

UCUENCA

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Maestría en Administración y Gestión de Empresas.

Energía Fotovoltaica: Una oportunidad de creación de microempresas en
Cuenca – Ecuador mediante la figura de Generación Distribuida

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Magister en
Administración y Gestión de Empresas

Autor:

Ing. Edgar Rolando Becerra Palacios. MSc

CI: 0104019062

Correo electrónico: ebecerrapalacios@gmail.com

Director:

Ing. Diego Fernando Roldan Monsalve. PhD

CI: 0101693588

Cuenca, Ecuador

18 de octubre de 2022

Resumen

El estudio “Energía Fotovoltaica: Una oportunidad de creación de microempresas en Cuenca – Ecuador mediante la figura de Generación Distribuida”, considera la oferta y demanda actual de energía eléctrica en el sector residencial de la ciudad de Cuenca y considera una proyección de la misma a 25 años, presenta una alternativa para implementar tecnologías in situ mediante generación distribuida con energía fotovoltaica y analiza la probabilidad para que las residencias puedan ser consideradas como micro empresas, teniendo presente que a más de contar de manera permanente con este servicio, percibirán beneficios económicos por su incorporación a la red nacional, garantizando la seguridad energética, productiva, económica y medioambiental de las presentes y futuras generaciones. Con la finalidad de demostrar la factibilidad de la producción de energía eléctrica por viviendas unifamiliares, se presenta un análisis y evaluación del impacto ambiental y del nivel social basado en la sostenibilidad de la inversión por parte de la población y sobre todo la reducción de emisiones de CO₂. Como beneficios se tiene: reducción de costos en pérdidas de transmisión, distribución, expansión, repotenciación de sistemas eléctricos, mantenimiento de infraestructura, atención rápida al crecimiento de la demanda, sobre la base de estudios técnicos de convertidores, diseño y seguimiento de carga y descarga de las baterías, control de la energía almacenamiento y descarga de baterías. La factibilidad económica de este tipo de energía, se demuestra con cálculos en inversión en capital fijo y operativo y análisis con técnicas como el TIR, el VAN, tiempo de recuperación de Capital.

Palabras clave: Microempresas. Energía fotovoltaica. Cuenca

Abstract

The study "Photovoltaic Energy: An opportunity to create micro-enterprises in Cuenca - Ecuador through the figure of Distributed Generation", considers the current supply and demand of electric energy in the residential sector of the city of Cuenca and contemplates a 25-year projection of the same, presents an alternative to implement on-site technologies through distributed generation with photovoltaic energy and analyzes the probability for residences to be considered as micro-enterprises, bearing in mind that in addition to having this service permanently, they will receive economic benefits for their incorporation to the national grid, guaranteeing energy, productive, economic and environmental security for present and future generations. In order to demonstrate the feasibility of the production of electric energy by single-family houses, analysis, and evaluation of the environmental and social impact are presented based on the sustainability of the investment by the population and above all the reduction of CO₂ emissions. The benefits are cost reduction in transmission losses, distribution, expansion, repowering of electrical systems, infrastructure maintenance, rapid attention to demand growth, based on technical studies of converters, design, and monitoring of charging and discharging of batteries, energy control, storage, and discharge of batteries. The economic feasibility of this type of energy is demonstrated with calculations in investment in fixed and operating capital and analysis techniques such as IRR, NPV, and capital recovery time.

Keywords: Microenterprises. Photovoltaic energy. Cuenca.

Índice de Contenido

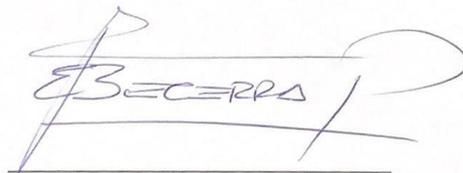
1. INTRODUCCIÓN	7
2. ESTADO DEL ARTE	10
3. METODOLOGÍA	21
Radiación Solar e Irradiación Solar	23
Requisitos Fundamentales para el Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico conectado a Red - SFVCR	24
<i>Irradiación Solar en Cuenca</i>	24
<i>Área Física Disponible</i>	25
<i>Demanda a ser Cubierta</i>	25
Configuración Típica de un SFVCR	25
Datos de Recursos Solares.	27
Simulación del SFVCR.	32
Presupuesto de la Instalación Conectada a Red	32
Flujo de caja proyectado.	35
Estructura del flujo de caja.	35
Escenarios	36
4. RESULTADOS	39
Impacto Económico	39
Impacto Ambiental	40
Impacto Social	40
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	41
Discusión	41
Conclusión	41
6. RECOMENDACIONES	43
7. REFERENCIAS	44
8. Anexos	46

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, **Edgar Rolando Becerra Palacios** en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Energía Fotovoltaica: Una oportunidad de creación de microempresas en Cuenca – Ecuador mediante la figura de Generación Distribuida**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de octubre de 2022

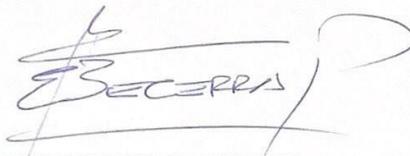
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'E. BECERRA', with a large, stylized flourish extending to the right.

Ing. Edgar Rolando Becerra Palacios
C.I: 0104019062

Cláusula de Propiedad Intelectual

Edgar Rolando Becerra Palacios, autor/a del trabajo de titulación "Energía Fotovoltaica: Una oportunidad de creación de microempresas en Cuenca – Ecuador mediante la figura de Generación Distribuida", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 19 de octubre de 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'E. BECERRA', with a large, stylized flourish extending to the right.

Ing. Edgar Rolando Becerra Palacios
C.I: 0104019062

1. INTRODUCCIÓN

El constante incremento poblacional implica por un lado la producción de mayor cantidad de bienes y servicios, y por otro el diseño, implementación y operatividad de nuevas unidades productivas, así también como un desafío al sector público y privado, considerando lo pertinente en materia energética y económica, lo que motiva la toma de decisiones estratégicas y tácticas con la generación de energía in situ, conocida como generación distribuida, misma que consiste en generar energía eléctrica con pequeñas fuentes en el lugar de consumo o muy próximo al mismo como una alternativa para micro empresas generadoras de energía eléctrica, situación que impulsa el presente trabajo, analizando la generación fotovoltaica con base a la Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021, Regulación Nro. ARCERNNR-001/2021, con lo que es posible garantizar la seguridad y soberanía energética, productiva, económica y medioambiental de las presentes y futuras generaciones.

Durante el gobierno del presidente Rafael Correa se construyeron varios proyectos de generación de energía eléctrica, todos ellos principalmente de fuentes renovables hidráulicas y eólicas, sin embargo, la demanda de energía del país sigue en constante incremento lo que obliga a ver alternativas de apoyo al parque generador, siendo una de estas la generación in situ con energía fotovoltaica, la cual proviene de su fuente primaria, el sol.

Disponiendo de alternativas de generación in situ de energía fotovoltaica mediante la Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021, Regulación Nro. ARCERNNR-001/2021 “Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”, es necesario estudiar la factibilidad de que los propietarios de viviendas puedan implementar el sistema con base a esta regulación, que a más de disponer de este bien y servicio, podrían convertirse en micro empresas de generación de energía eléctrica.

En este contexto se plantea la pregunta ¿Es factible con la tecnología fotovoltaica actual que las viviendas unifamiliares residenciales de Cuenca se puedan convertir en microempresas de generación bajo la figura de generación distribuida?

Pregunta que se responde de manera detallada en el estudio, con base a un análisis de la tecnología actual para identificar su factibilidad, así como la evaluación de su impacto

ambiental fundamentado en la reducción de emisiones de CO₂ y finalmente un análisis a nivel social basado en la sostenibilidad y factibilidad de inversión por parte de la población.

No existe una definición única y común acerca del concepto de generación distribuida, sin embargo, múltiples autores manejan diferentes esquemas e intervalos de trabajo, para caracterizar servicios que pueden caer en el margen de la generación distribuida. En el contexto del documento, se entenderá por generación distribuida el proceso de producción (o generación) y distribución de energía eléctrica a pequeña o mediana escala, con una cercanía a los centros finales de consumo y con posibilidad de interactuar con las redes de interconexión eléctrica (González et al., 2008).

Se estima que con la aplicación de la generación distribuida se obtienen beneficios por la reducción de costos en pérdidas de transmisión y distribución en el orden del 5 al 10 % de todos los kWh generados; se evita costos en la expansión o repotenciación de los sistemas de transmisión y distribución, reducción de costos por mantenimiento de la infraestructura, aumento de confiabilidad a los consumidores próximos a la generación distribuida y atención más rápida al crecimiento de la demanda por tener menores tiempos de implementación en relación con la generación centralizada. Se debe tomar en cuenta que entre las principales desventajas de la generación distribuida se tiene la descoordinación de los equipos de protección eléctrica, la desensibilización de las protecciones eléctricas, dificultades en la reconexión, variaciones de voltaje, sobretensiones, resonancia de sobretensión, armónicos (Muñoz-Vizhñay et al., 2018).

La utilización razonable y eficaz de la energía solar es una buena alternativa para afrontar la crisis energética mundial en la actualidad. Con el fin de reducir el costo de la energía solar para quienes implementen esta alternativa, se considera, el estudio sobre la mejora de la eficiencia de la energía solar es muy importante. Para ello se han propuesto varias formas de mejorar la eficiencia de este tipo de energía. Así se tiene técnicas como el estudio técnico de los convertidores de los paneles solares, el diseño de un sistema automático de seguimiento de la carga y descarga de las baterías, el control de la energía solar para el almacenamiento y la

descarga adecuada de las baterías, para así evitar el mal uso y deterioro de las mismas (Berrío & Zuluaga, 2014).

En la actualidad, las plantas eléctricas pequeñas ofrecen una forma competitiva de participar en los mercados eléctricos desregulados, debido a que aun cuando la electricidad es más cara en la fuente, no está sujeta a las grandes pérdidas de transmisión que tienen lugar en el proceso de llegar a los usuarios finales (Almeida, 2006).

También será un dato interesante a considerar las inversiones sostenibles, mismas que consisten en invertir ahora y recuperar en el futuro, para lo cual se debe reconocer que las empresas que resuelvan los mayores desafíos a los que se enfrenta la humanidad podrían estar posicionadas para crecer, con esto lo que se busca es promover nuevas formas de hacer negocios y motivar a más personas a invertir en el futuro a través de la combinación de enfoques de inversión tradicionales con perspectivas medioambientales, sociales y de gobierno corporativo.

La ejecución de proyectos de este tipo permitirá, además de identificar los entornos y las potenciales barreras técnicas, reconocer las barreras sociales y económicas a las que previsiblemente se enfrentaría la implementación de este tipo de aplicaciones en el ámbito nacional. En el ex Ministerio de Electricidad y Energía Renovable - MEER, se estimaba que los proyectos futuros que atiendan esta línea de investigación, ineludiblemente, tomarán en cuenta esta problemática (Velasco & Cabrera, 2009).

La Constitución de la República del Ecuador preceptúa en sus artículos:

Art. 15: El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

Art. 26: Energías Renovables no convencionales: El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía.

2. ESTADO DEL ARTE

La generación de energía eléctrica a base de los sistemas de combustible tradicionales se debate en una polémica de sostenibilidad económica y medioambiental, el agotamiento de recursos, el incremento de los precios, ocasionan que la generación de energía se convierta en un factor determinante para el sostén de la economía nacional, todo ello con mira a garantizar la satisfacción de la demanda eléctrica en las actividades del desarrollo económico y social, convirtiendo a las energías renovables en la principal fuente de incorporación al parque generador de energía.

El escenario fotovoltaico mundial actual es propicio para las fuentes renovables de energía, existe un aumento considerable de instalaciones eléctricas fotovoltaicas a nivel mundial seguido de una fuerte disminución de sus costos , tiene un alto predominio las instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional, junto con esto existe también un gran desarrollo tecnológico; debiendo mencionar que China consolida su liderazgo mundial en instalaciones fotovoltaicas, mientras que en América Latina y Cuba existe un escaso mercado e insuficientes instalaciones (Stolik Novygrad, 2014).

Es necesario potenciar las alternativas de generación eléctrica que usan como fuente primaria un recurso natural renovable, con ello se disminuye la dependencia energética de fuentes contaminantes, en ese sentido los sistemas fotovoltaicos conectados a la red representan una de las principales alternativas de oferta de energía, reducen la emisión de gases de efecto invernadero y mejoran parámetros técnicos en la red, así también pueden constituirse en ahorros económicos considerables para el abonado.

Esta alternativa de generación de energía eléctrica se ha concentrado en Europa, y tienen un incremento considerable en China, Japón y EEUU, no obstante, en América Latina y el Caribe muestran una bajísima cantidad de instalaciones a pesar de poseer mejor y distribuida radiación solar (Stolik Novygrad, 2014).

Se debe hacer notar, que la ventaja de la energía solar fotovoltaica radica en que ésta es una fuente gratuita, que es una característica a tener en cuenta para la aplicación de este sistema, además, este tipo de energía se encuentra relacionado ampliamente con un aspecto

social y ambiental debido a que por un lado contribuye de forma positiva al bienestar social y por otro lado disminuye considerablemente las emisiones de CO₂ (Gómez-Ramírez, et al., 2017). La mayor central fotovoltaica se encuentra ubicada en Portugal con una potencia de 62 MWp y evita el envío de gases como el dióxido de carbono en alrededor de 60.000 toneladas al año (Arrastía & Corp, 2013).

En otros países como China, Alemania, Estados Unidos y Japón, la aplicación de estas fuentes de energía son necesarias frente a los fuertes problemas de contaminación presentes en cada uno de los países; para reducir el dióxido de carbono y gas metano elaboraron distintos planes para la instalación y uso de energías renovables como la solar fotovoltaica para combatir dicho fenómeno suministrando de esta manera cerca de 50.0000 MW e impidiendo la emisión de CO₂ en alrededor del 50% para el 2030, 65% y 80% para el 2040 y 2050 respectivamente (Serrano-Guzmán et al., 2017).

Para el caso de estudio realizado en el año 2015 para la Universidad de Córdoba, España se encontró que el uso la energía fotovoltaica a pesar de tener un costo de inversión inicial mayor, fue la alternativa con un menor coste total asociado, con € 26.444, frente a otros como la energía eléctrica con € 41.593 y € 70.748 correspondiente al generador de diésel, además este sistema conectado a red permitía la posibilidad de vender el excedente de energía generando un ingreso económico extra al agricultor que podría ser empleado en otros gastos (Mérida García et al., 2019).

Implementación de una instalación fotovoltaica en el tejado del complejo polideportivo Espartales en Alcalá de Henares (Rodríguez Barrena, 2021), con una potencia de 194.4 kW, el complejo presta las condiciones físicas para el efecto, así como su radiación solar, en el tema económico básicamente se centra en el tiempo necesario para amortizar la inversión. La instalación bordea una inversión de € 257.962,65 (\$ 292.355,52), el precio del kWh tiene un valor de 0.06 €/kWh, el interés del préstamo es del 6% a ser devuelto en 10 años, con estos datos se corre el flujo de caja y se concluye que la inversión se amortiza a los 13 años con una TIR del 12.82%, lo que indica que esta instalación va a generar un beneficio del 12.82% anual

respecto de la inversión inicial, indicador que comparado con el beneficio que genera una inversión en un banco es bastante elevado.

