los usuarios adoptar prácticas energéticas más sostenibles, reducir costos y contribuir a la mitigación del cambio climático.

A nivel mundial, Japón y Suecia están a la vanguardia en políticas de eficiencia energética, y sus tecnologías y prácticas avanzadas de ahorro de energía son ejemplos exitosos en esta área. Japón ha introducido regulaciones estrictas para mejorar la eficiencia en todos los sectores, lo que ha resultado en reducciones significativas de las emisiones y un fuerte crecimiento económico. En Colombia, Pro-URE promueve la adopción de tecnologías de eficiencia

energética en la industria. Residencias y edificios de oficinas. Este marco legal es clave para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones, ya que fomenta la innovación en el uso de la energía y promueve la sostenibilidad en toda la cadena de valor de la energía.

Figura 1

Iniciativa de las 5D's



Nota: En la Figura 1 se presenta un desglose detallado de la cadena de valor de la energía, con sus principales componentes y etapas clave en el proceso.

Fuente: <https://www.worldenergy.org/>

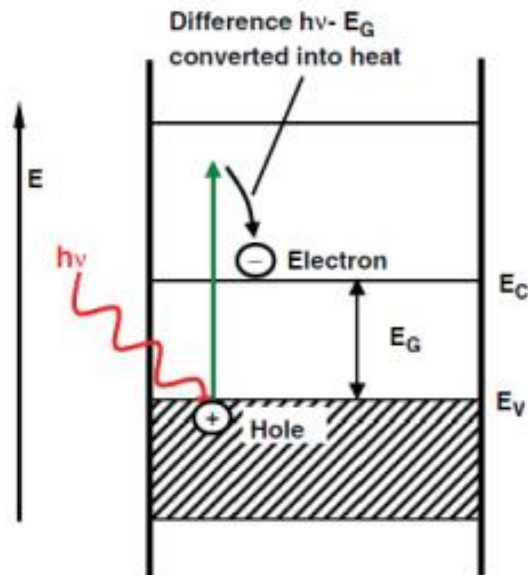
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Este tipo de energía se produce por el efecto fotoeléctrico cuando en una superficie de un metal recae una onda electromagnética de longitud de onda corta, la radiación incidente es

absorbida y la superficie expuesta emite electrones. Los materiales más comunes con los que se fabrican los paneles solares son el Silicio (Si) y el Germanio (Ge).

Figura 2

Efecto fotoeléctrico al interior del panel



Nota: En la figura 2 se explica el efecto fotoeléctrico dentro de un panel solar cuando los fotones de la luz solar inciden sobre el material semiconductor.

Fuente: <https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-596533-2a85bd91b0.pdf>

Ventajas del Sistema fotovoltaico

- Facilidad de ampliación debido a sus componentes modulares.
- Aprovechamiento del recurso solar renovable.
- Los costos de implementación se han reducido haciendo más competitivo el kWh generado frente al costo del kWh del operador de red local.
- Autonomía de energía por parte del usuario.

Desventajas

- Sensible a cambios de las condiciones climáticas como la lluvia y nubosidad.
- Con la contaminación existente en Bogotá se contamina fácilmente.
- Susceptible a sombreados que disminuyen la eficiencia y rendimiento de generación de energía del sistema.

PERFORMANCE RATIO PR

El índice de rendimiento de una instalación fotovoltaica PR es la relación entre la energía efectiva producida y la energía que produciría el sistema si este funcionara continuamente a las condiciones estándar (temperatura de 25° C e irradiancia de 1000 W/m²). Para calcular el PR se toman en cuenta las siguientes pérdidas

Pérdidas de los módulos fotovoltaicos:

- Pérdidas de eficiencia por temperatura en los módulos
- Pérdidas de reflectancia angular
- Pérdidas por suciedad
- Pérdidas por dispersión
- Pérdidas por sombreado sobre el módulo
- Pérdidas por óhmicas por el cableado
- Pérdidas del inversor
- Pérdidas por inversor enlazado a la red
- Pérdidas por óhmicas por el cableado

REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE es el documento que recopila los requerimientos técnicos de las instalaciones eléctricas en Colombia, también están incluidas las instalaciones de sistemas fotovoltaicos. Se encarga de regular y establecer garantías en las instalaciones eléctricas con el propósito principal de asegurar la vida de personas, vida animal, vida vegetal y protección del ambiente, además de promover el Uso Racional de la Energía URE en la instalación. Su última actualización se realizó el bajo la Resolución 40117 del 2 de abril de 2024.

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 SEGUNDA ACTUALIZACIÓN

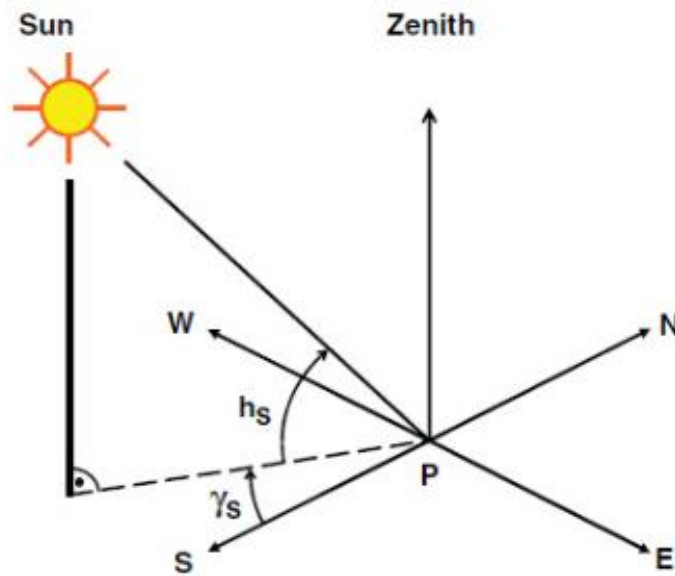
El Código Eléctrico Colombiano es el complemento al RETIE y condensa las normatividad y buenas prácticas de ingeniería para instalaciones eléctricas, todo esto con el propósito de proteger la vida humana, animal, vegetal y garantizar la integridad operativa de las instalaciones eléctricas. La versión vigente corresponde a la Segunda Actualización de 2020.

AZIMUT

Ángulo azimut (α): Ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.

Figura 3

Representación Ángulo azimut (α)



Nota: Descripción de la posición del Sol (visto desde el punto P de la Tierra) a través de los ángulos h_s y γ_s . Solar latitud h_s : Elevación del Sol sobre el plano horizontal. Azimut solar γ_s : Ángulo entre la línea de conexión a el Sol proyectado sobre el plano horizontal desde el sur (para $j > d$, siempre se aplica para $j > 23,5$) respectivamente desde el norte (para $j < d$, siempre se aplica para $j < 23,5$). En este contexto, γ_s para valores occidentales es mayor que 0 y para los valores orientales son menores que 0. (j $\frac{1}{4}$ latitud; d $\frac{1}{4}$ declinación solar.)

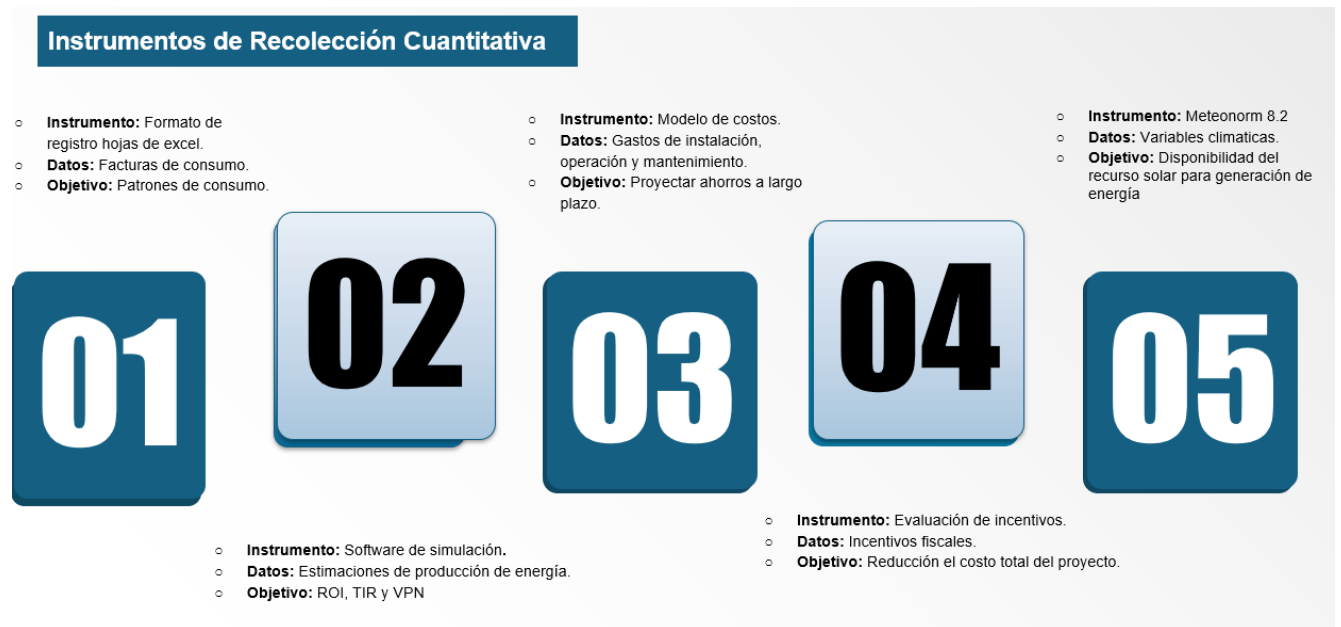
Fuente: <https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-596533-2a85bd91b0.pdf>