Estudio técnico económico de una instalación fotovoltaica conectada a red de 52 kW en un Instituto de enseñanza secundaria en Salamanca – España (Raya Narváez, 2010), de acuerdo a la clasificación de la tarifa, esta instalación corresponde a una instalación tipo I.2 que dice “Instalaciones que estén ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas, cerradas, hechas de materiales resistentes, dedicadas a usos residencial, de servicios, comercial o industrial, incluidas las de servicios, comercial o industrial, incluidas las de carácter agropecuario con un potencia superior a 20 kW” con un valor de 0.32 €/kWh, se estima que la instalación genere 77.951,81 kWh al año que corresponden a € 24.944,60 por concepto de venta de energía. Se estima una inversión de € 313.388,90, se considera un interés financiero del 6% y 25 años de vida de la instalación, con esta información se obtiene un retorno de la inversión en 13 años con una TIR del 10.7%. En el campo ambiental se denota un importante aporte al calcular el ahorro de CO₂ obtenido gracias a este tipo de generación, para ello se basa en la emisión media por unidad de electricidad generada en España que para el 2004 era de 0.464 kg de CO₂ por kWh, lo que se traduce en aproximadamente (en) 36.000 toneladas de CO₂ por año. En el campo social una instalación fotovoltaica, a un coste razonable de emplear una alternativa renovable en el sector urbano para generación de electricidad, respetuosa con el medioambiente contribuirá una sensibilización hacia el ahorro, además se convertirá en un elemento diferenciador que permitirá mejorar el estatus social del mismo.

En una investigación realizado al Programa de Producción Agropecuaria (PPA) en Costa Rica para el año 2015 se encontró que el uso de este sistema permite satisfacer por sí mismo la demanda de energía necesaria para la correcta operación de las industrias, logrando reducir entre el 40% y 50% la energía consumida, lo cual se traduce en un total de 1007,9 kg CO₂ capturado y un ahorro total de ₡322,43 (aprox. \$ 355.00) en la factura eléctrica total Guzmán-Hernández et al., (2016).

De acuerdo a un informe del año 2018, la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico de Argentina (CAMMESA) apenas el 0.5% es de aporte solar y eólico. La necesidad de incrementar el aporte de energía renovable, principalmente de energía fotovoltaica se justifica por los siguientes motivos: declive de las actuales reservas fósiles, aumento de la demanda, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y facilidad de acceso de la población a generar su propia energía.

El consumo de energía en Argentina a nivel residencial es el más elevado de los sectores, siendo aproximadamente el 42% al año 2017 (Martínez & Poladian, 2020). La población rural argentina tiene una interesante experiencia con el uso de sistemas fotovoltaicos autónomos, la cual es opuesta a la población urbana, misma que cuenta con una escasa o nula experiencia, por ello el ciudadano común argentino no ha tomado conciencia real de sus características, potencialidades, ventajas y desventajas. Así mismo se manifiesta que los sistemas conectados a red no han tenido un desarrollo acorde con sus potencialidades, por lo que se resume que la población urbana argentina no tiene una conciencia profunda de la importancia de la energía, asumiendo un rol pasivo que solo se ve alterado frente a aumentos en las tarifas o cortes del servicio. Uno de los principales objetivos de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red es reducir la factura de consumo de electricidad y convertirlos económicamente viables. El estudio mencionado simula tres propuestas mediante el programa PV*SOL 2019 en uno de los edificios de departamentos de la ciudad de Caba, Argentina, donde el consumo de energía eléctrica en las áreas comunes es 6.042 kW/año, la primera y segunda propuesta de 2.1 kWp orientadas al NE y NO respectivamente, una tercera propuesta de 3.1 kWp orientada al NE, las cuales han considerado las mejores prestaciones de la edificación para un rendimiento óptimo del sistema, producto de esta simulación se indica que la primera y segunda propuesta son las más recomendables dado que aportan aproximadamente un 48% del consumo eléctrico, el cual sería compatible con el consumo diurno de la edificación, el tercer arreglo genera más energía que la consumida en horarios diurnos, sin embargo este excedente no podría ser inyectado a la red para su compensación económica, dado que la ciudad de Caba no cuenta con una normativa que permita esta

operación. En el tema financiero y económico básicamente se enfoca en conocer si la falta de políticas públicas concretas que promuevan la inversión de energía solar fotovoltaica en los hogares afecta para que un hogar de clase media de la ciudad de Caba pueda acceder a esta inversión por sí mismo.

Para el análisis económico se considera la instalación conectada a red de 2 kWp, donde el consumo promedio de energía de la residencia es de 250 kWh al mes, la inversión bordea los \$ 5.281, los cuales contemplan materiales, equipo y mano de obra para la instalación, el equipamiento tiene una vida útil entre 15 a 20 años por lo que el análisis del flujo de efectivo se lo analiza a lo largo de 20 años. Los costos de mantenimiento son mínimos y se calcula \$42 al año. De la inversión inicial se descuentan los ingresos producidos por el ahorro de energía convencional, resultando un VAN de \$ -2.496, lo que indica una pérdida, estos datos son con precios de febrero 2019, donde la residencia consume anualmente \$187. Para este escenario en la ciudad de Caba, Argentina resulta más conveniente en términos de VAN, el uso de la energía convencional, dado que, continuando con su utilización, se produce un ahorro del 6.5% sobre la inversión y el uso de paneles solares. Es importante indicar que este escenario se vería modificado si la normativa permitiera la venta de energía sobrante, dada esta particularidad concluye que es muy importante que se modifique la legislación para permitir esta transacción energética a nivel técnico y económico, ya que podría mejorar absolutamente la decisión de invertir en energía solar fotovoltaica, mientras tanto en el aspecto ambiental estaría siendo un aporte positivo dejando de emanar 1746 Kg/año de CO₂.

Una oportunidad de sistemas fotovoltaicos conectados a red en la División Territorial COPEXTEL Cienfuegos – Cuba (Domínguez Piloto et al., 2019), se emplearon programas de diseño y simulación de energía renovable como PVsyst y RETScreen. Entre los principales resultados destaca la rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas en azoteas conectado a la red con cargas internas, con una potencia nominal instalada de 150 kW. El ahorro puede ser de 2,86 millones de CUC (Peso Cubano Convertible) y se deja de emitir unas 155 TCO₂ anualmente, evidenciándose beneficios económicos y medioambientales. La ejecución del proyecto cuenta con una inversión de 516 316 CUC (\$21.511), de los cuales el 44,2 % (\$10.325)

deben de ser solicitados como préstamo de la inversión. El restante 55,8 % (\$12.003) forma parte al balance de sistema y miscelánea necesario para la ejecución del proyecto. Además, se le debe sumar a este valor el importe por operación y mantenimiento (4 560 CUC equivalente a \$190.00, aproximadamente) que se debe (de) pagar anualmente. Como resultado de los análisis financieros se tiene un retorno de la inversión de 10.3 años, una TIR de 14.7%, valor superior a las tasas de interés de las entidades financieras. Además, presenta un VAN de 1.000.713 CUC (\$41.693), el cual es factible financieramente. Finalmente se obtiene un ahorro de 2.868.404 CUC (\$119.508) a lo largo de los 25 años de vida útil. En el campo ambiental presenta un impacto favorable al tener una reducción de 155 TCO₂ al año, lo que durante la vida útil del proyecto representaría 3866 TCO₂. Con ello se comprueba la oportunidad de implementar instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red para un desarrollo próspero y sostenible para Cuba.

Al momento de hablar de penetración de energía fotovoltaica, se manifiesta que este tipo de energía, tiene un límite debido, fundamentalmente, a que solo genera durante el día, lo que define un nivel de penetración fotovoltaica en términos de potencia y de energía. La penetración fotovoltaica es un tema que ha suscitado controversia en Cuba, en donde plantea la posibilidad de que este tipo de generación a muy largo plazo pueda llegar a constituir más del 25 % de la generación eléctrica de ese país (Stolik Novygrad, 2014); entre los principales argumentos para el aumento de la penetración fotovoltaica están:

- a. El aumento de la generación eléctrica que se inyecta desde los bordes de la red, de tal forma que se consuma más a nivel de distribución en una zona y se inyecte menos a la red de transmisión.
- b. El consumo al máximo posible, como autoconsumo eléctrico, y que una menor parte tribute al resto de la red, son las llamadas instalaciones híbridas o conectadas a la red.
- c. La utilización de la energía fotovoltaica para aumentar sensiblemente el desarrollo industrial y agropecuario del país, entre otros.

Es importante mencionar que la electricidad generada con combustibles fósiles es la de mayor peso en el precio de los combustibles, el cual continúa en aumento y está ligado directamente a las variaciones de precio del barril de petróleo. La energía fotovoltaica se concentra en la inversión inicial, misma que continuará disminuyendo, dado que su fuente primaria es gratuita y sus gastos de operación y mantenimiento son mínimos. En Cuba ante la ausencia de recursos financieros necesarios para afrontar el costo de las inversiones iniciales, se hace imprescindible abordar variantes de financiamientos factibles (Stolik Novygrad, 2014), se dan algunas alternativas, una de ellas, motivo del presente trabajo es:

- Promover instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, en formas mutuamente atractivas para compartir los financiamientos de las inversiones iniciales fotovoltaicas con clientes que pagan el servicio eléctrico.

Implementación de un sistema fotovoltaico conectado a red en la empresa Viettel Perú SAC (López Barboza, 2019), considera como principal parámetro de entrada la planilla de consumo de energía y su costo, toma los valores mínimo y máximo, 217 y 2200 kW, a un costo de S/ 179.4 y 1643,4, equivalente a \$46.53 y \$426.25, respectivamente. El consumo diario de energía es aproximadamente de 7.3 kWh/día, se cuenta con un espacio disponible de 243m² y las condiciones de radiación solar en la zona de Trujillo son de 5.5 kWh/m², con esta información se establece un sistema para una potencia de 17.52 kW. En materia económica la inversión total del proyecto bordea los S/ 171.645,344 (\$44.519,61), con un VAN de 12.874,08 soles (\$ 3.339.15) y una TIR del 12%, siendo para este caso una propuesta viable técnica y económicamente.

Viabilidad económica - financiera del proyecto propuesto para la implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red de 3.70 kW en el “Laboratorio de Electricidad y Máquinas Eléctricas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo” (Vega Rojas, 2019), mismo que considera una inversión inicial de S/ 16.558,04 (\$ 4.286.00) que será financiado mediante préstamo bancario a un plazo de 24 meses a una tasa de interés anual del 12.3%, fruto de estos datos, así como de los ingresos y egresos respectivos y con un horizonte de 20 años de vida útil

del proyecto se obtiene un VAN de S/.4.491,86 (\$ 1.1162, 80) y una TIR del 3.81%, indicadores que confirman la rentabilidad del proyecto.

Guzmán (2017) en su investigación sobre el impacto ambiental de los paneles solares en Colombia señala que a pesar de que existe un impacto negativo durante la elaboración y posterior eliminación de estos sistemas, esta tecnología contamina en menor proporción que los combustibles convencionales.

Por otro lado, en un estudio sobre el impacto ambiental en la implementación de la energía fotovoltaica en el Caribe Colombiano, destacaron que dichos efectos no son significativos en las etapas de construcción y desmonte de este sistema, mientras que cuando este método se encuentra en una etapa de operación, los impactos son prácticamente nulos y tienen una tendencia a desaparecer a lo largo del tiempo, a través de las tareas de mantenimiento (Pasqualino et al., 2015).

Durante la fase de operación para el caso colombiano se encontró que los elementos ambientales tienen un gran impacto en la salud y seguridad, puesto que además de mejorar la calidad de vida de la población, reducir la emisión de gases como el CO₂, los servicios de salud se ven beneficiados a nivel personal, administrativa e incluso en su infraestructura (Tovar, 2014).

En Colombia señalan que el uso de la energía fotovoltaica reduce las emisiones por kilovatio hora (KWh) en 0,6 kg/ KWh; para el año 2013 factores de emisiones asociados al uso de los sistemas fotovoltaicos generaban un total de 50 kg CO₂ eq/MWh, frente a valores que se encontraban por encima de los 450 kg CO₂ eq/MWh para industrias que laboran con combustibles convencionales (Gómez-Ramírez, et al., 2017).

En Colombia durante los últimos años se ha visto un impulso en la transformación energética, aumentando la capacidad para la generación de energía fotovoltaica; este proceso ha sido golpeado duramente por la pandemia, no obstante, se ha creado el parque solar más grande de este país en el año 2019 lo cual permite producir 176 GWh al año, brindando energía alrededor de 100.000 hogares y evitando la emisión de 100.000 toneladas de CO₂ por año (Cristancho, 2020).

Para Gómez et al. (2018), la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en Colombia resulta de gran importancia para la generación de energía eléctrica, pues permitiría aumentar la capacidad instalada de energía eléctrica, suplir las necesidades energéticas de la población con mayor eficiencia y combatir el déficit energético del país (en 2017 la capacidad efectiva del país se encontraba en 16.750,64 MW y la demanda de energía eléctrica para el año 2018 se encontraba en 71.412 GWH).

Para Colombia, la aplicación de este sistema conlleva a beneficios sociales, según Tovar (2014) esta tecnología permite la generación de nuevos empleos debido a que es necesario realizar programas de manejo adecuado de los equipos, tareas de mantenimiento, entre otras, que permiten tener un impacto positivo dentro de la región.

Otras de las ventajas del uso de la energía fotovoltaica se encuentran en lo social, puesto que el factor socioeconómico juega un rol importante en la implementación de este sistema para el caso del Caribe Colombiano, en donde destaca el impacto positivo en la generación de empleos, nuevos conocimientos y la disponibilidad de fuentes de autoconsumo debido a la inexistencia de fuentes de energía eléctrica (Pasqualino et al., 2015).

Rodríguez et al., (2018) establecen un plan para mejorar la calidad de energía mediante sistemas de energía fotovoltaica en zonas rurales para la provincia de Manabí, en esta investigación determinan que esta herramienta puede cubrir en gran parte la demanda de energía, además, estiman que por cada MWh de electricidad fotovoltaica generada se puede evitar la emisión de 0.9 toneladas de CO₂.

Para el caso ecuatoriano, en la provincia de Manabí se determinó que el uso de la energía fotovoltaica reduce el monto de la factura eléctrica en alrededor del 40% para los usuarios que se encuentran en zonas rurales, asimismo, señalan que la instalación de este sistema permite a los usuarios disminuir en gran parte las pérdidas de energía que presenta el servicio centralizado convencional (Rodríguez-Gámez, 2018).

Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red de 26.4 kW en el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Potes Valencia, 2019) con una inversión de \$ 83.290,88, el cual está dispuesto de manera óptima estimando una generación de 30.336 kWh/año,

obteniendo importantes resultados a nivel ambiental y financiero, en el primer caso se obtuvo una reducción de 14.82 tCO₂/año, mientras en el tema financiero se efectuaron tres escenarios, los cuales usan una tasa pasiva referencial anual de 7.99% (dato referenciado a julio, 2019) y un plazo de 20 años, fundamentado en los 25 años de vida útil del sistema, cabe indicar que la tarifa eléctrica de la Universidad obedece a la categoría general por ser una entidad de beneficio público. El primer escenario considera el costo subsidiado del kWh facturado por la empresa eléctrica (0.065 \$/kWh), el segundo escenario considera el cargo por energía más elevado encontrado en el pliego tarifario 2019 (0.6812 \$/kWh) y el tercer escenario muestra el costo del kWh para que la Universidad gane la tasa de descuento y recupere los gastos del proyecto, esto se resume en la Tabla 1:

Tabla 1

Indicadores Financieros

ESTUDIO FINANCIERO				
Inversión	Costo \$/kW-h	Plazo	TIR	Tasa de interés anual (7.99%)
Escenario	\$ 83.290,88	VAN	20 años	Relación Beneficio/Costo
1	0.0650	-\$70.979,34	-9.45%	0.22
2	0.6812	\$116.363,42	24.07%	2.28
3	0.2985	\$0.00	7.99%	1.00

Fuente: Potes Valencia (2019)

El cálculo de los costos de generación de energía eléctrica con combustibles fósiles, no tiene en cuenta los daños ambientales, así también indica que una instalación fotovoltaica de 1 kW evita la emisión promedio de más de 100 kg de Dióxido de Carbono CO₂ (Stolik Novygrad, 2014). La energía solar que llega a la superficie terrestre es aproximadamente 10.000 veces mayor a la que se consume en el mundo, entre sus principales ventajas está que es renovable, puede instalarse en potencias pequeñas y grandes, es versátil, es silenciosa, puede conectarse a la red o estar aislada, entre otras; sus principales desventajas está la baja eficiencia del equipamiento y el alto costo del mismo, el cual con el pasar del tiempo ha ido mejorando en los dos aspectos, así también presenta intermitencia al tener su máximo aprovechamiento durante el día, sin embargo los sistemas de almacenamiento también están

avanzando a buen ritmo tanto en calidad como en precio. Este tipo de energía brinda opciones para efectuar soluciones integrales a corto, mediano y largo plazo, tanto conectadas a red como aisladas.

Existe una importante disminución de costos de producción de módulos fotovoltaicos, siendo el costo de producción del módulo en el primer trimestre del año 2011, era aproximadamente en \$ 1,20 por W; ya en el tercer trimestre de 2013 las empresas líderes en este campo alcanzaban un costo del orden de 0,50 \$/W, para finales del 2017 llegaron a 0.36 \$/W (Stolik Novygrad, 2014).

En el sector empresarial cuando se evalúa un proyecto de inversión, generalmente se efectúa expresando el beneficio en términos de flujos de efectivo que de utilidades. Comparando entre la inversión en energías renovables en los hogares frente a una inversión financiera o de capital en cualquier actividad económica, aquí se traduciría en ahorro de gastos frente a la alternativa de no realizar la inversión y continuar con pago normal por suministro de energía convencional.

3. METODOLOGÍA

En este trabajo se realizará un análisis técnico – financiero para el diseño, montaje e instalación de equipos de generación solar fotovoltaica en edificaciones residenciales individuales bajo el concepto de generación distribuida con miras a verificar la factibilidad de convertirse en micro empresas de generación eléctrica, así como su impacto en el medio ambiente y en la sociedad. Para realizar el estudio completo considerando la energía fotovoltaica como fuente de generación se analiza la normativa, las regulaciones y otras disposiciones que inciden en el proceso.

La Regulación Nro. ARCERNNR-001/2021 denominada “Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”, cuyo alcance es:

Esta regulación es aplicable a las empresas distribuidoras y para aquellos usuarios regulados, que decidan, previo al cumplimiento de requisitos, instalar un sistema de generación fotovoltaica con una potencia nominal instalada de hasta 1 MW en medio y/o bajo voltaje, que operen en sincronismo con la red, cuya producción sea autoconsumida y aporten excedentes a la red de distribución. Esta regulación determina:

- La caracterización de los sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados;
- Las modalidades de generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados;
- El procedimiento para la obtención de la factibilidad de conexión;
- El procedimiento y requisitos para la habilitación;
- Las condiciones para la instalación, conexión, operación y mantenimiento;
- El tratamiento de la energía producida por el SGDA, medición y facturación; y,
- El régimen de infracciones y sanciones.

El alcance de este trabajo abarca los hogares de Cuenca, según datos de la Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2021, indica que el consumo promedio mensual en el sector residencial es de 136,28 kWh/consumidor, con un precio medio de la

energía en el mencionado sector de \$ 10,29 ¢USD/kWh, siendo además 4.866.775 de consumidores de un total de 5.490.053 consumidores regulados, representando el 88.6%, haciendo una comparativa con los datos del INEC en su informe ambiental en hogares del año 2012 muestra que el promedio de consumo de energía eléctrica del sector residencial a nivel nacional fue de 138.3 kWh, lo que indica una disminución que obedece muy probablemente a mejores prácticas de eficiencia energética e incorporación de sistemas de generación autónomos fotovoltaicos, en el área urbana el consumo promedio fue de 155,4 kWh, mientras en el área rural de 88,9 kWh.

El consumo de energía eléctrica por hogar según las regiones naturales indica que la de mayor consumo es la Amazonía, seguido por la Costa y la Sierra con 167,3 kWh, 142,6kWh y 128,4 kWh, respectivamente. El gasto mensual de energía eléctrica por regiones indica \$18,78 para la Costa, \$16,71 para la Amazonía y \$16,09 para la Sierra, siendo el promedio nacional de \$17,30, sin embargo, el informe del INEC 2012 presenta un dato muy interesante al momento de analizar el gasto mensual de energía eléctrica por las 5 ciudades principales, donde, la de mayor gasto es Cuenca con un promedio de \$22,42, Guayaquil con \$21,88, Machala con \$20,19, Quito con \$18,52 y finalmente Ambato con \$17,64.

Es necesario indicar que las variables y los datos expuestos en el informe del INEC 2012 son los apropiados para el presente trabajo, al no tener una base actualizada de los mismos se ha decidido trabajar con ellos y como apoyo se fundamenta en la comparación del consumo de energía promedio por consumidor a nivel nacional con la Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2021, mismo que no tiene una diferencia significativa lo que permite tener certeza que los datos del año 2012 son válidos para el estudio.

Esta investigación examina el impacto que tiene la aplicación del sistema fotovoltaico con respecto al ingreso familiar en relación específica a las zonas residenciales de la ciudad de Cuenca. Por lo que mediante este estudio se diseña un sistema que sea capaz de generar el consumo medio mensual de la región sierra de 128,4 kWh/consumidor/mes (para efectos del estudio se considerará 130kWh/mes, con lo que se está respetando lo estipulado en la Regulación Nro. ARCERNNR-001/2021).

Para el inicio del análisis, se revisará información que permita tener un estimado del potencial recurso solar en Cuenca, dato primordial para el dimensionamiento fotovoltaico que será efectuado con el software PVWatts de propiedad de National Renewable Energy Laboratory - NREL.

Se considera el escenario con tecnología de alta eficiencia, aquello implica que el estudio podrá ser una buena guía para la aplicación en cualquier parte del Ecuador, siendo únicamente necesario considerar la irradiación solar del sitio elegido y la región en la que se encuentra, con esta información se podrá consultar a la empresa distribuidora de energía eléctrica la gestión de la red de bajo y medio voltaje, así como la tarifa según los consumos.

Para el dimensionamiento del sistema se considerará lo antes expuesto, sin embargo, es importante mencionar algunas maneras de dimensionar un sistema fotovoltaico: la primera, partiendo de la disponibilidad económica para determinar la capacidad de potencia de la planta y la otra partiendo de la demanda de energía para conocer el costo total de la instalación (Rodríguez Manrique et al., 2015).

Radiación Solar e Irradiación Solar

La radiación solar es la energía emitida por el sol en forma de radiación electromagnética que llega a la atmósfera. La irradiación solar es la potencia por unidad de área recibida del Sol en forma de radiación electromagnética y se mide en vatios por metro cuadrado, para el caso de la tierra, esta irradiación llega algo debilitada, principalmente debido a la distancia entre la tierra y el sol (aproximadamente son 1360 W/m^2). Esta irradiación sufre una atenuación debido a la capa atmosférica, resultado de ello la irradiación en la superficie terrestre es de aproximadamente 1000 W/m^2 .

La irradiancia al atravesar la atmósfera es afectada principalmente en dos aspectos, es absorbida y dispersada, este fenómeno da origen a tres componentes de interés para aplicaciones de tecnología solar, estas son: irradiancia directa, difusa y global.

Para aplicaciones fotovoltaicas la irradiación directa es la de mayor aporte e importancia en términos de irradiación solar, sin embargo, en días nublados en los cuales la radiación directa es muy baja, es importante mencionar que la tierra sigue recibiendo

radiación, pero de tipo difusa, por ende, sigue existiendo irradiación solar global, la cual resulta de la suma geométrica de la irradiación directa más la difusa.

Requisitos Fundamentales para el Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico conectado a Red - SFVCR

Para diseñar un SFVCR es importante considerar aspectos claves como: irradiancia en el lugar a ser implementado, el área física disponible, la demanda a ser cubierta por el sistema y el presupuesto.

Irradiación Solar en Cuenca

De acuerdo a los datos del software PVWatts de la NREL, los datos de irradiación solar para Cuenca – Ecuador con coordenadas Latitud -2.91 y Longitud -79.02 en kWh/m²/día son los indicados en la Tabla 2:

Tabla 2

Irradiación solar para Cuenca-Ecuador

Mes	Radiación Solar (kWh/m²/día)
Enero	4.44
Febrero	4.47
Marzo	4.68
Abril	4.81
Mayo	4.96
Junio	4.68
Julio	4.75
Agosto	4.64
Septiembre	4.75
Octubre	4.69
Noviembre	4.69
Diciembre	4.46
Anual	4.67

Fuente: The National Renewable Energy Laboratory (NREL)

Área Física Disponible

Para el presente estudio se destina el área de los tejados (techos) para la implementación de un SFVCR residencial, de acuerdo a las construcciones en la zona, esta área abastece al SFVCR tanto en espacio cuanto, en soporte estructural, para el presente caso aproximadamente el espacio a ocupar oscila entre los 8 a 10 m².

Las sombras constituyen uno de los factores negativos para estas instalaciones, por tal motivo al momento de elegir el espacio en el tejado donde serán ubicados los paneles fotovoltaicos debe ser muy bien analizado para que las mismas no afecten o en su defecto afecten en la menor medida posible al SFVCR.

Demanda a ser Cubierta

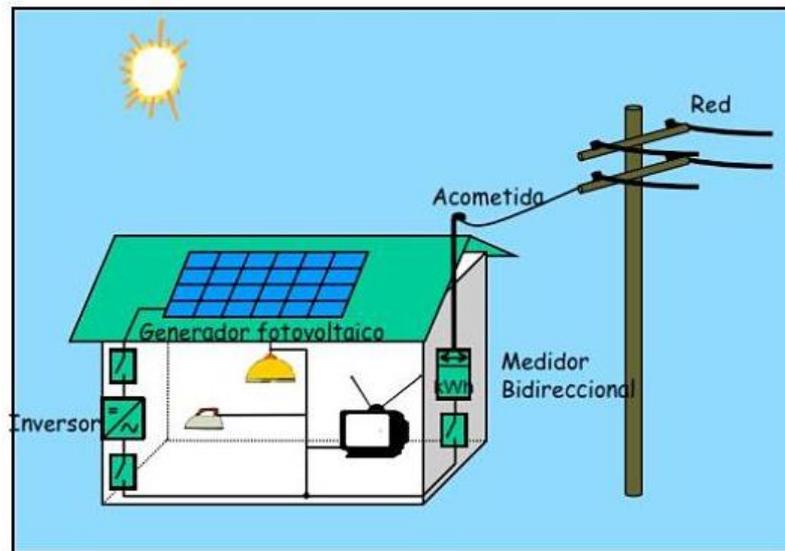
Tal como se menciona anteriormente, el estudio se enfoca en diseñar un sistema que sea capaz de generar el consumo medio mensual de la región sierra de 128,4 kWh/consumidor/mes (para efectos del estudio se considerará (130kWh/mes + 10% por efectos de variación de irradiación solar), con lo que se está respetando lo estipulado en la Regulación Nro. ARCERNNR-001/2021.

Configuración Típica de un SFVCR

Para el caso de los SFVCR, cuya principal aplicación es el sector residencial o edificaciones de la zona urbana, los módulos solares (paneles fotovoltaicos) se instalan sobre los techos de las construcciones para proveer una mayor y mejor exposición a la irradiancia solar. En cuanto a la conexión eléctrica del SFVCR con la red se lo efectúa a través de un inversor y un medidor bidireccional, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Configuración típica de un SFVCR



Nota. Adaptado de Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica, por Jaime Agredano Díaz, 2008, Suelosolar (<https://suelosolar.com/noticias/fotovoltaica/mexico/10-8-2008/los-sistemas-fotovoltaicos>)

Como cualquier otra instalación eléctrica se conectan o desconectan los circuitos por medio de equipamiento apropiado que permiten realizar estas maniobras de manera segura, es decir permite la operación segura del SFVCR o la red según sea el caso. Para tales efectos se debe cumplir de manera estricta con las normas y recomendaciones respectivas, tanto a nivel internacional como local, para el presente caso se deberá regir a la norma IEEE Std 1547 (IEEE, Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems).

En este esquema la energía generada por el SFVCR tendrá las mismas características eléctricas que la energía suministrada por la red, lo que garantiza la correcta operación de todo el equipamiento eléctrico del inmueble. El SFVCR puede presentar dos escenarios, el primero que su generación exceda a la demanda del inmueble, en ese modo el SFVCR estará inyectando energía a la red, mientras el segundo escenario considera un déficit de generación frente a la demanda del inmueble, en este caso el abastecimiento de energía será suplido para la red. Este sistema opera comparando los diferenciales de energía entre el SFVCR y la demanda del inmueble.

Los componentes de un SFVCR son:

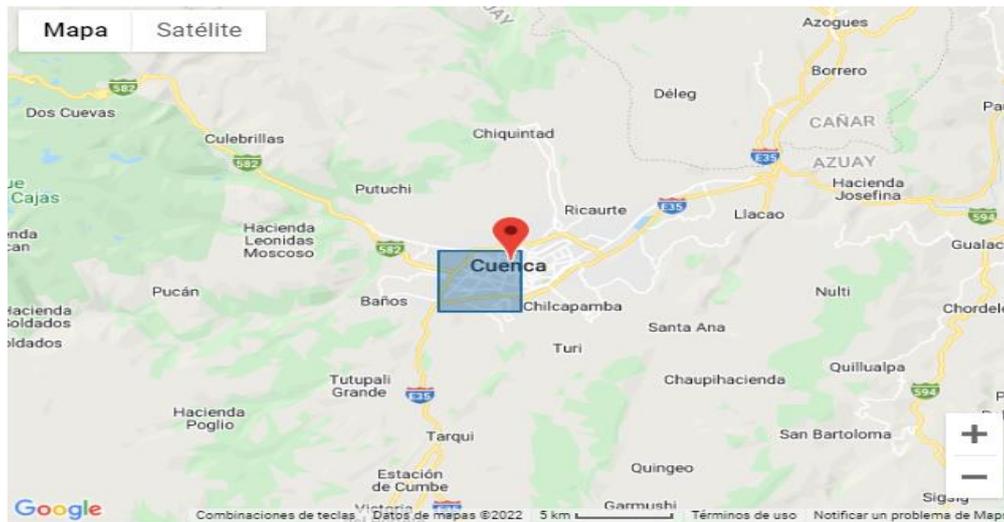
- Panel fotovoltaico: Es una placa compuesta por celdas fotovoltaicas, las cuales transforman la energía de la irradiación solar en energía eléctrica.
- Inversor: equipo que realiza la conversión de corriente continua a corriente alterna, la corriente continua es generada en terminales de los paneles fotovoltaicos y mediante el inversor es convertida a corriente alterna para su uso final en sistemas de corriente alterna.
- Cableado: para la selección del cableado se debe considerar la caída de tensión y la máxima corriente a generar.
- Protecciones: para la selección óptima del sistema de protección se debe considerar la máxima corriente a generar, además de efectuar un correcto diseño de coordinación de protecciones.
- Caja de conexiones: elemento donde se efectúan las diferentes conexiones y donde se instalan las protecciones eléctricas.
- Contador de energía bidireccional: equipo encargado de efectuar el balance entre la energía suministrada por la red y el SFVCR.