7. METODOLOGÍA

7.1 Metodología Cuantitativa

Figura 4

Resumen Metodología Cuantitativa



Nota: Resume las actividades a realizar dentro del marco de la Metodología Cuantitativa implementada para el desarrollo del trabajo.

Fuente: Elaboración propia

7.2 Metodología Cualitativa

I. Revisión de aspectos técnicos y normativos

Comprender los aspectos técnicos y normativos que afectan la implementación de sistemas fotovoltaicos on-grid en el contexto colombiano.

II. Normativa y Políticas Energéticas

Hacer la revisión de los incentivos fiscales y regulaciones vigentes aplicables al proyecto que permitan una reducción de costos en su implementación.

Realizar una revisión de documentos legales y regulatorios nacionales y locales (como la Ley 1715 de 2014 sobre energías renovables y las regulaciones de la Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME). Esta revisión documental facilitará la identificación de incentivos, restricciones y lineamientos que puedan afectar la factibilidad legal y operativa del proyecto.

Descripción Operacional de las Variables

Consumo de Energía

Definición: Cantidad de energía eléctrica utilizada por la empresa durante un período específico.

Unidad de medida: Kilovatios-hora (kWh).

Método de medición: Análisis de facturación energética y patrones de uso histórico.

Instrumento: Facturas de energía, herramientas de análisis estadístico (Excel, software especializado).

Costo Energético Actual

Definición: Gasto mensual de la empresa en electricidad.

Unidad de medida: Pesos colombianos (COP).

Método de medición: Revisión de facturas energéticas de los últimos 12 meses.

Instrumento: Registro contable y facturación energética.

Radiación Solar Disponible

Definición: Cantidad de energía solar recibida en la ubicación del proyecto.

Unidad de medida: Kilovatios-hora por metro cuadrado (kWh/m²).

Método de medición: Consulta de datos meteorológicos del IDEAM y Meteonorm.

Instrumento: Base de datos meteorológica, mapas de radiación solar.

Generación Energética Proyectada

Definición: Energía eléctrica que el sistema fotovoltaico podría generar en las condiciones específicas del sitio.

Unidad de medida: Kilovatios-hora (kWh).

Método de medición: Simulación utilizando software especializado como PVSyst.

Instrumento: Modelos de simulación fotovoltaica.

Retorno de Inversión (ROI)

Definición: Tiempo estimado para recuperar la inversión inicial mediante los ahorros generados por el sistema fotovoltaico.

Unidad de medida: Años.

Método de medición: Análisis financiero basado en los costos iniciales, los ahorros proyectados y los ingresos derivados.

Instrumento: Modelos financieros (VPN, TIR).

Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento

Definición: Gasto total asociado a la implementación y mantenimiento del sistema fotovoltaico.

Unidad de medida: Pesos colombianos (COP).

Método de medición: Cotizaciones de proveedores y análisis de costos.

Instrumento: Presupuestos y contratos de proveedores.

Declaración de Análisis de los Datos

Análisis Cuantitativo

Los datos recopilados de las facturas energéticas y las proyecciones de radiación solar serán analizados utilizando métodos estadísticos descriptivos para identificar patrones de consumo energético y evaluar el potencial de generación solar. Posteriormente, estos datos se integrarán en simulaciones utilizando PVSyst para estimar la generación energética del sistema fotovoltaico. Los resultados permitirán calcular indicadores financieros clave como ROI, TIR y VPN.

Análisis Financiero

El análisis financiero se centrará en determinar la viabilidad económica del proyecto, considerando costos iniciales, ahorros proyectados y costos de mantenimiento. Se aplicarán modelos financieros para evaluar la relación costo-beneficio, el tiempo de recuperación de la inversión y el impacto económico a largo plazo.

Interpretación de Resultados

Los resultados se interpretarán para determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto. Se contrastarán las proyecciones de generación y ahorro con los costos asociados, lo

que permitirá elaborar un informe con conclusiones y recomendaciones para la implementación del sistema.

8. MODELAMIENTO DEL SISTEMA

No se delimita una población convencional de individuos para este estudio, ya que el análisis se basará solo en los datos de consumo energético de la empresa Seguritech. La muestra se centrará en los registros de consumo durante el último año, lo que permitirá identificar patrones que permitan evaluar el comportamiento de la cantidad de energía consumida por la empresa durante dicho periodo.

8.1 Datos de entrada

Tabla 1

Resumen de facturación entre junio de 2023 y julio de 2024

Periodo	Consumo kWh	Promedio consumo diario kWh	Precio kWh en pesos	Costo energía consumida en pesos	Costo total de energía en pesos*
jun-23	4206	147	727,13	\$ 3.058.309	\$ 3.669.971
jul-23	4550	139	818,61	\$ 3.724.676	\$ 4.469.611
ago-23	4315	157	783,29	\$ 3.379.896	\$ 4.055.876
sep-23	4707	160	809,72	\$ 3.811.352	\$ 4.573.622
oct-23	4945	164	817,82	\$ 4.044.120	\$ 4.852.944
nov-23	4914	173	838,26	\$ 4.119.210	\$ 4.943.052
dic-23	5358	139	870,12	\$ 4.662.103	\$ 5.594.524
ene-24	4324	128	875,34	\$ 3.784.970	\$ 4.541.964
feb-24	3587	94	870,82	\$ 3.123.631	\$ 3.748.358
mar-24	2914	71	862,37	\$ 2.512.946	\$ 3.015.535

abr-24	2135	64	882,30	\$ 1.883.711	\$ 2.260.453
may-24	1997	76	890,22	\$ 1.777.769	\$ 2.133.323
jun-24	2277	147	905,66	\$ 2.062.188	\$ 2.474.625
jul-24	1865	139	891,85	\$ 1.663.300	\$ 1.995.960
TOTAL	46023	1512		\$ 38.886.572	\$ 46.663.886