Datos de Recursos Solares.

La latitud y longitud de Cuenca son -2.91 y -79.02 respectivamente, el programa también calcula la distancia entre la ubicación y el centro de la celda de cuadrícula del sitio (1.4 millas para el presente caso), información que se muestra en la Figura 2 y Tabla 3:

Figura 2

Ubicación de la ciudad de Cuenca - Ecuador



Nota. Adaptado de Google Maps, por Google, 2022, Google Maps (<https://www.google.com.ec/maps/@-2.8738681,-79.047352,11.75z?hl=es>).

Tabla 3

Ubicación e identificación de la estación

Ubicación e identificación de la estación		
Ubicación solicitada	Cuenca	
Fuente de datos meteorológicos	Lat., long: -2.91, -79.02	1.4 mi
Latitud	2,91° S	
Longitud	79.02° W	

Fuente: PDWatts Calculator

Las especificaciones del Sistema Fotovoltaico son las que se indican a continuación en la Tabla 4 y 5:

Tabla 4

Especificaciones del sistema Fotovoltaico

Especificaciones del Sistema Fotovoltaico	
Tamaño del sistema en CC	1.2 kW
Tipo de módulo	Alta calidad
Tipo de campo	Fijo (montaje en techo)
Inclinación del campo	20°
Acimut del campo	3°
Pérdidas del sistema	4.89%
Eficiencia del inversor	96%
Relación de tamaño de CC a CA	1.2

Fuente: PDWatts Calculator

Tabla 5

Métricas de rendimiento

Métricas de rendimiento	
Factor de Capacidad	16.9%

Fuente: PDWatts Calculator

La información general del sistema fotovoltaico se aprecia en la Tabla 6:

Tabla 6

Información del sistema

Información del Sistema Fotovoltaico	
Tamaño del sistema en CC (kW)	1.2
Tipo de módulo	Alta calidad
Tipo de campo	Fijo (Montaje en techo)
Pérdidas del sistema (%)	4.89
Inclinación (grados)	20
Acimut (grados)	3

Fuente: PDWatts Calculator

En las tablas 7 y 8 se detallan los parámetros avanzados de diseño y sus valores a considerar para el cálculo de las pérdidas del sistema, los mismos han sido considerados acorde a la ubicación geográfica, aspectos meteorológicos y especificaciones técnicas de materiales eléctricos:

Tabla 7

Parámetros avanzados

Parámetros avanzados de Diseño	
Relación de tamaño de CC a CA	1.2
Eficiencia del inversor (%)	96

Fuente: PDWatts Calculator

Tabla 8

Desglose para el cálculo de pérdidas del sistema

Desglose para el cálculo de pérdidas del sistema	
Suciedad (%)	0.5
Sombra (%)	0.5
Nieve (%)	0
Disparidad (%)	0.5
Cableado (%)	0.5
Conexiones (%)	0.5
Degradación por luz (%)	0.5
Valor nominal (%)	1
Antigüedad (%)	0.5
Disponibilidad (%)	0.5
Pérdidas aproximadas del sistema	4.89%

Tabla 8: Desglose para el cálculo de pérdidas del sistema

Fuente: PDWatts Calculator

Los resultados de la simulación se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9

Resultados de la simulación

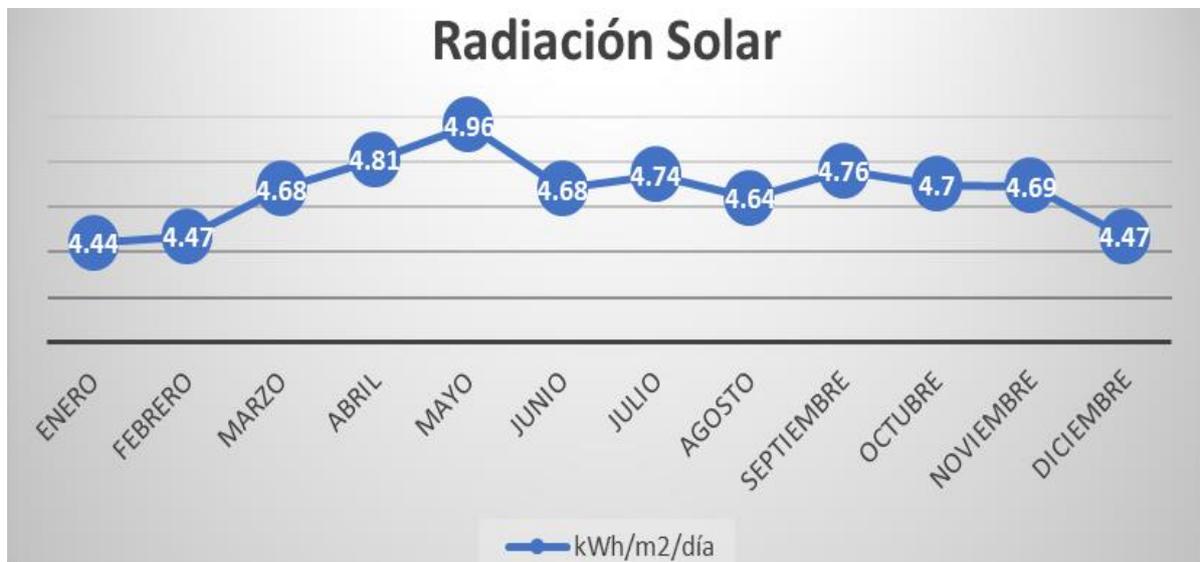
Mes	Radiación Solar (kWh/m ² /día)	Energía de corriente alterna (kWh)
Enero	4.44	143
Febrero	4.47	131
Marzo	4.68	152
Abril	4.81	149
Mayo	4.96	160
Junio	4.68	148
Julio	4.74	154
Agosto	4.64	152
Septiembre	4.76	148
Octubre	4.7	152
Noviembre	4.69	145
Diciembre	4.47	144
Anual	4,67	1777

Fuente: PDWatts Calculator

Con el sistema propuesto de 1.2 kW dadas las condiciones de radiación solar indicadas en la Figura 3 se estaría generando la cantidad de energía ilustrada en la Figura 4.

Figura 3

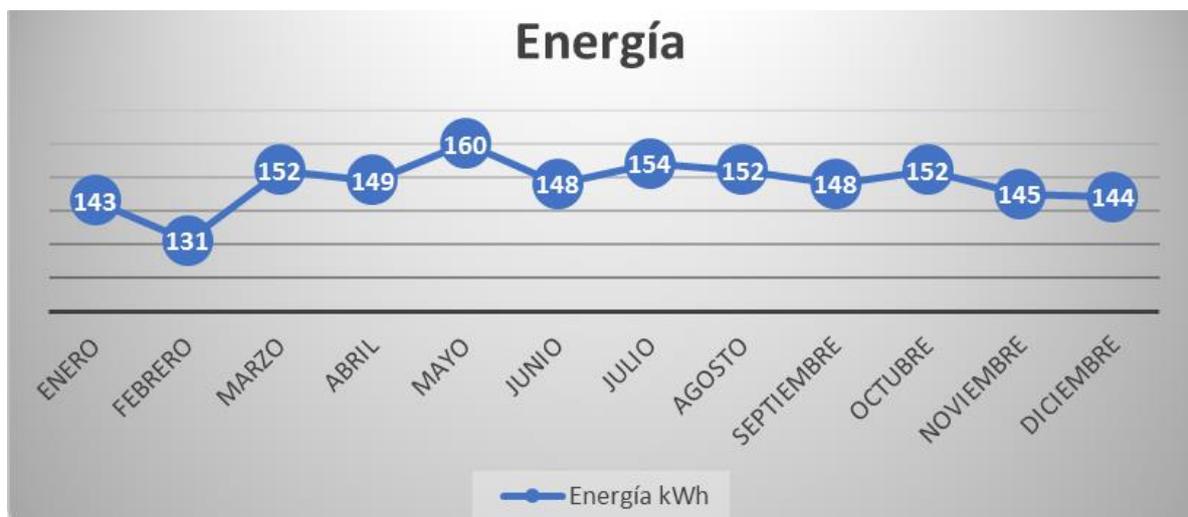
Radiación solar mensual



Nota. Adaptado de Radiación Solar, por PDWatts Calculator, 2022, (<https://pwatts.nrel.gov/>)

Figura 4

Generación de energía mensual



Nota. Adaptado de Radiación Solar, por PDWatts Calculator, 2022, (<https://pwatts.nrel.gov/>)

El sistema estará conformado por los siguientes equipos y/componentes:

Tabla 10

Equipamiento para el SFVCR

Equipos y/o Componentes	Descripción
Generador Fotovoltaico	Está formado por un generador de 3 paneles solares policristalinos; la potencia de cada panel solar es de 400 Wp.
Inversor	El inversor utilizado es de tipo onda pura cuya potencia es de 1.5 kW.
Cableado	La instalación estará acorde a la normativa para selección de calibre de conductores en los circuitos necesarios de conexión.
Protecciones	Serán las adecuadas tanto para DC como para AC según su corriente y voltaje de operación.
Cajas de conexión	Espacio donde se efectuarán las conexiones.

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de factibilidad o rentabilidad económica, se realiza el cálculo de la inversión inicial sumando el precio real de cada uno de los equipos seleccionados para el sistema incluyendo los costos de instalación, el cual es un 10% del valor total en equipos (Salas Reyes et al., 2018).

Simulación del SFVCR.

Para la simulación del SFVCR se ha considerado el software PVWatts de propiedad de la National Renewable Energy Laboratory - NREL, considerando los datos que proporciona el software según la ubicación del lugar donde será emplazado el proyecto.

Presupuesto de la Instalación Conectada a Red

En la Tabla 11 se presenta el presupuesto con los diferentes equipos y/o materiales a ser considerados en la instalación del SFVCR:

Tabla 11

Presupuesto del SFVCR: Equipos/Materiales

Equipos / Materiales				
	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Panel Fotovoltaico 400 Wp	3	U	\$220,00	\$ 660,00
Inversor 1500W	1	U	\$300,00	\$ 300,00
Protecciones CC - CA	2	GLB	\$ 10,00	\$ 20,00
Gabinete Metálico	1	U	\$ 75,00	\$ 75,00
Soporte para montaje de paneles	3	U	\$ 30,00	\$ 90,00
Puesta a tierra	1	U	\$ 15,00	\$ 15,00
Cableado	1	GLB	\$ 30,00	\$ 30,00
Accesorios varios	1	GLB	\$ 25,00	\$ 25,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Presupuesto del SFVCR: Mano de obra

Mano de obra				
	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Mano de obra calificada	1	GLB	\$100,00	\$ 100,00
Mano de obra no calificada	1	GLB	\$ 50,00	\$ 50,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Presupuesto del SFVCR: Costos Totales

Costos	Total
A. Panel e Inversor	\$ 960,00
B. Costos equipo auxiliar	\$ 255,00
C. Costo MO	\$ 150,00
D. Transporte	\$ 35,00
Subtotal (B+C+D)	\$ 440,00
IVA 0%	\$ 960,00
IVA 12% (B+D+C)	\$ 52,80
Costo total	\$ 1.452,80

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el estudio de factibilidad económica, se considera evaluar los sistemas fotovoltaicos con una vida útil de 25 años, dato basado en la vida útil de los paneles fotovoltaicos y equipos auxiliares, desde una perspectiva técnico-económica, con los resultados obtenidos, en términos de rentabilidad privada, se realizará un análisis de sensibilidad sobre la variable inversión inicial y flujos anuales, con ello se puede evidenciar de qué manera esta influye en la rentabilidad del proyecto.

Para estudiar la factibilidad financiera se consideran tres escenarios para operación del SFVCR, los indicadores utilizados son:

- Valor Actual Neto (VAN), indica en el presente el valor de los flujos de dinero utilizando una tasa de descuento;
- Tasa de descuento, indica el valor del dinero que se recibirá en una fecha posterior.
- Tasa Interna de Retorno (TIR), indica la rentabilidad del proyecto,
- Retorno sobre la inversión (ROI), compara la utilidad o beneficio obtenido en relación a la inversión.
- Periodo de recuperación de la inversión (PRI), indica el tiempo en el que se recupera la inversión a valor presente.

Para el cálculo de los usuarios promedio en cada uno de los rangos establecidos en el Pliego Tarifario se tomó datos de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A, los cuales se indican en la Tabla 14, encontrándose que la población objetivo de esta investigación se encuentra acumulada alrededor del 22% (hogares con un consumo de 100 a 150 kWh/h). Además, con el objetivo de determinar la rentabilidad de la aplicación del sistema y el ahorro generado, se trabajó con dos modelos que incluyen los rangos posteriores.

Los escenarios establecidos fueron elegidos en virtud que sus valores máximos superen el consumo medio de 128 kWh/mes, cumplida esta condición que sean las tres siguientes incluida la que contiene a la media del consumo, las cuales además de tener una participación considerable, la última categoría se comportaría como límite técnico para el SFCVR propuesto, bajo esta premisa se permite tener un balance energético favorable económicamente ya que si la generación de SFVCR supera la demanda, este se traduce en un crédito energético que no

es posible su reembolso económico y que además tiene una duración de dos años, posterior a ese tiempo si no ha sido compensado de manera energética se encera, esto de acuerdo a lo establecido en la regulación respectiva.

Tabla 14

Usuarios según Pliego Tarifario para abril de 2022

Categoría	USD/kWh	Usuarios	Porcentaje
1-50	\$ 0,091	41370	23,00%
51-100	\$ 0,093	53249	29,61%
101-150	\$ 0,095	39301	21,85%
151-200	\$ 0,097	20786	11,56%
201-250	\$ 0,099	10548	5,86%
251-300	\$ 0,101	5706	3,17%
301-350	\$ 0,103	3168	1,76%
351-500	\$ 0,105	3820	2,12%
501-700	\$ 0,129	1232	0,69%
701-1000	\$ 0,145	465	0,26%
1001-1500	\$ 0,171	152	0,08%
1501-2500	\$ 0,275	38	0,02%
2501-3500	\$ 0,436	12	0,01%
Superior	\$ 0,681	0	0%
TOTAL		179847	100%

Fuente: CENTROSUR

Nota. Esta Tabla muestra los datos del consumo residencial para la ciudad de Cuenca.