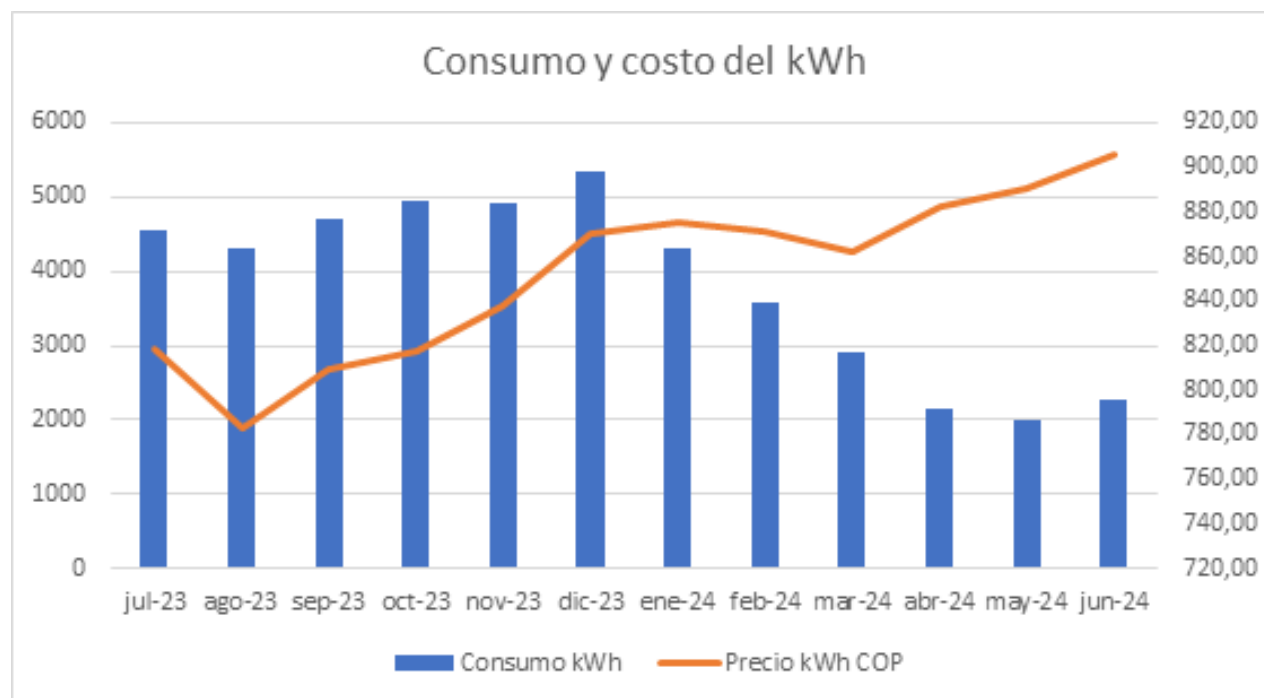
Nota: *Al costo total mensual de energía se le suma un 20% de impuesto de contribución para el sector comercial e industrial en la ciudad de Bogotá.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la gráfica del consumo comparada con el costo de energía para el periodo comprendido entre junio de 2023 y julio de 2024.

Figura 5

Consumo de energía y costo del kWh



Nota: En figura 9 se observa que la tendencia del kWh es a aumentar su precio en el tiempo, de los \$727 pesos que costaba el kWh en junio de 2023 aumentó casi hasta los \$900 en julio de 2024.

Fuente: Elaboración propia

- Análisis de demanda requerida

Las cargas principales en la empresa Seguritech corresponden a equipos de cómputo ubicados en estaciones de trabajo, así como los servidores y UPS de respaldo. Por otra parte, está la iluminación y tomacorrientes de servicio.

Tabla 2

Consumo mensual de energía en la compañía entre junio de 2023 y julio de 2024

Periodo	Consumo kWh mensual	Consumo promedio diario kWh
jun-23	4550	147
ago-23	4315	139
sep-23	4707	157
oct-23	4945	160
nov-23	4914	164
dic-23	5358	173
ene-24	4324	139
feb-24	3587	128
mar-24	2914	94
abr-24	2135	71
may-24	1997	64

Periodo	Consumo kWh mensual	Consumo promedio diario kWh
jul-24	2277	76
PROMEDIO	3835	126
TOTAL	46023	1512

Nota: Se tuvo un pico de consumo por la cantidad de proyectos que manejó la empresa entre octubre de 2023 y diciembre de 2023. En contraste, en el último trimestre (abril a junio) el consumo se ha reducido considerablemente, debido a la disminución de proyectos directamente proporcional a la ocupación de personal en los puestos de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

8.2 Definición del tamaño del sistema fotovoltaico

Con base en los resultados del análisis de consumo obtenido a través de los datos de la factura de energía, se tiene que en promedio la empresa consume 126 kWh diariamente.

La cubierta de la bodega donde funciona Securitech en la actualidad tiene un perímetro aproximado de 78,32 m y un área aproximada total de 321 m², de los cuales se puede utilizar alrededor de 100 m².

Debido a las limitantes de espacio sobre la cubierta, se optó por un sistema que tenga una potencia pico (kWp) de 12,6 kWp.

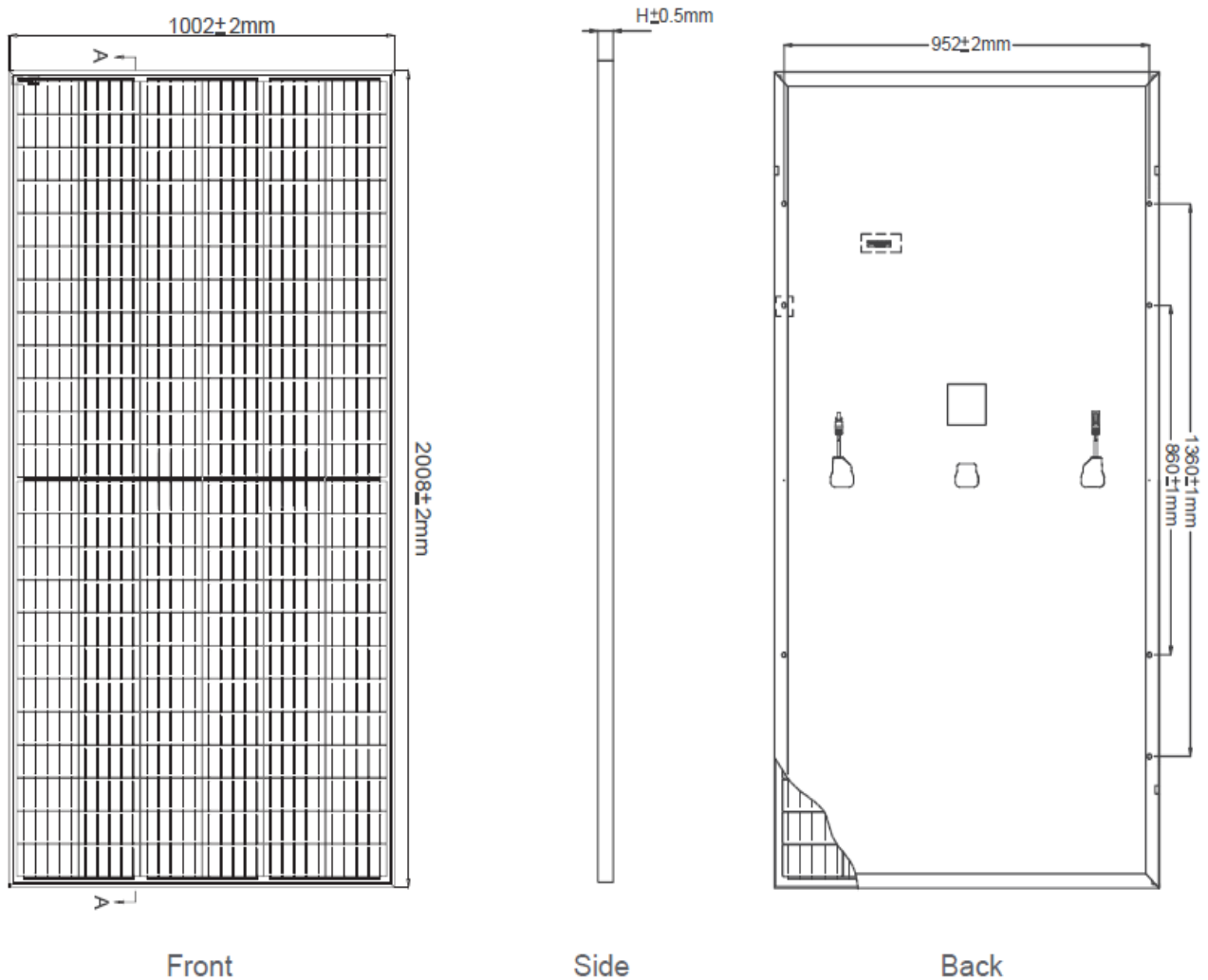
La empresa cuenta con 16 módulos fotovoltaicos de 395 W cada uno (sobrantes de un proyecto implementado), su condición es nueva y se van a reutilizar en el proyecto. Se van a adquirir 16 módulos adicionales para completar un total de 32 módulos distribuidos en 4 cadenas de 8 módulos en serie.