Para el caso de préstamo bancario, se considera para un periodo de 1 año, de acuerdo a las tasas antes indicadas según el caso.

Flujo de caja proyectado.

Mediante los flujos de caja proyectados se podrá observar los ingresos y/o egresos netos que tendrá el proyecto para los 25 años de operación.

Estructura del flujo de caja.

Los componentes del flujo de caja son la inversión inicial y los ingresos y egresos a ser considerados a lo largo del tiempo de operación del SFVCR.

Ingresos y egresos proyectados: Los ingresos que genera el proyecto son aquellos ahorros monetarios que se generan a través de la generación eléctrica del SFVCR; mientras que los egresos considerados son el pago del préstamo, operación y mantenimiento del sistema.

La depreciación estimada de los equipos considerados como activos se ha efectuado por el método de línea recta, este valor no afecta al flujo de efectivo ya que no es un egreso de efectivo y se indica en la Tabla 15.

Tabla 15

Depreciación de equipos

VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS DEL SFVCR		
	Módulos	Inversor
Vida Útil (Años)	25	25
Precio	\$ 660.00	\$ 300.00
Depreciación (Anual)	\$ 26.40	\$ 12.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 16 se aprecia los costos que acarrearán la operación y mantenimiento anual del SFVCR:

Tabla 16

Costos de operación y mantenimiento anual

Costos por operación y mantenimiento anual			Costo total operación y Mantenimiento anual (\$)
Gasto anual de Instalación (\$)	Módulos	Inversor	
	30	10	40

Fuente: Elaboración propia

Escenarios

Para los tres escenarios planteados se han efectuado las siguientes consideraciones:

- El incremento promedio anual de los precios de las categorías analizadas del pliego tarifario desde 2010 hasta la fecha con su respectiva tasa de crecimiento se indica en la Tabla 17, información referida de acuerdo al pliego tarifario eléctrico.

Tabla 17

Incremento promedio anual de precios

Año	Precio (kWh/mes)			
	1 - 50	51-100	101-150	151-200
2010	\$ 0.081	\$ 0.083	\$ 0.085	\$ 0.087
2022	\$ 0.091	\$ 0.093	\$ 0.095	\$ 0.097
Tasas de crecimiento anual	0.97%	0.95%	0.93%	0.91%

Fuente: Elaboración propia

- El incremento promedio anual de la demanda desde el año 2010 hasta el año 2020 según datos de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur se muestra en la Tabla 18:

Tabla 18

Incremento promedio anual de la demanda

Año	Consumo kWh/mes
2010	90.74
2020	96.29
Tasa de crecimiento anual	0.60%

Fuente: Elaboración propia

- Tasa de descuento: se consideraron tres valores para cada uno de los escenarios, esto dado que al ser pequeña la inversión se podría:
 - Solicitar un crédito de consumo (esto en virtud que de acuerdo a la tabla de Tasas de Interés no existe un escenario que trate esta inversión de manera particular para un abonado/usuario residencial), para este caso sería con una tasa activa efectiva anual del 16.22%.
 - Solicitar un 50% de crédito y el otro 50% realizarlo como aporte directo, para este caso se considera el promedio entre la tasa activa efectiva (16.22%) y la tasa pasiva efectiva (3.50%), siendo el promedio de 9.86%.
 - No solicitar crédito y utilizar la totalidad de la inversión con dinero ahorrado, para este caso se considera la tasa pasiva efectiva anual del 3.50%.

UCUENCA

Para el caso ambiental la generación fotovoltaica no requiere ningún tipo de combustión, por ende, no existe polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero, así también las células fotovoltaicas fundamentalmente se fabrican con silicio, elemento que se obtiene de la arena, el cual existe en abundancia y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones considerables en la estructura del terreno.

En el ámbito social dados los resultados económicos – financieros y ambientales se verificará si efectivamente la generación de energía renovable fotovoltaica residencial contribuye con el desarrollo sostenible.

4. RESULTADOS

Impacto Económico

Si se equipara la inversión en energías renovables que para el presente caso es energía fotovoltaica en las residencias con una inversión financiera en cualquier otra actividad empresarial, interesa proyectar los flujos de efectivo que demandará la inversión, sumado a las utilidades que se obtendría en un proyecto empresarial, en el estudio estos indicadores se traducen en ahorro de gastos frente a la alternativa de no efectuar la inversión y continuar con el sistema convencional.

Con lo antes expuesto, en la Tabla 19 se presenta el resumen de los resultados:

Tabla 19

Resumen de resultados

ESCENARIOS	INDICADORES	RESULTADOS		
		i = 3,50%	i = 9,86%	i = 16,22%
Escenario 1 101 - 150 kWh	VAN	\$2.186,47	\$463,51	-\$306,57
	TIR	15%	14%	13%
	ROI	\$1,51	\$0,32	-\$0,21
	PRI	9 años	14 años, 2 meses	-
Escenario 2 151 - 200 kWh	VAN	\$3.153,81	\$996,30	\$45,32
	TIR	19%	18%	17%
	ROI	\$0,19	\$0,18	\$0,17
	PRI	7 años	9 años, 8 meses	20 años, 9 meses
Escenario 3 201 - 251 kWh	VAN	\$1.967,95	\$366,18	-\$359,93
	TIR	14%	13%	12%
	ROI	\$0,14	\$0,13	\$0,12
	PRI	9 años, 4 meses	15 años, 4 meses	-

Fuente: Elaboración propia

El escenario 2 con una tasa interna de retorno de 19% resulta el más favorable, genera ganancias al proyecto los cuales se traducen en ahorros significativos para el abonado, recuperando la inversión en un periodo de 7 años con los costes actuales del kWh en Ecuador,

esto quiere decir que sus indicadores son favorables pero no lo suficiente para convertirse en una micro empresa, sin embargo es una alternativa que contribuirá al ahorro de dinero de los usuarios, a la creación de fuentes de empleo dado el interés y factibilidad de instalación, así también sería un aporte muy significativo a la planificación energética del Estado ya que su demanda global de energía sería menor y esto acarrea una menor inversión en los proyectos de generación a gran escala pudiendo destinar esos fondos a otros proyectos de interés nacional.

Impacto Ambiental

El escenario favorable contribuye con el medio ambiente al disminuir las emisiones de CO₂ en 1.07 Kg/abonado/año, considerando el escenario favorable del presente estudio, en el cual son 20786 abonados, se estaría aportando con una disminución de 22241.02 Kg/año.

Impacto Social

El SFVCR es una alternativa de generación de energía limpia in situ sostenible que beneficia a la sociedad; además, actualmente posee costes razonables para aplicación urbana y es respetuosa con el medio ambiente, para el presente caso aproximadamente 20786 abonados podrían beneficiarse de este sistema, lo que conlleva a la generación de empleos, nuevos conocimientos, aplicación de tecnología de última generación y sobre todo la disponibilidad de fuentes de autoconsumo.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

En el estudio se evidencia que las instalaciones fotovoltaicas residenciales pueden aportar de manera significativa en la generación de energía en el país, ya que con éstas se estaría aumentando la capacidad instalada del parque generador, tal como manifiesta Gómez, 2018, así también es importante destacar la rentabilidad traducida en ahorros que se generan en las planillas eléctricas, las cuáles de acuerdo a Rodríguez – Gámez, 2018 bordean el 40%, en el estudio actual se alcanzan ahorros promedio en los diferentes escenarios de hasta un 75%.

En términos ambientales existe coincidencia con varias investigaciones donde se manifiesta que la generación fotovoltaica se alinea completamente con la conservación del medio ambiente, principalmente por disminuir considerablemente las emisiones de CO₂ ocasionadas principalmente por generación contaminante.

En el campo social coincide con lo manifestado por Tovar, 2014 al presentar una oportunidad para generación de empleo, así como la implementación y aplicación de tecnologías para la generación in situ con el objetivo de garantizar una seguridad y soberanía energética.

Conclusión

El estudio consideró las condiciones de consumo eléctrico de la población que se obtuvo del informe ambiental en hogares del año 2012 efectuado por el INEC, en donde se indica que el consumo promedio residencial para la Sierra es de 128 kWh/mes, de la misma manera indica que la ciudad de Cuenca presenta el mayor gasto mensual promedio con \$22,42. El análisis inició con la cuantificación de los niveles de irradiación existentes en el cantón Cuenca con base a la data existente del NREL.

El cantón Cuenca de acuerdo a la data del NREL cuenta con un potencial solar promedio anual de 4,67 horas sol pico, valor óptimo para la implementación de soluciones energéticas fotovoltaicas. Sobre esta base, Cuenca presenta una condición favorable para la

generación de energía fotovoltaica conectada a red, pese al bajo costo de la generación hidráulica, los SFVCR resultan por lo tanto favorables para los usuarios residenciales generando un ahorro representativo a lo largo de la vida útil del sistema.

El SFVCR ha sido dimensionado de acuerdo a la metodología apropiada para estos casos, verificando que cumpla con los parámetros y normativas establecidas; proceso complementado con la evaluación técnica - económica que se concluye que el SFVCR es rentable financieramente con el escenario 2 con una tasa de descuento del 3,5% frente al uso de la energía convencional proveniente de la red.

El SFVCR propuesto, genera anualmente 1777 kWh, lo que representa 46202 kWh durante su vida útil por usuario (por vivienda), lo que se traduce en una disminución aproximada de 22241.02 Kg/año de emisiones de CO₂, de esta manera contribuye favorablemente con el medio ambiente; razón suficiente para determinar que el SFVCR propuesto además de ser una alternativa de generación de energía limpia in situ sostenible, presenta actualmente costes moderados para su implementación en el sector urbano, aproximadamente 20786 abonados podrían beneficiarse de este sistema.

6. RECOMENDACIONES

- Actualizar los informes nacionales de consumo de energía eléctrica en el sector residencial.
- Implementar estaciones meteorológicas para medición del recurso solar en el cantón Cuenca.
- Socializar las ventajas de los SFVCR con el objetivo que la población cuencana tenga pleno conocimiento de su implementación, operación, mantenimiento y vida útil
- Dimensionar de manera óptima el sistema para cada caso de aplicación, con esto se alcanzará el máximo rendimiento del sistema y el mejor beneficio económico.
- Implementar en el sistema financiero créditos con intereses favorables para aplicaciones residenciales fotovoltaicas.
- Implementar SFVCR para contribuir con la disminución de emisiones de CO₂, principalmente cuando la fuente primaria es un recurso no renovable.

7. REFERENCIAS

- Almeida, W. (2006). GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN ECUADOR. *Revista Técnica “energía”*, 2(1), 83-81 pp.
<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v2.n1.2006.306>
- Arrastía, M., Corp S., Energía, el invencible dios Sol. Editorial Científico-Técnica, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 2013, 48-58.
- Berrío, L. H., & Zuluaga, C. (2014). Smart Grid and solar photovoltaic energy as renewable energy source for the distributed generation in the global energy context. *ingeniería y desarrollo*, 32(2), 369–396. <https://doi.org/10.14482/inde.32.2.4957>
- Bravo Hidalgo, D. (2015). Energía y desarrollo sostenible en Cuba. *Centro Azúcar*, 42(4), 14-25. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000400002
- Cristancho, O. (2020). Transición energética en Colombia: De los combustibles fósiles hacia la energía fotovoltaica. *Revista de Investigación, Ciencia y Tecnología*, 7(7), 35-40.
- Domínguez Piloto, A., Jáuregui Rigó, S., Beltrán Marrero, J. (2019). SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED PARA ALIMENTAR LA DIVISIÓN TERRITORIAL COPEXTEL CIENFUEGOS. ANTEPROYECTO Y SIMULACIÓN. *Centro Azúcar*, 46(4), 39–49.
- Gómez-Ramírez, J., Murcia-Murcia, J., & Cabezas-Rojas, I. (2017). La Energía Solar Fotovoltaica en Colombia: Potenciales, antecedentes y perspectivas. Universidad Santo Tomás, Bogotá.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/G%c3%b3mez2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, J. M. M., Daza, C. A. D., & Urueña, H. G. (2008). *Análisis del esquema de generación distribuida como una opción para el sistema eléctrico colombiano*. 15.
- Guzmán-Hernández, T., Araya-Rodríguez, F., Castro-Badilla, G., & Obando-Ulloa, J. (2016). Uso de la energía solar en sistemas de producción agropecuaria: producción más

limpia y eficiencia energética. *Revista Tecnológica en Marcha*, 46-56.

<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2984>

Guzmán Niño, C. (2017). ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE DIFERENTES TIPOS DE PANELES SOLARES SEGÚN LOS MATERIALES UTILIZADOS Y LOS COMPONENTES TÓXICOS GENERADOS. Fundación Universidad de América.

Bogotá. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7038/1/632575-2017-II-GA.pdf>

López Barboza, J. L. E. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico para autoconsumo conectado a red en la Empresa Viettel Perú S.A.C. ubicado en Trujillo—La Libertad.*

<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5494>

Martínez, C., & Poladian, A. (2020). El uso de energía fotovoltaica en viviendas de Buenos Aires: Estudio microeconómico de factibilidad. *Economía Coyuntural*, 5(2), 33–58.

Mérida García, A., Gallagher, J., McNabola, A., Camacho Poyato, E., Montesinos Barrios, P., & Rodríguez Díaz, J. (2019). Análisis del impacto ambiental y económico vinculado a la energía fotovoltaica frente al uso de energías convencionales en el regadío. Universidad de Córdoba (España).

<https://zaguan.unizar.es/record/84428/files/3372.pdf>

Muñoz-Vizhñay, J. P., Rojas-Moncayo, M. V., & Barreto-Calle, C. R. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. *Ingenius*, 19, 60–68.

<https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.06>

Pasqualino, J., Cabrera, C. & Vanegas, M. (2015). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. *Prospectiva* 13(1), 68-75. <https://doi.org/10.15665/rp.v13i1.361>

Potes Valencia, P. W. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red en el bloque b de la universidad técnica de Cotopaxi.*

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5358>

Raya Narváez, V. (2010). *Estudio técnico económico de instalación fotovoltaica en cubierta y conectada a red en el Instituto de Enseñanza Secundaria “Francisco Salinas” de*

Salamanca (España). Universidad Internacional de Andalucía.

<https://dspace.unia.es/handle/10334/471>

Rodríguez Barrena, J. (2021). *Desarrollo de una estación fotovoltaica conectada a red en la cubierta de un complejo deportivo.*

<https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/49495>

Rodríguez-Gámez, M., Vázquez-Pérez, A., Vélez-Quiroz, A., & Saltos-Arauz, Wilber. (2018).

Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales

Revista científica, (33), 265-274 <https://doi.org/10.14483/23448350.13104>

Romo, D., & Morales, D. (2021). Eficiencia Energética en la Universidad Católica sede

Azogues un enfoque de implementación técnico – económico basado en energía solar. *Revista Técnica “energía”, 17(2), 44–54.*

<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v17.n2.2021.420>

Salas Reyes, Y., Gómez Blanco, H., Vanegas Chamorro, M., Valencia Ochoa, G., & Villicaña

Ortíz, E. (2018). Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada. *Prospectiva, 16(2), 82–88.*

<https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.16534>

Serrano-Guzmán, M., Pérez-Ruiz, D., Galvis-Martínez, J., Rodríguez-Sierra, M., & Correa-

Torres, S. (2017). Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia.

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 25(7), 85-93.

Stolik Novygrad, D. (2014). La energía FV: Oportunidad y necesidad para Cuba. *Economía y*

Desarrollo, 152(2), 69–86.

Tovar, A. (2014). Evaluación del Impacto Ambiental de la energía solar y eólica en la abiota

de Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá.

Vega Rojas, L. E. S. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red de 3,7 kw*

para el laboratorio de Electricidad y Máquinas Eléctricas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3942>

Velasco, G. F., & Cabrera, E. (2009). *Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura.*

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9350>

8. Anexos

Anexo 1

Flujo de Efectivo sin Sistema Fotovoltaico (Escenario 1)

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo (kWh)	1800	1811	1821	1832	1843	1854	1865	1876	1888
Consumo mensual	150,00	150,89	151,79	152,70	153,60	154,52	155,44	156,36	157,30
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50,89	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo			2	3	4	5	5	6	7
Precio 1	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 2	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 3	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 4	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Monto	\$167,40	\$170,02	\$172,69	\$175,38	\$178,11	\$180,88	\$183,69	\$186,54	\$189,44
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$18,44	\$18,70	\$18,97	\$19,23	\$19,51	\$19,78	\$20,07	\$20,35	\$20,64
Alumbrado público	\$23,44	\$23,80	\$24,18	\$24,55	\$24,94	\$25,32	\$25,72	\$26,12	\$26,52
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$259,77	\$263,02	\$266,33	\$269,66	\$273,05	\$276,48	\$279,97	\$283,51	\$287,10

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Consumo (kWh)	1899	1910	1921	1933	1944	1956	1968	1979	1991
Consumo mensual	158,23	159,17	160,12	161,08	162,03	163,00	163,97	164,95	165,93
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Precio 1	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11
Precio 2	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 3	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 4	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Monto	\$192,38	\$195,37	\$198,40	\$201,48	\$204,60	\$207,77	\$210,99	\$214,26	\$217,58
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$20,94	\$21,23	\$21,54	\$21,84	\$22,16	\$22,47	\$22,80	\$23,12	\$23,45
Alumbrado público	\$26,93	\$27,35	\$27,78	\$28,21	\$28,64	\$29,09	\$29,54	\$30,00	\$30,46
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$290,75	\$294,45	\$298,21	\$302,03	\$305,90	\$309,83	\$313,82	\$317,88	\$321,99

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Consumo (kWh)	2003	2015	2027	2039	2051	2063	2076	2088
Consumo mensual	166,92	167,91	168,91	169,92	170,93	171,95	172,97	174,00
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo	17	18	19	20	21	22	23	24
Precio 1	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12
Precio 2	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 3	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 4	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Monto	\$220,94	\$224,36	\$227,83	\$231,35	\$234,93	\$238,56	\$242,24	\$245,98
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$23,79	\$24,13	\$24,48	\$24,83	\$25,19	\$25,55	\$25,92	\$26,29
Alumbrado público	\$30,93	\$31,41	\$31,90	\$32,39	\$32,89	\$33,40	\$33,91	\$34,44
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03
Subsidio tarifa eléctrica								
Total	\$326,17	\$330,40	\$334,71	\$339,07	\$343,51	\$348,01	\$352,58	\$357,21

Anexo 2

Flujo de Efectivo con Sistema Fotovoltaico (Escenario 1)

	CON SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo (kWh)	1800	1811	1821	1832	1843	1854	1865	1876	1888
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	23	34	44	55	66	77	88	99	111
Precio	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04
Monto	\$0,92	\$1,35	\$1,78	\$2,21	\$2,65	\$3,09	\$3,53	\$3,98	\$4,42
Comercialización	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40
Subsidio cruzado									
Alumbrado público	\$0,13	\$0,19	\$0,25	\$0,31	\$0,37	\$0,43	\$0,49	\$0,56	\$0,62
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$42,97	\$43,46	\$43,95	\$44,44	\$44,94	\$45,44	\$45,94	\$46,45	\$46,96

	CON SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Consumo (kWh)	1899	1910	1921	1933	1944	1956	1968	1979	1991
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	122	133	144	156	167	179	191	202	214
Precio	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04
Monto	\$4,87	\$5,32	\$5,78	\$6,24	\$6,70	\$7,16	\$7,63	\$8,09	\$8,57
Comercialización	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40
Subsidio cruzado									
Alumbrado público	\$0,68	\$0,75	\$0,81	\$0,87	\$0,94	\$1,00	\$1,07	\$1,13	\$1,20
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$47,47	\$47,99	\$48,51	\$49,03	\$49,55	\$50,08	\$50,61	\$51,15	\$51,68

CON SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Consumo (kWh)	2003	2015	2027	2039	2051	2063	2076	2088
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	226	238	250	262	274	286	299	311
Precio	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04
Monto	\$9,04	\$9,52	\$10,00	\$10,48	\$10,97	\$11,45	\$11,95	\$12,44
Comercialización	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40
Subsidio cruzado								
Alumbrado público	\$1,27	\$1,33	\$1,40	\$1,47	\$1,54	\$1,60	\$1,67	\$1,74
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02
Subsidio tarifa eléctrica								
Total	\$52,22	\$52,77	\$53,32	\$53,87	\$54,42	\$54,98	\$55,54	\$56,10

Anexo 3

Flujo de caja de ingresos recibidos por el Sistema Fotovoltaico y el pago del préstamo con diferentes tasas de interés (Escenario 1)

FLUJO DE CAJA									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	\$198,74	\$219,57	\$222,38	\$225,22	\$228,11	\$231,04	\$234,03	\$237,06	\$240,14
Egresos	-\$1.596,05	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión	-\$1.452,80								
Mantenimiento	\$0,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)	-\$143,25								
Flujo de caja económico	-\$1.397,31	\$179,57	\$182,38	\$185,22	\$188,11	\$191,04	\$194,03	\$197,06	\$200,14
Flujo de caja acumulado	-\$1.397,31	-\$1.217,75	-\$1.035,36	-\$850,14	-\$662,03	-\$470,99	-\$276,96	-\$79,90	\$120,24
Flujo de efectivo a valor presente		\$163,45	\$151,11	\$139,69	\$129,14	\$119,38	\$110,36	\$102,03	\$94,32
Flujo de efectivo acumulado		\$163,45	\$314,56	\$454,26	\$583,39	\$702,77	\$813,14	\$915,16	\$1.009,49
Interés del préstamo (16.22%)	-\$235,64								
Flujo de caja económico	-\$1.489,71	\$179,57	\$182,38	\$185,22	\$188,11	\$191,04	\$194,03	\$197,06	\$200,14
Flujo de caja acumulado	-\$1.489,71	-\$1.310,14	-\$1.127,76	-\$942,54	-\$754,43	-\$563,39	-\$369,36	-\$172,30	\$27,84
Flujo de efectivo a valor presente		\$154,50	\$135,03	\$117,99	\$103,11	\$90,10	\$78,74	\$68,81	\$60,13
Flujo de efectivo acumulado		\$154,50	\$289,53	\$407,52	\$510,63	\$600,73	\$679,47	\$748,27	\$808,40
Interés del préstamo (3.50%)	-\$50,85								
Flujo de caja económico	-\$1.304,91	\$179,57	\$182,38	\$185,22	\$188,11	\$191,04	\$194,03	\$197,06	\$200,14
Flujo de caja acumulado	-\$1.304,91	-\$1.125,35	-\$942,96	-\$757,74	-\$569,63	-\$378,59	-\$184,57	\$12,49	\$212,64
Flujo de efectivo a valor presente		\$173,49	\$170,26	\$167,06	\$163,93	\$160,85	\$157,84	\$154,89	\$151,99
Flujo de efectivo acumulado		\$173,49	\$343,75	\$510,81	\$674,73	\$835,59	\$993,43	\$1.148,31	\$1.300,30

FLUJO DE CAJA									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ingresos	\$243,28	\$246,47	\$249,71	\$253,00	\$256,35	\$259,75	\$263,21	\$266,73	\$270,31
Egresos	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión									
Mantenimiento	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)									
Flujo de caja económico	\$203,28	\$206,47	\$209,71	\$213,00	\$216,35	\$219,75	\$223,21	\$226,73	\$230,31
Flujo de caja acumulado	\$323,52	\$529,98	\$739,69	\$952,69	\$1.169,04	\$1.388,79	\$1.612,00	\$1.838,73	\$2.069,04
Flujo de efectivo a valor presente	\$87,20	\$80,62	\$74,54	\$68,91	\$63,71	\$58,91	\$54,47	\$50,36	\$46,56
Flujo de efectivo acumulado	\$1.096,69	\$1.177,31	\$1.251,85	\$1.320,76	\$1.384,48	\$1.443,39	\$1.497,85	\$1.548,21	\$1.594,77
Interés del préstamo (16.22%)									
Flujo de caja económico	\$203,28	\$206,47	\$209,71	\$213,00	\$216,35	\$219,75	\$223,21	\$226,73	\$230,31
Flujo de caja acumulado	\$231,12	\$437,58	\$647,29	\$860,29	\$1.076,64	\$1.296,39	\$1.519,60	\$1.746,33	\$1.976,64
Flujo de efectivo a valor presente	\$52,55	\$45,92	\$40,13	\$35,08	\$30,66	\$26,79	\$23,42	\$20,47	\$17,89
Flujo de efectivo acumulado	\$860,95	\$906,88	\$947,01	\$982,09	\$1.012,74	\$1.039,53	\$1.062,95	\$1.083,41	\$1.101,30
Interés del préstamo (3.50%)									
Flujo de caja económico	\$203,28	\$206,47	\$209,71	\$213,00	\$216,35	\$219,75	\$223,21	\$226,73	\$230,31
Flujo de caja acumulado	\$415,91	\$622,38	\$832,09	\$1.045,09	\$1.261,43	\$1.481,19	\$1.704,40	\$1.931,13	\$2.161,44
Flujo de efectivo a valor presente	\$149,15	\$146,37	\$143,64	\$140,96	\$138,33	\$135,76	\$133,23	\$130,76	\$128,33
Flujo de efectivo acumulado	\$1.449,46	\$1.595,82	\$1.739,46	\$1.880,42	\$2.018,75	\$2.154,51	\$2.287,75	\$2.418,50	\$2.546,83

FLUJO DE CAJA								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Ingresos	\$273,94	\$277,64	\$281,39	\$285,21	\$289,09	\$293,03	\$297,04	\$301,11
Egresos	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión								
Mantenimiento	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)								
Flujo de caja económico	\$233,94	\$237,64	\$241,39	\$245,21	\$249,09	\$253,03	\$257,04	\$261,11
Flujo de caja acumulado	\$2.302,98	\$2.540,61	\$2.782,00	\$3.027,21	\$3.276,30	\$3.529,33	\$3.786,37	\$4.047,48
Flujo de efectivo a valor presente	\$43,05	\$39,81	\$36,81	\$34,03	\$31,47	\$29,10	\$26,91	\$24,88
Flujo de efectivo acumulado	\$1.637,83	\$1.677,63	\$1.714,44	\$1.748,47	\$1.779,94	\$1.809,04	\$1.835,95	\$1.860,83
Interés del préstamo (16.22%)								
Flujo de caja económico	\$233,94	\$237,64	\$241,39	\$245,21	\$249,09	\$253,03	\$257,04	\$261,11
Flujo de caja acumulado	\$2.210,58	\$2.448,22	\$2.689,61	\$2.934,81	\$3.183,90	\$3.436,93	\$3.693,97	\$3.955,08
Flujo de efectivo a valor presente	\$15,63	\$13,66	\$11,94	\$10,44	\$9,12	\$7,97	\$6,97	\$6,09
Flujo de efectivo acumulado	\$1.116,93	\$1.130,60	\$1.142,54	\$1.152,98	\$1.162,10	\$1.170,08	\$1.177,05	\$1.183,14
Interés del préstamo (3.50%)								
Flujo de caja económico	\$233,94	\$237,64	\$241,39	\$245,21	\$249,09	\$253,03	\$257,04	\$261,11
Flujo de caja acumulado	\$2.395,38	\$2.633,01	\$2.874,40	\$3.119,61	\$3.368,70	\$3.621,73	\$3.878,77	\$4.139,88
Flujo de efectivo a valor presente	\$125,94	\$123,61	\$121,31	\$119,07	\$116,86	\$114,70	\$112,57	\$110,49
Flujo de efectivo acumulado	\$2.672,78	\$2.796,38	\$2.917,70	\$3.036,76	\$3.153,62	\$3.268,32	\$3.380,89	\$3.491,38

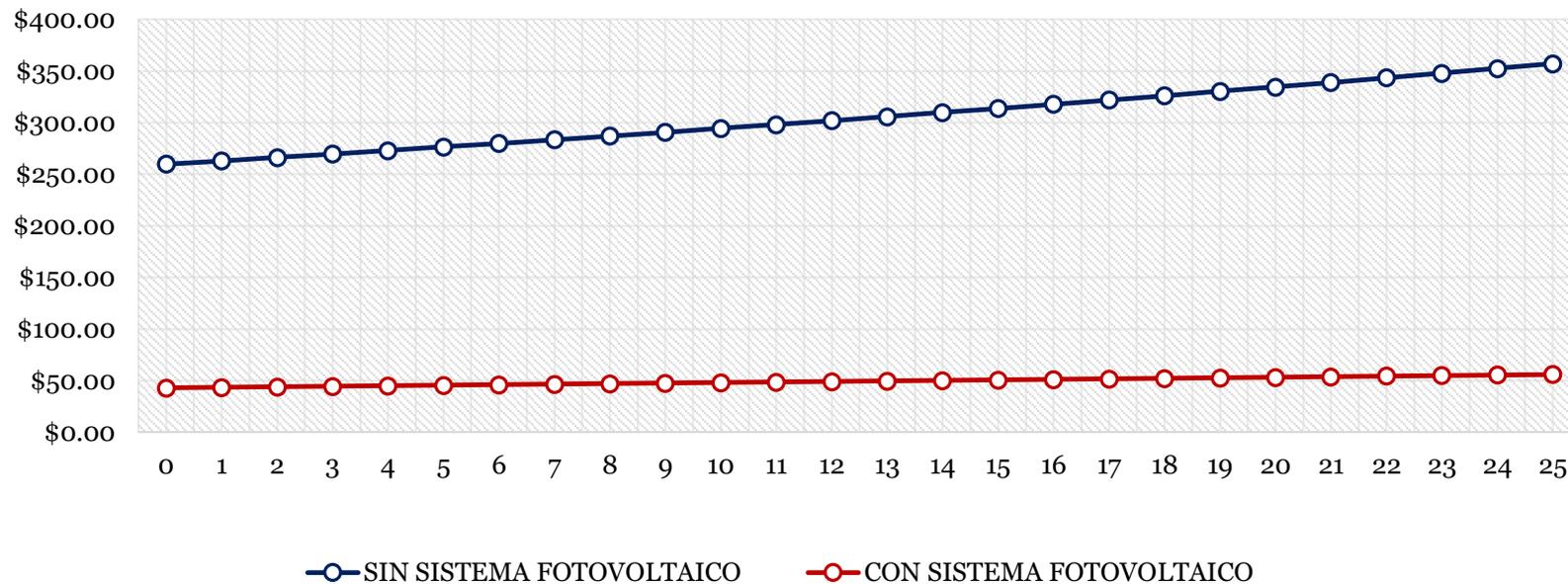
Anexo 4

Ratios Financieros y tasas de descuento (Escenario 1)