- Disposición de arreglo fotovoltaico

El tamaño de cada módulo es el descrito en la siguiente figura:

Figura 6

Dimensiones de cada módulo fotovoltaico Cheetah HC 72M-V 395 W Jimko Solar

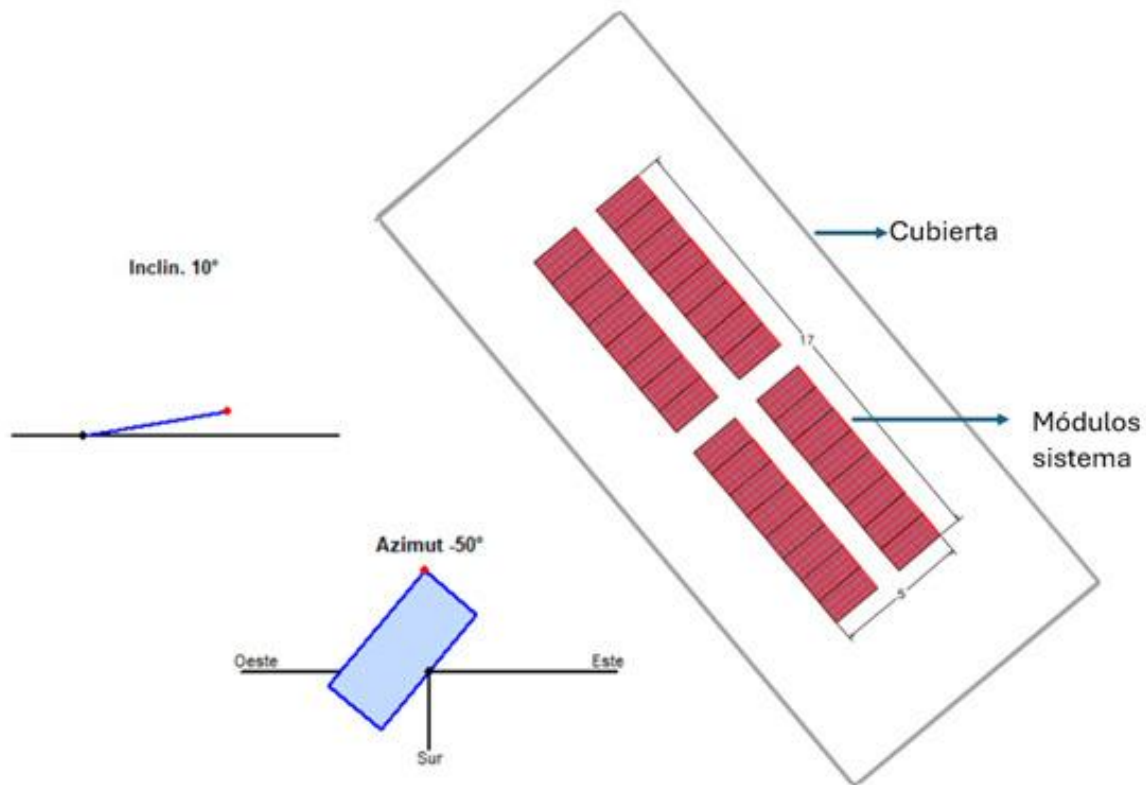


Nota: Se seleccionaron los paneles Cheetah HC 72M-V 395 W debido a que la empresa cuenta con un remanente de 16 módulos, su estado es nuevo y disponible para instalarse.

Fuente: www.jinkosolar.com

Figura 7

Disposición del sistema en cubierta, 8 módulos en serie en 4 cadenas.



Nota: Disposición del sistema fotovoltaico sobre la cubierta de las instalaciones de la empresa. Presenta un azimut de -50° y una inclinación de 10° con respecto a la horizontal.

Fuente: Elaboración propia

- Datos técnicos de los componentes del sistema fotovoltaico

Los datos de entrada para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se muestran a continuación, se tomaron de la ficha técnica de los módulos fotovoltaicos y del inversor.

Tabla 3*Características técnicas de módulos fotovoltaicos e inversor*

Ítem	Descripción	Símbolo	Cant.	Und.
1	Datos carga			
1.1	Potencia AC máxima	PAC,MAX	12,64	kW
1.2	Factor de potencia	cosF	0,95	
1.3	Horizonte diseño	Hd	25	Años
2	Datos radiación			
2.1	Latitud del lugar	q	4,6	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	-50	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3,7 + 0,69 * q $	β	7	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		10	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0^\circ,10^\circ)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	1051	Wh/m ²
3	Datos módulo fotovoltaico			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	GCEM	1000	W/m ²
3.3	Potencia máxima	PM, MOD	395	W
3.4	Tensión máxima	VM, MOD	41,4	V
3.5	Tensión de circuito abierto	VOC,MOD	49,5	V
3.6	Intensidad máxima	IM, MOD	9,55	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	ISC,MOD	10,23	A
3.8	Corriente máxima de fusible en serie	IFMAX,MOD	20,00	A
3.9	Coeficiente de temperatura de VOC,MOD	qVOC	-0,28%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de ISC,MOD	qISC	0,048%	1/°C
3.11	Coeficiente de temperatura de PMAX,MOD	qPMAX	-0,36%	1/°C
3.12	Temperatura mínima de operación de los módulos	Tmin	23,8	°C
3.13	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	Tamb	25	°C
3.14	Temperatura máxima de operación de los módulos	Tmax	29,4	°C
3.15	Eficiencia	η_{MOD}	19,63%	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 20 años	DMOD	0,4%	
4	Datos inversor			
4.1	Tipo	"On-grid"		
4.2	Tensión entrada DC	VE,INV	550	V
4.3	Rango Tensión entrada DC	VE,INV,MIN	200	V
		VE,INV,MAX	800	V
4.4	Intensidad máxima salida AC	IS,INV,MAX	43,7	A
4.5	Tensión salida AC	VS,INV	127/220	VAC
4.6	Frecuencia salida	fS,INV	60	Hz
4.7	Eficiencia	KINV	0,98	
4.8	Salida onda	Senoidal pura		

Nota: Las características técnicas de los módulos fotovoltaicos y el inversor según especificaciones del fabricante.

Fuente: <https://autosolar.co>

8.3 Presupuesto del sistema

Se incluyeron los costos de la instalación (CAPEX) con base en los precios del mercado (precios de referencia de equipos se tomaron del sitio web <https://autosolar.co>). Los costos del proyecto se resumen en la Tabla 5:

Tabla 4

Presupuesto del proyecto

Artículo	Cantidad unidades	Costo COP	Total COP
Módulos FV			
JKM395M-72H-V	32	\$373.670	\$11.957.440
Soportes para módulos	32	\$150.000	\$4.800.000
Inversores			
MAC 15KTL3-XL	1	\$9.686.948	\$9.686.948
Otros componentes			
Accesorios, sujetadores	126	\$3.000	\$378.000
Cableado	120	\$50.000	\$6.000.000
Caja de conexiones	2	\$60.000	\$120.000
Sistema de monitoreo, pantalla de visualización	1	\$2.860.000	\$2.860.000
Sistema de medición, piranómetro	1	\$1.500.000	\$1.500.000
Estudios y análisis			
Ingeniería	1	\$4.000.000	\$4.000.000
Permisos y otras tarifas administrativas.	1	\$2.500.000	\$2.500.000
Instalación			
Costo de instalación global por módulo	32	\$105.930	\$3.389.760
Costo de instalación global por inversor	1	\$3.000.000	\$3.000.000
Transporte	1	\$2.000.000	\$2.000.000

Conexión a la red	1	\$2.500.000	\$2.500.000
		Total Activo	\$54.692.148
		amortizable	\$26.822.388

Nota: De igual manera se tuvo en cuenta los costos de operación (OPEX) para el sistema, se tiene que la vida útil de los módulos fotovoltaicos es de 25 años y la vida útil del inversor es de 10 años, por tanto, se requiere cambiar este equipo 2 veces durante el tiempo útil de la instalación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Costos de operación anuales

Artículo	Total COP/año
Mantenimiento	
Provisión para el reemplazo del inversor	\$968.694,80
Reparaciones	\$1.417.319,00
Total (OPEX)	\$2.386.013,80
Incluyendo Inflación (6,00%)	\$5.236.299,31

Nota: La inflación de 6% se tomó de los datos del DANE.