Tasa de descuento: 3,50%		Tasa de descuento: 9,86%		Tasa de descuento: 16,22%	
VAN	\$ 2.186,47	VAN	\$ 463,51	VAN	\$ 306,57
TIR	15 %	TIR	14 %	TIR	13 %
ROI	\$ 1,51	ROI	\$ 0,32	ROI	\$ 0,21
PRI	9 años	PRI	14 años, 2 meses	PRI	-

Anexo 5

Pago Planilla Eléctrica: Con Sistema FV y Sin Sistema FV (Escenario 1)



Anexo 6

Flujo de Efectivo sin Sistema Fotovoltaico (Escenario 2)

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo (kWh)	2400	2414	2429	2443	2458	2472	2487	2502	2517
Consumo mensual	200	201	202	204	205	206	207	208	210
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Quinto tramo		1	2	4	5	6	7	8	10
Precio 1	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 2	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 3	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 4	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 5	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11
Monto	\$225,60	\$229,15	\$232,73	\$236,37	\$240,06	\$243,81	\$247,61	\$251,48	\$255,40
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$24,26	\$24,61	\$24,97	\$25,33	\$25,70	\$26,08	\$26,46	\$26,84	\$27,24
Alumbrado público	\$31,58	\$32,08	\$32,58	\$33,09	\$33,61	\$34,13	\$34,67	\$35,21	\$35,76
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$331,94	\$336,35	\$340,79	\$345,30	\$349,87	\$354,52	\$359,24	\$364,03	\$368,89

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Consumo (kWh)	2532	2547	2562	2577	2593	2608	2624	2639	2655
Consumo mensual	211	212	213	215	216	217	219	220	221
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Quinto tramo	11	12	13	15	16	17	19	20	21
Precio 1	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11
Precio 2	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 3	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 4	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 5	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12
Monto	\$259,38	\$263,42	\$267,52	\$271,68	\$275,91	\$280,20	\$284,56	\$288,98	\$293,47
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$27,63	\$28,04	\$28,45	\$28,87	\$29,29	\$29,72	\$30,15	\$30,59	\$31,04
Alumbrado público	\$36,31	\$36,88	\$37,45	\$38,04	\$38,63	\$39,23	\$39,84	\$40,46	\$41,09
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$373,83	\$378,84	\$383,92	\$389,09	\$394,33	\$399,65	\$405,05	\$410,54	\$416,10

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Consumo (kWh)	2671	2687	2703	2719	2735	2751	2768	2784
Consumo mensual	223	224	225	227	228	229	231	232
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Quinto tramo	23	24	25	27	28	29	31	32
Precio 1	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 2	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 3	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 4	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 5	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Monto	\$298,03	\$302,65	\$307,35	\$312,12	\$316,96	\$321,87	\$326,86	\$331,92
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$31,50	\$31,96	\$32,43	\$32,91	\$33,39	\$33,88	\$34,38	\$34,89
Alumbrado público	\$41,72	\$42,37	\$43,03	\$43,70	\$44,37	\$45,06	\$45,76	\$46,47
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04
Subsidio tarifa eléctrica								
Total	\$421,75	\$427,49	\$433,31	\$439,23	\$445,23	\$451,32	\$457,50	\$463,78

Anexo 7

Flujo de Efectivo con Sistema Fotovoltaico (Escenario 2)

	CON SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo (kWh)	2400	2414	2429	2443	2458	2472	2487	2502	2517
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	623	637	652	666	681	695	710	725	740
Precio	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04
Monto	\$24,92	\$25,49	\$26,07	\$26,65	\$27,23	\$27,81	\$28,40	\$28,99	\$29,59
Comercialización	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40
Subsidio cruzado									
Alumbrado público	\$3,49	\$3,57	\$3,65	\$3,73	\$3,81	\$3,89	\$3,98	\$4,06	\$4,14
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$70,33	\$70,98	\$71,64	\$72,30	\$72,96	\$73,63	\$74,30	\$74,97	\$75,65

CON SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Consumo (kWh)	2532	2547	2562	2577	2593	2608	2624	2639	2655
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	755	770	785	800	816	831	847	862	878
Precio	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04
Monto	\$30,19	\$30,79	\$31,40	\$32,01	\$32,62	\$33,24	\$33,86	\$34,49	\$35,11
Comercialización	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40
Subsidio cruzado									
Alumbrado público	\$4,23	\$4,31	\$4,40	\$4,48	\$4,57	\$4,65	\$4,74	\$4,83	\$4,92
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$76,34	\$77,02	\$77,71	\$78,41	\$79,11	\$79,81	\$80,52	\$81,23	\$81,95

CON SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Consumo (kWh)	2671	2687	2703	2719	2735	2751	2768	2784
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	894	910	926	942	958	974	991	1007
Precio	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04
Monto	\$35,75	\$36,38	\$37,02	\$37,67	\$38,31	\$38,97	\$39,62	\$40,28
Comercialización	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$8,40	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado						\$4,74	\$4,80	\$4,87
Alumbrado público	\$5,00	\$5,09	\$5,18	\$5,27	\$5,36	\$5,46	\$5,55	\$5,64
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02	\$8,02
Subsidio tarifa eléctrica								
Total	\$82,67	\$83,40	\$84,13	\$84,86	\$85,60	\$99,65	\$100,46	\$101,28

Anexo 8

Flujo de caja de ingresos recibidos por el Sistema Fotovoltaico y el pago del préstamo con diferentes tasas de interés (Escenario 2)

FLUJO DE CAJA

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	\$239,81	\$265,37	\$269,15	\$273,00	\$276,92	\$280,90	\$284,94	\$289,06	\$293,24
Egresos	-\$1.596,05	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión	-\$1.452,80								
Mantenimiento	\$0,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)	-\$143,25								
Flujo de caja económico	-\$1.356,23	\$225,37	\$229,15	\$233,00	\$236,92	\$240,90	\$244,94	\$249,06	\$253,24
Flujo de caja acumulado	-\$1.356,23	-\$1.130,87	-\$901,72	-\$668,72	-\$431,80	-\$190,91	\$54,04	\$303,09	\$556,33
Flujo de efectivo a valor presente		\$205,14	\$189,86	\$175,73	\$162,64	\$150,53	\$139,32	\$128,95	\$119,35
Flujo de efectivo acumulado		\$205,14	\$395,00	\$570,73	\$733,37	\$883,91	\$1.023,23	\$1.152,18	\$1.271,53
Interés del préstamo (16.22%)	-\$235,64								
Flujo de caja económico	-\$1.448,63	\$225,37	\$229,15	\$233,00	\$236,92	\$240,90	\$244,94	\$249,06	\$253,24
Flujo de caja acumulado	-\$1.448,63	-\$1.223,27	-\$994,12	-\$761,11	-\$524,20	-\$283,30	-\$38,36	\$210,69	\$463,93
Flujo de efectivo a valor presente		\$193,91	\$169,65	\$148,43	\$129,86	\$113,61	\$99,40	\$86,96	\$76,08
Flujo de efectivo acumulado		\$193,91	\$363,57	\$511,99	\$641,85	\$755,46	\$854,86	\$941,82	\$1.017,91
Interés del préstamo (3.50%)	-\$50,85								
Flujo de caja económico	-\$1.263,84	\$225,37	\$229,15	\$233,00	\$236,92	\$240,90	\$244,94	\$249,06	\$253,24
Flujo de caja acumulado	-\$1.263,84	-\$1.038,47	-\$809,32	-\$576,32	-\$339,40	-\$98,51	\$146,43	\$395,49	\$648,73
Flujo de efectivo a valor presente		\$217,74	\$213,92	\$210,15	\$206,46	\$202,83	\$199,26	\$195,76	\$192,31
Flujo de efectivo acumulado		\$217,74	\$431,66	\$641,81	\$848,27	\$1.051,10	\$1.250,36	\$1.446,12	\$1.638,43

FLUJO DE CAJA									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ingresos	\$297,49	\$301,81	\$306,21	\$310,68	\$315,22	\$319,84	\$324,53	\$329,30	\$334,15
Egresos	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión									
Mantenimiento	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)									
Flujo de caja económico	\$257,49	\$261,81	\$266,21	\$270,68	\$275,22	\$279,84	\$284,53	\$289,30	\$294,15
Flujo de caja acumulado	\$813,82	\$1.075,64	\$1.341,85	\$1.612,52	\$1.887,74	\$2.167,58	\$2.452,11	\$2.741,41	\$3.035,57
Flujo de efectivo a valor presente	\$110,46	\$102,23	\$94,62	\$87,57	\$81,05	\$75,02	\$69,43	\$64,26	\$59,47
Flujo de efectivo acumulado	\$1.381,99	\$1.484,22	\$1.578,84	\$1.666,42	\$1.747,47	\$1.822,49	\$1.891,91	\$1.956,17	\$2.015,64
Interés del préstamo (16.22%)									
Flujo de caja económico	\$257,49	\$261,81	\$266,21	\$270,68	\$275,22	\$279,84	\$284,53	\$289,30	\$294,15
Flujo de caja acumulado	\$721,42	\$983,24	\$1.249,45	\$1.520,13	\$1.795,35	\$2.075,18	\$2.359,71	\$2.649,02	\$2.943,17
Flujo de efectivo a valor presente	\$66,56	\$58,24	\$50,95	\$44,57	\$39,00	\$34,12	\$29,85	\$26,11	\$22,85
Flujo de efectivo acumulado	\$1.084,47	\$1.142,71	\$1.193,65	\$1.238,23	\$1.277,22	\$1.311,34	\$1.341,19	\$1.367,30	\$1.390,15
Interés del préstamo (3.50%)									
Flujo de caja económico	\$257,49	\$261,81	\$266,21	\$270,68	\$275,22	\$279,84	\$284,53	\$289,30	\$294,15
Flujo de caja acumulado	\$906,22	\$1.168,04	\$1.434,24	\$1.704,92	\$1.980,14	\$2.259,98	\$2.544,51	\$2.833,81	\$3.127,96
Flujo de efectivo a valor presente	\$188,93	\$185,61	\$182,34	\$179,13	\$175,98	\$172,88	\$169,83	\$166,84	\$163,90
Flujo de efectivo acumulado	\$1.827,36	\$2.012,96	\$2.195,30	\$2.374,43	\$2.550,41	\$2.723,29	\$2.893,12	\$3.059,96	\$3.223,87

FLUJO DE CAJA								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Ingresos	\$339,08	\$344,09	\$349,19	\$354,37	\$359,63	\$351,67	\$357,05	\$362,51
Egresos	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión								
Mantenimiento	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)								
Flujo de caja económico	\$299,08	\$304,09	\$309,19	\$314,37	\$319,63	\$311,67	\$317,05	\$322,51
Flujo de caja acumulado	\$3.334,65	\$3.638,74	\$3.947,93	\$4.262,30	\$4.581,93	\$4.893,60	\$5.210,65	\$5.533,16
Flujo de efectivo a valor presente	\$55,04	\$50,94	\$47,14	\$43,63	\$40,38	\$35,84	\$33,19	\$30,73
Flujo de efectivo acumulado	\$2.070,68	\$2.121,62	\$2.168,76	\$2.212,40	\$2.252,78	\$2.288,62	\$2.321,81	\$2.352,54
Interés del préstamo (16.22%)								
Flujo de caja económico	\$299,08	\$304,09	\$309,19	\$314,37	\$319,63	\$311,67	\$317,05	\$322,51
Flujo de caja acumulado	\$3.242,25	\$3.546,35	\$3.855,53	\$4.169,90	\$4.489,53	\$4.801,20	\$5.118,25	\$5.440,76
Flujo de efectivo a valor presente	\$19,99	\$17,49	\$15,30	\$13,38	\$11,71	\$9,82	\$8,60	\$7,53
Flujo de efectivo acumulado	\$1.410,13	\$1.427,62	\$1.442,92	\$1.456,30	\$1.468,01	\$1.477,83	\$1.486,43	\$1.493,95
Interés del préstamo (3.50%)								
Flujo de caja económico	\$299,08	\$304,09	\$309,19	\$314,37	\$319,63	\$311,67	\$317,05	\$322,51
Flujo de caja acumulado	\$3.427,05	\$3.731,14	\$4.040,33	\$4.354,70	\$4.674,33	\$4.986,00	\$5.303,05	\$5.625,55
Flujo de efectivo a valor presente	\$161,01	\$158,18	\$155,39	\$152,65	\$149,95	\$141,28	\$138,85	\$136,47
Flujo de efectivo acumulado	\$3.384,88	\$3.543,06	\$3.698,44	\$3.851,09	\$4.001,05	\$4.142,32	\$4.281,18	\$4.417,64

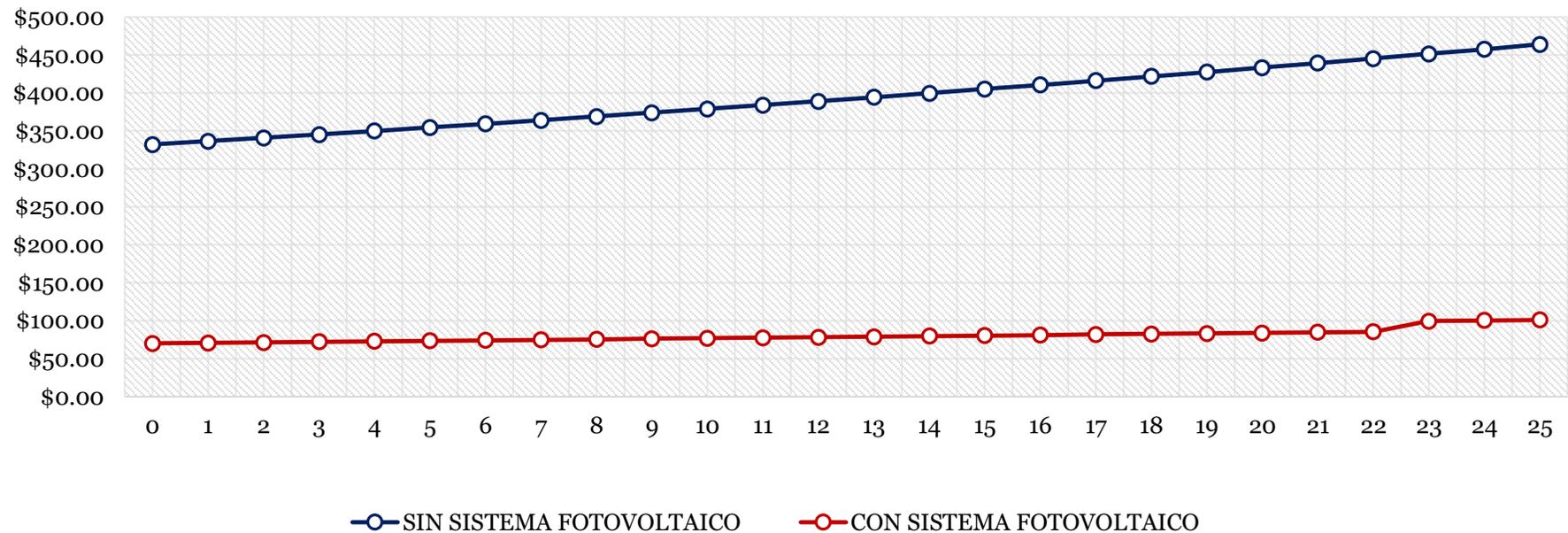
Anexo 9

Ratios Financieros y tasas de descuento (Escenario 2)