Fuente: Elaboración propia

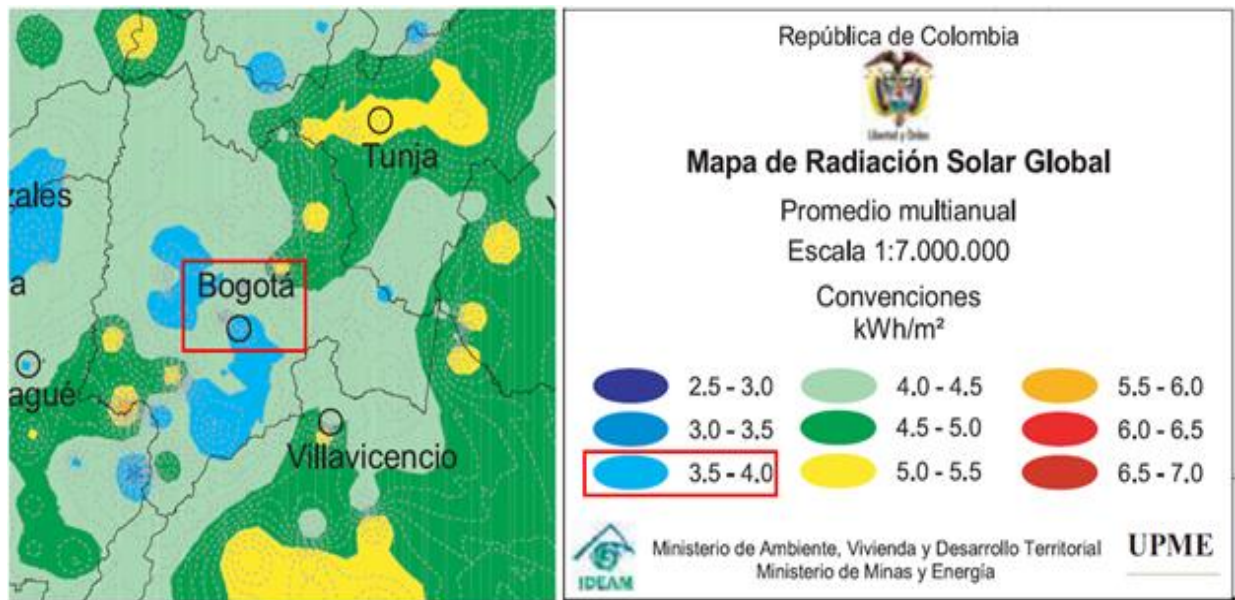
8.4 Análisis del proyecto

- Disponibilidad del Recurso Solar

Revisando el Atlas de Radiación para Colombia del IDEAM, se tiene que Bogotá presenta un promedio diario de radiación solar de 3,5 kWh/m² a 4,0 kWh/m². Esto quiere decir que de las horas luz del día, se tienen 4 horas en las que se produce el máximo de potencia posible del sistema fotovoltaico.

Figura 8

Radiación Solar Global en Colombia



Nota: La Radiación Solar Global en Colombia es un recurso clave para el proyecto debido a la ubicación geográfica, lo que garantiza niveles de irradiación durante todo el año.

Fuente: http://www.upme.gov.co/Atlas_Radiacion.htm

En cuanto el municipio de Viotá, según los datos suministrados por el software “Meteonorm 8.2.0” la irradiación promedio mensual se encuentra en 4 KWh/m²/día, siendo el mes de junio con peor índice de radiación con un índice de (2,82 KWh/m²/día). Tal como se puede evidenciar en la Tabla 1.

Tabla 6*Radiación Multianual*

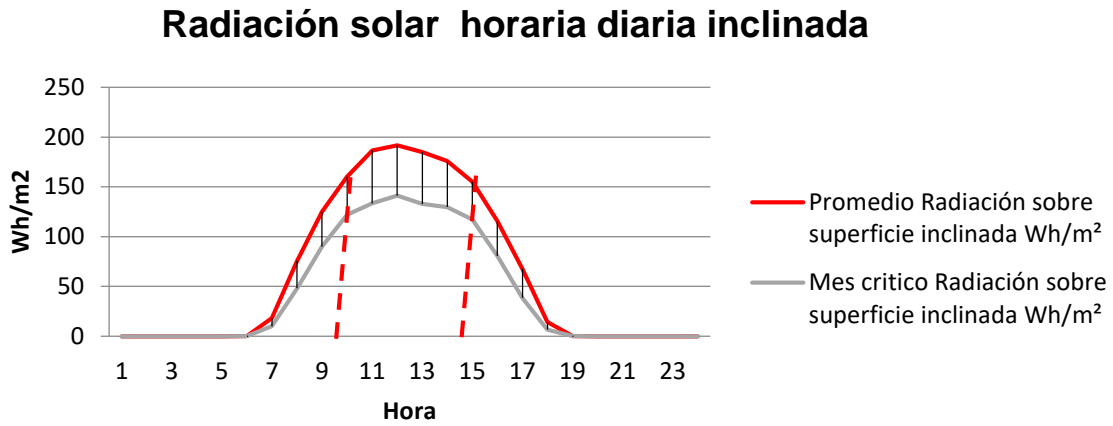
Periodo	Radiación sobre la horizontal	Radiación sobre superficie inclinada	Promedio Diaria Con Inclinación 10° KWh/m2-día
Enero	155,13	168,13	5,42
Febrero	135,63	138,95	4,48
Marzo	139,59	132,12	4,26
Abril	122,09	103,83	3,35
Mayo	117,32	96,428	3,11
Junio	114,6	87,543	2,82
Julio	125,2	97,741	3,15
Agosto	133,86	110,75	3,57
Septiembre	129,11	116,99	3,77
Octubre	134,25	131,68	4,25
Noviembre	123,03	132,49	4,27
Diciembre	141,11	154,3	4,98
Anual	1570,92	1470,95	47,43

Nota: En la Tabla 1 se muestra la radiación promedio diaria para cada uno de los meses del año en Bogotá según los datos meteorológicos del programa Meteonorm 8.2 extraídos de la estación meteorológica del Aeropuerto El Dorado del IDEAM. Se tiene un máximo de 5,42 horas de brillo solar en el mes de enero y un mínimo de brillo de 2,82 horas para el mes de junio.

Fuente: <https://solsta.co/productos/meteonorm-5/>

Figura 9

Radiación solar horaria diaria sobre superficie inclinada

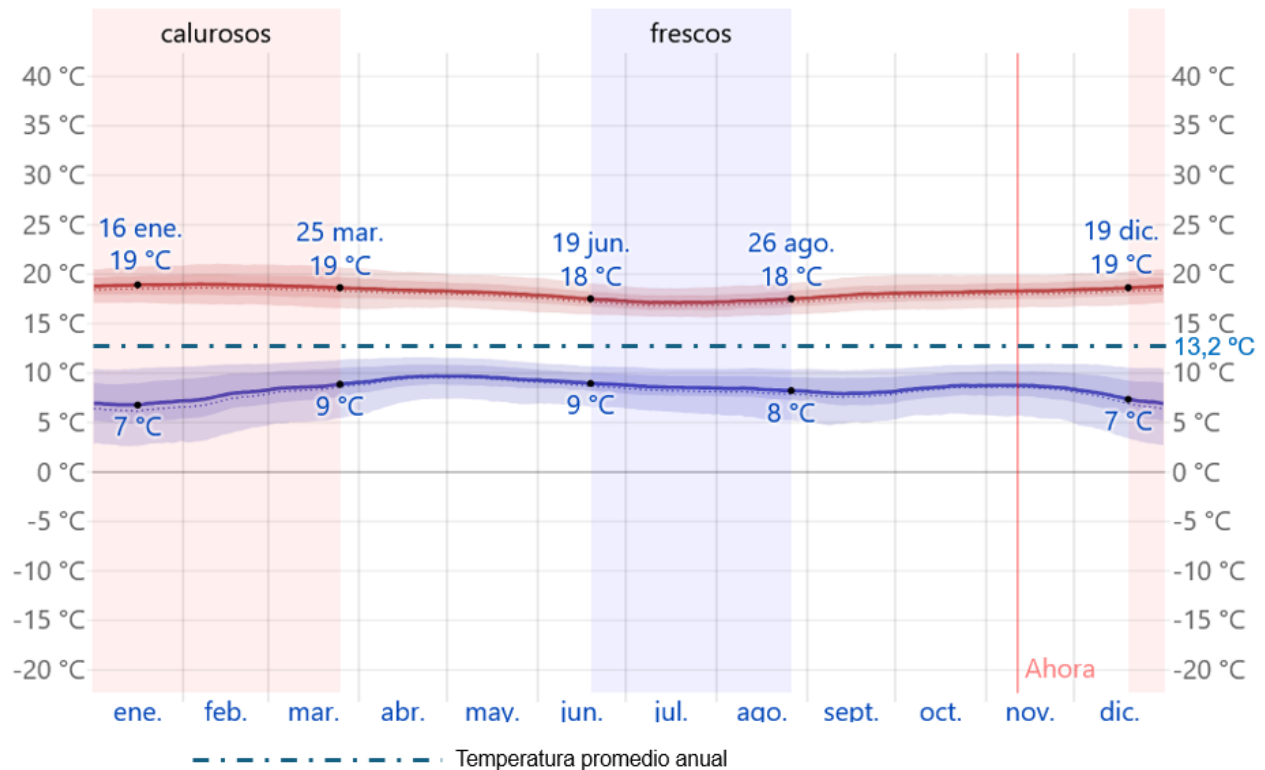


Nota: En Bogotá, los veranos son cómodos y nublados y los inviernos son cortos, frescos, mojados y mayormente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 7 °C a 19 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 21 °C. La temperatura promedio anual en Bogotá D.C es de 13,2 °C.

Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Temperatura máxima, mínima y promedio en Bogotá D.C



Nota: Datos de consumo energético, se logró recopilar la información referente al consumo de energía eléctrica de la empresa en un periodo de un año (junio 2023 – julio 2024) mediante facturación mensual. En la tabla 2, descripción de los consumos entre 2023 y 2024 en la empresa.

Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

- Análisis financiero del proyecto

La financiación del proyecto se realizará de la siguiente manera:

Fondos propios: \$34'692.148 COP

Préstamo bancario: \$20'000.000 COP

Período del préstamo: 2 años

Tasa efectiva anula: 13,5%.

Inflación: 6%¹

Tasa de descuento: 6,4%²

Precio de kWh de energía inyectada a la red: \$220 COP

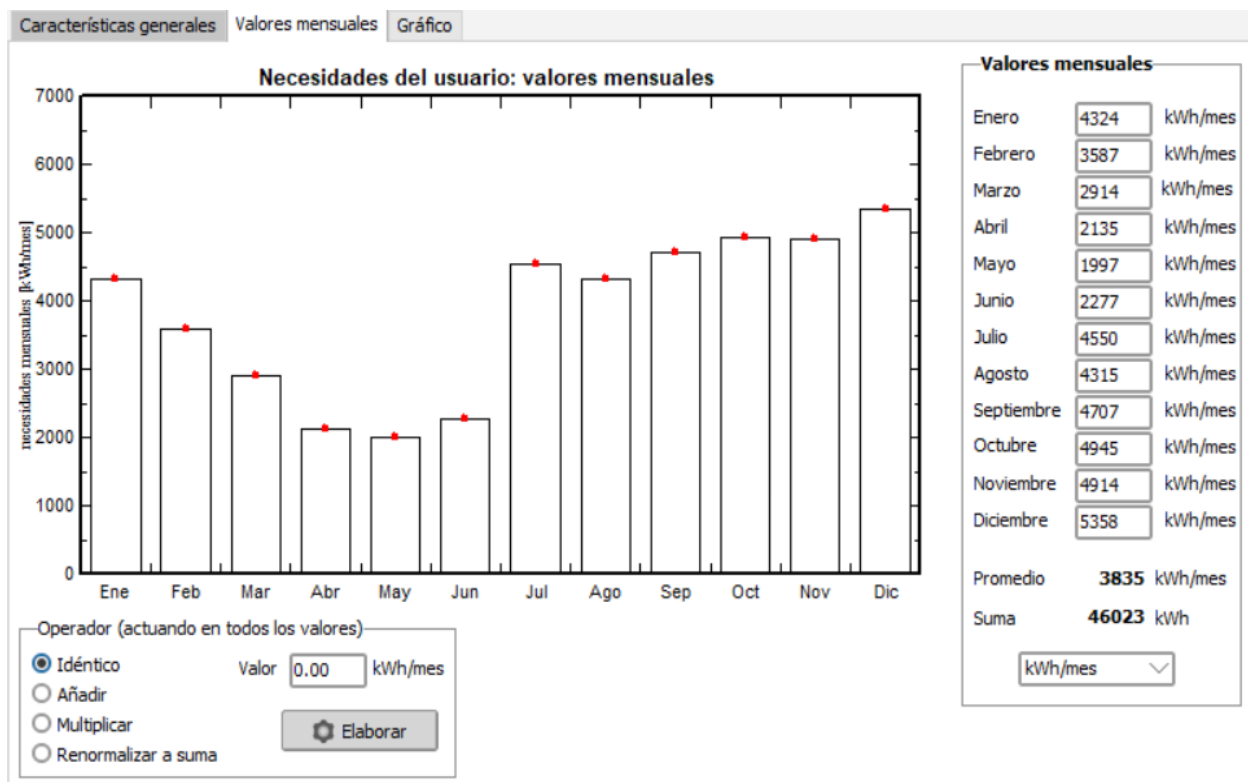
Costo promedio del kWh comprado al operador de red: \$855 COP con variación de $\pm 3\%$.

8.5 Modelamiento del consumo en el software

Se incluyó el consumo de energía mostrado en la figura a continuación:

Figura 11

Modelamiento del consumo energético de Seguritech en el PVSyst



Nota: Para modelar el sistema se incluyeron los datos de los módulos fotovoltaicos descritos en este documento, así como de los datos técnicos. El sistema de 12,6 kWp se modeló como lo muestra la siguiente ilustración:

Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Modelamiento de los módulos del sistema y el inversor en PVSyst

Subconjunto

Nombre y orientación del subconjunto

Nombre: Inclinación: **10°**
Oriente: **Plano inclinado fijo** Azimut: **-50°**

Ayuda de pre-dimensionamiento

Sin dimensionamiento Ingrese potencia planeada kWp
 Redimens. ... o área disponible(módulos) m²

Selección del módulo FV

Disponibles ahora: Módulos necesarios aprox. **25**

Usar optimizador

Dimensiona. voltaje : Vmpp (60°C) **35.5 V**
Voc (-10°C) **54.6 V**

Selección del inversor

Disponibles ahora: Voltaje de salida 220 V Tri 50Hz 50 Hz 60 Hz

Núm. de entradas MPPT: Voltaje de funcionamiento: **200-650 V** Potencia del inversor utilizada **15.0 kWca**
 Utilizar multi-MPPT Voltaje máximo de entrada: **800 V** **inversor con 3 MPPT** **No Power sharing between MPPTs**

Diseño del conjunto

Núm. de módulos y cadenas

Mód. en serie: entre 6 y 14
Núm. cadenas: entre 5 y 6

Perdida sobrecarga **0.0 %**
Proporción Pnom **0.84**

Núm. de módulos **32** **Área** **64 m²**

Condiciones de operación

Vmpp (60°C)	284 V
Vmpp (20°C)	333 V
Voc (-10°C)	437 V

Irradia. plano **1000 W/m²**

Imp (STC)	38.9 A
Isc (STC)	40.9 A
Isc (en STC)	40.9 A

Máx. en datos **STC**
Potencia de funcionamiento máx. **11.5 kW**
(en 1000 W/m² y 50°C)

Potencia nom. conjunto (STC) 12.6 kWp

La potencia del inversor está ligeramente sobredimensionada.

Nota: El modelamiento de los módulos fotovoltaicos y el inversor se realizó utilizando el software PVSyst

Fuente: Elaboración propia

9. RESULTADOS

Los resultados del sistema son los siguientes:

- ✓ Producción del sistema: 19010 kW/h anuales
- ✓ Performance Ratio PR de la instalación: 86.17%
- ✓ Costo específico de instalación por Wp: \$4327 COP
- ✓ Periodo de recuperación de la inversión 6,5 años
- ✓ Costo energético con el sistema fotovoltaico \$489 COP x kWh
- ✓ Pérdidas por irradiancia: -2.83%
- ✓ Valor presente neto VPN: \$92'459.057 COP
- ✓ Tasa de rendimiento: 21,12 %
- ✓ Retorno de la inversión ROI 169%
- ✓ Emisiones de CO₂ ahorradas: 8392 toneladas (por el período de vida útil de la instalación que es de 25 años).

La energía aportada por el sistema al consumo de la empresa corresponde en promedio al 31% de la demanda requerida la cual anualmente es de 46023 kWh. A continuación, se muestra esta proporción mensual.

Tabla 7

Comparativa de demanda energética vs aporte del sistema fotovoltaico

Aporte del sistema fotovoltaico a la demanda de energía				
Mes	Energía demandada a kWh	Energía generada Sistema kWh	Energía inyectada a la red por el sistema kWh	Porcentaje de energía
Enero	4324	1401	334	32%
Febrero	3587	1071	402	30%
Marzo	2914	914	598	31%
Abril	2135	803	805	38%
Mayo	1997	801	891	40%
Junio	2277	875	741	38%
Julio	4550	1328	250	29%
Agosto	4315	1283	302	30%

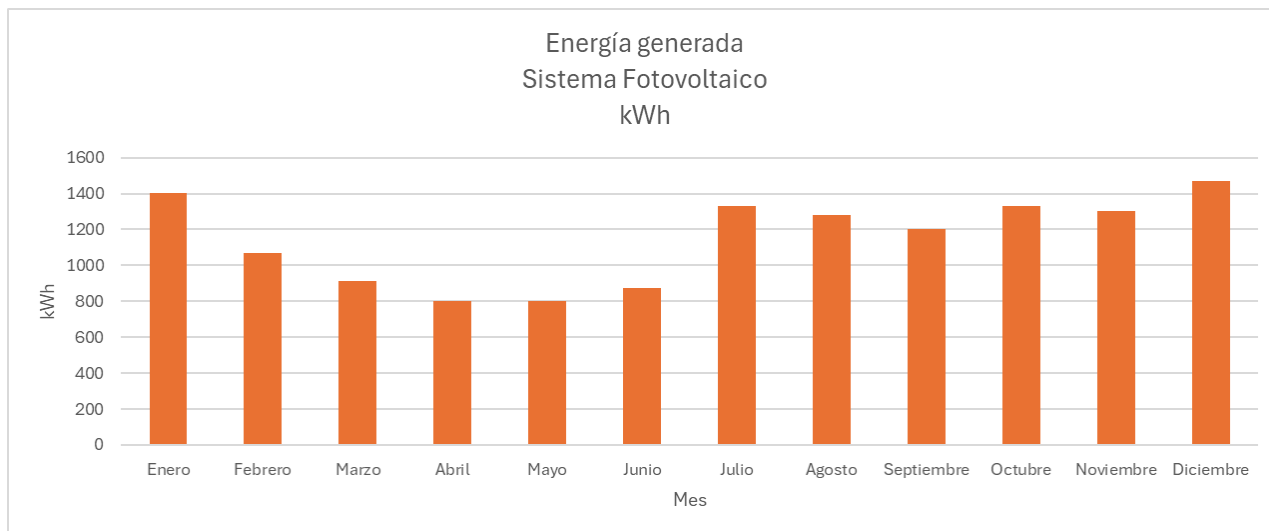
Septiembre	4707	1200	263	25%
Octubre	4945	1332	171	27%
Noviembre	4914	1302	205	26%
Diciembre	5358	1470	271	27%

Nota: La Tabla 7 presenta una comparativa entre la demanda energética y el aporte del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración propia

Figura 13

Muestra la energía producida mensualmente por la instalación fotovoltaica

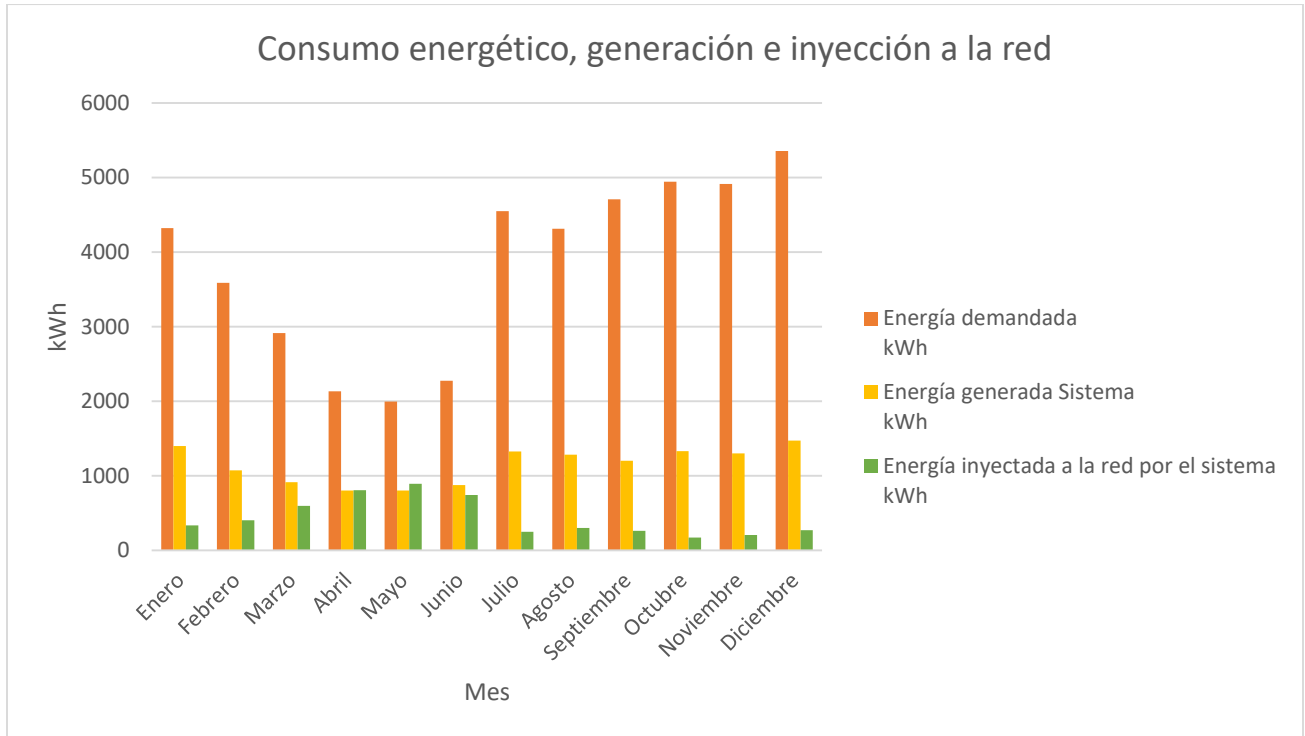


Nota: La figura 14 muestra la energía producida mensualmente por la instalación fotovoltaica.

Fuente: Elaboración propia

Figura 14

Consumo energético, generación del sistema fotovoltaico e inyección a la red

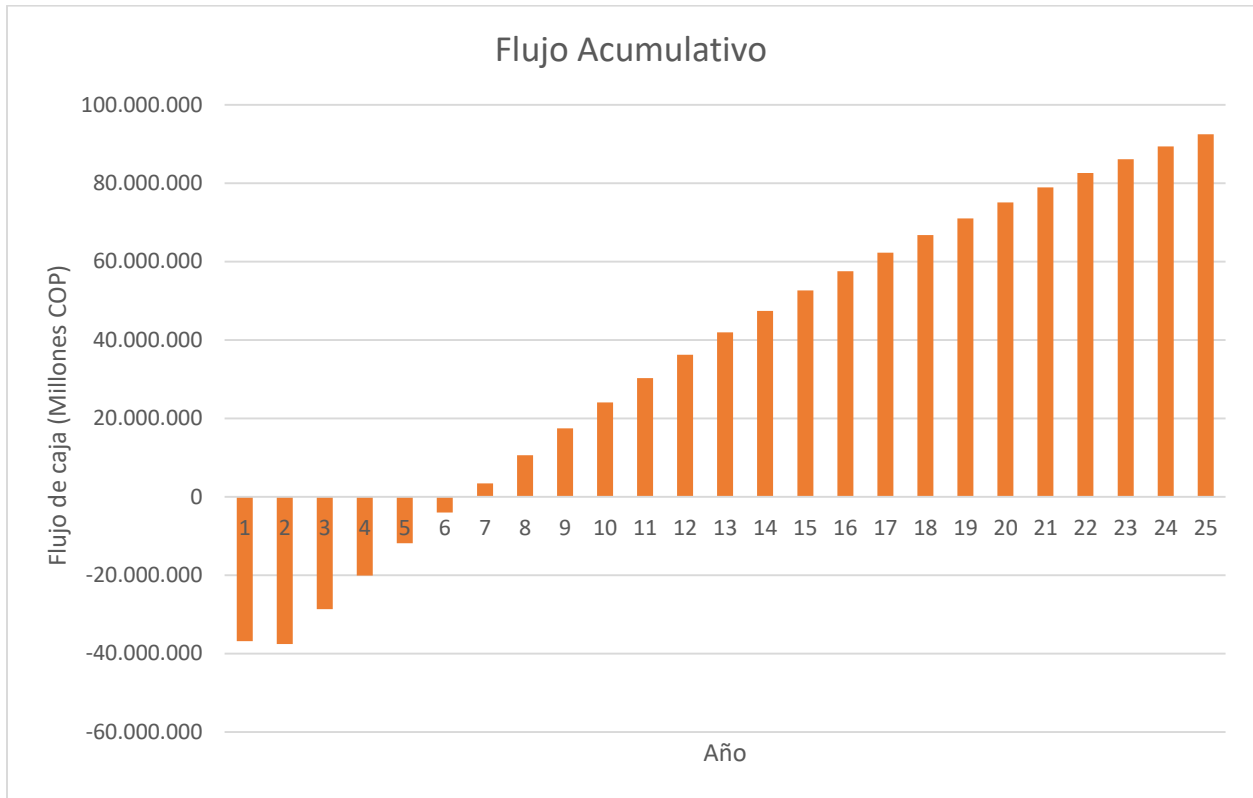


Nota: La Figura 15 ilustra el consumo energético, la generación del sistema fotovoltaico y la inyección a la red.

Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Flujo acumulativo Fuente: Elaboración propia



Nota: Finalmente se puede observar en la siguiente ilustración, el periodo de recuperación de la inversión y el flujo acumulativo de capital en los 25 años de vida útil de la instalación fotovoltaica

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- El análisis realizado demuestra que la implementación de un sistema fotovoltaico On-grid en Seguritech Colombia SAS es factible técnica y económicamente.
- El resultado del estudio económico indica que el retorno de inversión se tiene a los 6,5 años de implementado el Proyecto con una tasa de descuento del 6,4%.
- La implementación del sistema On-grid representa un avance hacia la adopción de tecnologías limpias, se tiene una reducción de CO₂ durante el ciclo de vida de la instalación (25 años) de 8.392 toneladas.
- El proyecto tiene una capacidad de potencia pico de 12,6 kWp, esto hace que esté dentro de la categoría de Autogenerador a Pequeña Escala, AGPE \leq 1 MW.
- El análisis de las diferentes tecnologías disponibles permitió identificar la opción más adecuada para la empresa.

RECOMENDACIONES

- Implementar el sistema On-grid con proveedores y equipos de calidad con la mejor relación costo-beneficio.
- Es fundamental capacitar al personal técnico de la empresa en la operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico para maximizar su eficiencia y prolongar su vida útil.
- Monitoreo continuo para evaluar el impacto y optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico.
- Promover ante los clientes los beneficios del sistema para reforzar la imagen de Seguritech como empresa sostenible e innovadora.

- Aprovechar beneficios fiscales y financiamiento para reducir costos del proyecto de energía renovable.

REFERENCIAS

1. *Alejandro - Resolución 174 de 2021 CREG.* (s/f). Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm
2. Bermúdez, Á. (2023, octubre 6). Guerra de Yom Kipur: el conflicto que hace 50 años puso a Israel contra la cuerda y acabó con su imagen de invencibilidad. *BBC*. <https://www.bbc.com/mundo/articulos/cd1vnwdw8xyo>
3. Blinder, A. S. (1982). The anatomy of double-digit inflation in the 1970s. *NBER Chapters*, 261–282. <https://ideas.repec.org/h/nbr/nberch/11462.html>
4. *Book Review.* (s/f). The Independent Institute. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.independent.org/publications/tir/article.asp?id=1461>
5. Creg, P. (2024, marzo 22). *Medidas adoptadas por la CREG para evitar incrementos tarifarios y riesgo de desabastecimiento.* Portal CREG. <https://creg.gov.co/publicaciones/15711/medidas-adoptadas-por-la-creg-para-evitar-incrementos-tarifarios-y-riesgo-de-desabastecimiento/>
6. De hasta el, E. M., Incluida, F. A., Autoconsumo, L. P. M., táctil y pantalla OLED, T., & de DC y AC, S. de T. I. I. en el L. (s/f). *MAC1~KTL-XL*. Autosolar.co. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://cdn.autosolar.co/pdf/Fichatec-MAC10-20KTL3-XL.pdf>
7. Drago, C., & Gatto, A. (2022). Policy, regulation effectiveness, and sustainability in the energy sector: A worldwide interval-based composite indicator. *Energy Policy*, 167(112889), 112889. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112889>
8. Durán, M. (2022, octubre 13). *Futuro de la energía solar en Bogotá.* Erco.energy; Erco Energy. <https://erco.energy/co/blog/futuro-energia-solar-bogota>
9. Ejecutivo, R. (s/f). *Análisis comparativo de marcos regulatorios y comerciales para la adopción de energía solar fotovoltaica para edificaciones comerciales, residenciales, industriales y públicas en países seleccionados de América Latina y el Caribe.* Org.ar. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/5.-Resumen-Ejecutivo-Techos-Solares.pdf>
10. el Caribe, C. E. P. A. L. y. (2013). *Energía: una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe.*
11. *Energías renovables.* (s/f). Enelgreenpower.com. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables>
12. *EUR-Lex - 52018DC0773 - EN - EUR-Lex.* (s/f). Europa.Eu. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0773>
13. *Global renewables outlook: Energy transformation 2050.* (s/f). Irena.org. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>
14. Häberlin, H. (2012). *Photovoltaics: System design and practice.* John Wiley & Sons.

15. *Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa.* (s/f). Minenergía. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.minenergia.gov.co/es/micrositios/transicion-energetica-justa/>
16. *Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas - IPSE.* (2020, noviembre 25). IPSE. <https://ipse.gov.co/>
17. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Ed.). (2002). *Atlas de Colombia.* - 5 edición. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
18. Leighton, L. (2013). *No title.* 1–1.
19. *Ley 1715 de 2014 - Gestor Normativo.* (s/f). Gov.co. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
20. *Ley 2099 de 2021 - Gestor Normativo.* (s/f). Gov.co. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>
21. Moran, M. (2015, enero 7). *Energía.* Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
22. *No title.* (s/f). Edu.co. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/fiscal/article/download/5230/9167>
23. *Proyectos de eficiencia energética.* (s/f). Gov.co. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Proyectos-de-eficiencia-energetica.aspx>
24. Salgado, L. M. U. (2024, abril 18). *Las 15 medidas del Gobierno para enfrentar el fenómeno de El Niño -.* Gov.co. <https://www.minambiente.gov.co/las-15-medidas-del-gobierno-para-enfrentar-el-fenomeno-de-el-nino/>
25. *SER COLOMBIA – Asociación Energías Renovables.* (s/f). Ser-colombia.org. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://ser-colombia.org/>
26. Serna-Ruiz, A. F., Marín-García, E. J., & Alzate-Plaza, S. L. (2016). Herramienta para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados. *Lámpsakos*, 1(16), 61. <https://doi.org/10.21501/21454086.1936>
27. United Nations. (s/f). *¿Qué es el cambio climático? | Naciones Unidas.* Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
28. *UPME.* (s/f). Gov.co. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www1.upme.gov.co/>
29. (S/f-a). Researchgate.net. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de https://www.researchgate.net/publication/269418090_Planning_and_installing_photovoltaic_system_a_guide_for_installers_architects_and_engineers
30. (S/f-b). Edu.co. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1639&context=ing_electrica
31. (S/f-c). Unirioja.es. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7021251>
32. (S/f-d). Studocu.com. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-central-de-venezuela/mecanica-de-maquinas/perez-juan-2019-guia-dimensionamiento-sistemas/60300185>
33. (S/f-e). Researchgate.net. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de https://www.researchgate.net/publication/322869121_The_renewable_energy_policy_Paradox
34. (S/f-f). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ciriec.es/wp-content/uploads/2021/07/Revista_66_CIDEC_tema.pdf

35. (S/f-g). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://ingenieria.uniandes.edu.co/sites/default/files/facultad-ingenieria/revistas-ing/revista-de-ingenieria-48.pdf>
36. (S/f-h). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www.minenergia.gov.co/documentos/5856/TRANSICION_ENERGETICA_COLOMBIA_BID-MINENERGIA-2403.pdf
37. (S/f-i). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/PLAN ESTRATEGICO_INSTITUCIONAL_2019_-_2022_VERSION_1.0-1.pdf
38. (S/f-j). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Ley_697.PDF
39. (S/f-k). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf
40. (S/f-l). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://documents1.worldbank.org/curated/en/298441468763470314/pdf/346760Progress0renewable0energy.pdf>
41. (S/f-m). Gov.co. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia>
42. (S/f-n). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Informe_gestion_2019_V2.pdf
43. (S/f-o). Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WEIM2022_-_Global_%28Spanish%29.pdf