	Tasa de descuento: 3,50%	Tasa de descuento: 9,86%	Tasa de descuento: 16,22%
VAN	\$ 3.153,81	\$ 996,30	\$ 45,32
TIR	19 %	18 %	17 %
ROI	\$ 2,17	\$ 0,69	\$ 0,03
PRI	7 años	9 años, 8 meses	20 años, 9 meses

Anexo 10

Pago Planilla Eléctrica: Con Sistema FV y Sin Sistema FV (Escenario 2)



Anexo 11

Flujo de Efectivo sin Sistema Fotovoltaico (Escenario 3)

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo (kWh)	3000	3018	3036	3054	3072	3090	3109	3127	3146
Consumo mensual	250	251	253	254	256	258	259	261	262
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Quinto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Sexto tramo		1	3	4	6	8	9	11	12
Precio 1	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 2	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 3	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 4	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 5	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11
Precio 6	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Monto	\$285,00	\$289,47	\$294,02	\$298,63	\$303,30	\$308,05	\$312,88	\$317,77	\$322,74
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$30,20	\$30,64	\$31,10	\$31,56	\$32,03	\$32,50	\$32,98	\$33,47	\$33,97
Alumbrado público	\$39,90	\$40,53	\$41,16	\$41,81	\$42,46	\$43,13	\$43,80	\$44,49	\$45,18
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$405,60	\$411,15	\$416,78	\$422,50	\$428,30	\$434,19	\$440,17	\$446,24	\$452,40

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Consumo (kWh)	3165	3183	3202	3222	3241	3260	3279	3299	3319
Consumo mensual	264	265	267	268	270	272	273	275	277
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Quinto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Sexto tramo	14	15	17	18	20	22	23	25	27
Precio 1	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 2	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 3	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 4	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 5	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12
Precio 6	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Monto	\$327,78	\$332,90	\$338,09	\$343,36	\$348,72	\$354,15	\$359,66	\$365,26	\$370,94
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$34,47	\$34,99	\$35,51	\$36,03	\$36,57	\$37,11	\$37,66	\$38,22	\$38,79
Alumbrado público	\$45,89	\$46,61	\$47,33	\$48,07	\$48,82	\$49,58	\$50,35	\$51,14	\$51,93
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$458,65	\$465,00	\$471,44	\$477,98	\$484,61	\$491,35	\$498,19	\$505,13	\$512,18

SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Consumo (kWh)	3338	3358	3378	3398	3419	3439	3459	3480
Consumo mensual	278	280	282	283	285	287	288	290
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Cuarto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Quinto tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Sexto tramo	28	30	32	33	35	37	38	40
Precio 1	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12
Precio 2	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 3	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 4	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 5	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 6	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,13
Monto	\$376,71	\$382,56	\$388,50	\$394,53	\$400,65	\$406,87	\$413,17	\$419,57
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$39,37	\$39,95	\$40,55	\$41,15	\$41,76	\$42,38	\$43,01	\$43,65
Alumbrado público	\$52,74	\$53,56	\$54,39	\$55,23	\$56,09	\$56,96	\$57,84	\$58,74
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04	\$8,04
Subsidio tarifa eléctrica								
Total	\$519,33	\$526,58	\$533,95	\$541,43	\$549,02	\$556,72	\$564,54	\$572,48

Anexo 12

Flujo de Efectivo con Sistema Fotovoltaico (Escenario 3)

CON SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo (kWh)	3000	3018	3036	3054	3072	3090	3109	3127	3146
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	1223	1241	1259	1277	1295	1313	1332	1350	1369
Balance mensual	101,92	103,41	104,90	106,41	107,92	109,45	110,98	112,52	114,08
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	1,92	3	5	6	8	9	11	13	14
Cuarto tramo									
Precio 1	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 2	\$0,09	\$0,09	\$0,09	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 3	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Precio 4	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10
Monto	\$112,59	\$115,38	\$118,23	\$121,13	\$124,09	\$127,10	\$130,17	\$133,30	\$136,48
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$12,96	\$13,23	\$13,52	\$13,81	\$14,11	\$14,41	\$14,71	\$15,03	\$15,35
Alumbrado público	\$15,76	\$16,15	\$16,55	\$16,96	\$17,37	\$17,79	\$18,22	\$18,66	\$19,11
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$191,80	\$195,26	\$198,80	\$202,40	\$206,06	\$209,80	\$213,61	\$217,48	\$221,43

CON SISTEMA FOTOVOLTAICO									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Consumo (kWh)	3165	3183	3202	3222	3241	3260	3279	3299	3319
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	1388	1406	1425	1445	1464	1483	1502	1522	1542
Balance mensual	115,64	117,21	118,79	120,38	121,97	123,58	125,20	126,83	128,46
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	16	17	19	20	22	24	25	27	28
Cuarto tramo									
Precio 1	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 2	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 3	\$0,10	\$0,10	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Precio 4	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11
Monto	\$139,73	\$143,03	\$146,40	\$149,83	\$153,32	\$156,87	\$160,49	\$164,18	\$167,93
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$15,67	\$16,00	\$16,34	\$16,68	\$17,03	\$17,38	\$17,75	\$18,11	\$18,49
Alumbrado público	\$19,56	\$20,02	\$20,50	\$20,98	\$21,46	\$21,96	\$22,47	\$22,99	\$23,51
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03
Subsidio tarifa eléctrica									
Total	\$225,45	\$229,55	\$233,73	\$237,98	\$242,30	\$246,71	\$251,20	\$255,78	\$260,43

CON SISTEMA FOTOVOLTAICO								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Consumo (kWh)	3338	3358	3378	3398	3419	3439	3459	3480
Producción Solar	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777	1777
Balance	1561	1581	1601	1621	1642	1662	1682	1703
Balance mensual	130,11	131,77	133,43	135,11	136,80	138,49	140,20	141,92
Primer tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Segundo tramo	50	50	50	50	50	50	50	50
Tercer tramo	30	32	33	35	37	38	40	50
Cuarto tramo								-8,08
Precio 1	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12
Precio 2	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 3	\$0,11	\$0,11	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Precio 4	\$0,11	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12	\$0,12
Monto	\$171,76	\$175,65	\$179,62	\$183,65	\$187,77	\$191,95	\$196,21	\$200,37
Comercialización	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97	\$16,97
Subsidio cruzado	\$18,87	\$19,26	\$19,66	\$20,06	\$20,47	\$20,89	\$21,32	\$21,73
Alumbrado público	\$24,05	\$24,59	\$25,15	\$25,71	\$26,29	\$26,87	\$27,47	\$28,05
Cuerpo de bomberos	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50	\$25,50
Recolección de basura	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03	\$8,03
Subsidio tarifa eléctrica								
Total	\$265,17	\$270,00	\$274,92	\$279,93	\$285,02	\$290,21	\$295,50	\$300,65

Anexo 13

Flujo de caja de ingresos recibidos por el Sistema Fotovoltaico y el pago del préstamo con diferentes tasas de interés (Escenario 3)

FLUJO DE CAJA									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	\$195,99	\$215,88	\$217,98	\$220,10	\$222,23	\$224,39	\$226,56	\$228,75	\$230,96
Egresos	-\$1.596,05	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión	-\$1.452,80								
Mantenimiento	\$0,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)	-\$143,25								
Flujo de caja económico	-\$1.400,06	\$175,88	\$177,98	\$180,10	\$182,23	\$184,39	\$186,56	\$188,75	\$190,96
Flujo de caja acumulado	-\$1.400,06	-\$1.224,17	-\$1.046,19	-\$866,09	-\$683,86	-\$499,47	-\$312,91	-\$124,15	\$66,81
Flujo de efectivo a valor presente		\$160,10	\$147,47	\$135,83	\$125,10	\$115,22	\$106,12	\$97,73	\$90,00
Flujo de efectivo acumulado		\$160,10	\$307,57	\$443,40	\$568,50	\$683,72	\$789,84	\$887,57	\$977,57
Interés del préstamo (16.22%)	-\$235,64								
Flujo de caja económico	-\$1.492,46	\$175,88	\$177,98	\$180,10	\$182,23	\$184,39	\$186,56	\$188,75	\$190,96
Flujo de caja acumulado	-\$1.492,46	-\$1.316,57	-\$1.138,59	-\$958,49	-\$776,25	-\$591,87	-\$405,31	-\$216,55	-\$25,59
Flujo de efectivo a valor presente		\$151,34	\$131,77	\$114,73	\$99,89	\$86,96	\$75,71	\$65,91	\$57,37
Flujo de efectivo acumulado		\$151,34	\$283,11	\$397,84	\$497,72	\$584,68	\$660,39	\$726,30	\$783,67
Interés del préstamo (3.50%)	-\$50,85								
Flujo de caja económico	-\$1.307,66	\$175,88	\$177,98	\$180,10	\$182,23	\$184,39	\$186,56	\$188,75	\$190,96
Flujo de caja acumulado	-\$1.307,66	-\$1.131,78	-\$953,79	-\$773,69	-\$591,46	-\$407,07	-\$220,51	-\$31,76	\$159,21
Flujo de efectivo a valor presente		\$169,94	\$166,15	\$162,44	\$158,81	\$155,25	\$151,77	\$148,36	\$145,02
Flujo de efectivo acumulado		\$169,94	\$336,09	\$498,53	\$657,33	\$812,58	\$964,35	\$1.112,71	\$1.257,73

FLUJO DE CAJA									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ingresos	\$233,19	\$235,44	\$237,71	\$240,00	\$242,31	\$244,64	\$246,99	\$249,35	\$251,74
Egresos	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión									
Mantenimiento	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)									
Flujo de caja económico	\$193,19	\$195,44	\$197,71	\$200,00	\$202,31	\$204,64	\$206,99	\$209,35	\$211,74
Flujo de caja acumulado	\$260,00	\$455,45	\$653,16	\$853,16	\$1.055,47	\$1.260,11	\$1.467,09	\$1.676,45	\$1.888,19
Flujo de efectivo a valor presente	\$82,88	\$76,32	\$70,27	\$64,71	\$59,58	\$54,86	\$50,51	\$46,50	\$42,81
Flujo de efectivo acumulado	\$1.060,44	\$1.136,76	\$1.207,04	\$1.271,74	\$1.331,32	\$1.386,18	\$1.436,69	\$1.483,19	\$1.525,99
Interés del préstamo (16.22%)									
Flujo de caja económico	\$193,19	\$195,44	\$197,71	\$200,00	\$202,31	\$204,64	\$206,99	\$209,35	\$211,74
Flujo de caja acumulado	\$167,61	\$363,05	\$560,76	\$760,76	\$963,07	\$1.167,71	\$1.374,69	\$1.584,05	\$1.795,79
Flujo de efectivo a valor presente	\$49,94	\$43,47	\$37,84	\$32,94	\$28,67	\$24,95	\$21,71	\$18,90	\$16,45
Flujo de efectivo acumulado	\$833,61	\$877,08	\$914,92	\$947,86	\$976,52	\$1.001,47	\$1.023,19	\$1.042,08	\$1.058,53
Interés del préstamo (3.50%)									
Flujo de caja económico	\$193,19	\$195,44	\$197,71	\$200,00	\$202,31	\$204,64	\$206,99	\$209,35	\$211,74
Flujo de caja acumulado	\$352,40	\$547,84	\$745,56	\$945,56	\$1.147,87	\$1.352,50	\$1.559,49	\$1.768,84	\$1.980,59
Flujo de efectivo a valor presente	\$141,75	\$138,55	\$135,42	\$132,36	\$129,36	\$126,42	\$123,55	\$120,74	\$117,98
Flujo de efectivo acumulado	\$1.399,48	\$1.538,03	\$1.673,46	\$1.805,81	\$1.935,17	\$2.061,59	\$2.185,14	\$2.305,88	\$2.423,86

FLUJO DE CAJA								
	18	19	20	21	22	23	24	25
Ingresos	\$254,15	\$256,58	\$259,03	\$261,50	\$264,00	\$266,51	\$269,04	\$271,83
Egresos	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00	-\$40,00
Inversión								
Mantenimiento	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00	\$40,00
Interés del préstamo (9.86%)								
Flujo de caja económico	\$214,15	\$216,58	\$219,03	\$221,50	\$224,00	\$226,51	\$229,04	\$231,83
Flujo de caja acumulado	\$2.102,34	\$2.318,92	\$2.537,96	\$2.759,46	\$2.983,45	\$3.209,96	\$3.439,00	\$3.670,83
Flujo de efectivo a valor presente	\$39,41	\$36,28	\$33,40	\$30,74	\$28,30	\$26,05	\$23,98	\$22,09
Flujo de efectivo acumulado	\$1.565,41	\$1.601,69	\$1.635,08	\$1.665,83	\$1.694,12	\$1.720,17	\$1.744,15	\$1.766,24
Interés del préstamo (16.22%)								
Flujo de caja económico	\$214,15	\$216,58	\$219,03	\$221,50	\$224,00	\$226,51	\$229,04	\$231,83
Flujo de caja acumulado	\$2.009,94	\$2.226,53	\$2.445,56	\$2.667,06	\$2.891,06	\$3.117,56	\$3.346,61	\$3.578,43
Flujo de efectivo a valor presente	\$14,31	\$12,45	\$10,84	\$9,43	\$8,20	\$7,14	\$6,21	\$5,41
Flujo de efectivo acumulado	\$1.072,84	\$1.085,29	\$1.096,13	\$1.105,56	\$1.113,76	\$1.120,90	\$1.127,11	\$1.132,52
Interés del préstamo (3.50%)								
Flujo de caja económico	\$214,15	\$216,58	\$219,03	\$221,50	\$224,00	\$226,51	\$229,04	\$231,83
Flujo de caja acumulado	\$2.194,74	\$2.411,32	\$2.630,35	\$2.851,86	\$3.075,85	\$3.302,36	\$3.531,40	\$3.763,23
Flujo de efectivo a valor presente	\$115,29	\$112,66	\$110,08	\$107,56	\$105,09	\$102,67	\$100,31	\$98,10
Flujo de efectivo acumulado	\$2.539,15	\$2.651,81	\$2.761,88	\$2.869,44	\$2.974,53	\$3.077,20	\$3.177,51	\$3.275,61

Anexo 14

Ratios Financieros y tasas de descuento (Escenario 3)

	Tasa de descuento: 3,50%	Tasa de descuento: 9,86%	Tasa de descuento: 16,22%
VAN	\$ 1.967,95	VAN \$ 366,18	VAN \$ -359,93
TIR	14 %	TIR 13 %	TIR 12 %
ROI	\$ 1,35	ROI \$ 0,25	ROI \$ -0,25
PRI	9 años, 4 meses	PRI 15 años, 4 meses	PRI -

Anexo 15

Pago Planilla Eléctrica: Con Sistema FV y Sin Sistema FV (Escenario 3)

