



Modelos de
Financiación

ESTRATEGIAS FINANCIERAS Y DE NEGOCIO PARA LA MASIFICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR DISTRIBUIDA EN COLOMBIA

White Paper



emergente
innovación para
transformar



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Autores

ESTRATEGIAS FINANCIERAS Y DE NEGOCIO PARA LA MASIFICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR DISTRIBUIDA EN COLOMBIA

Autores

Emergente Energía Sostenible

Santiago Ortega Arango

Juan Manuel España Forero

Juan Pablo Cárdenas

Juan Andrés Estrada Walker

Valentina Beltrán Rubio

Universidad Nacional de Colombia

Sede Medellín

Santiago Arango Aramburo

Yris Olaya Morales

Jaime Andrés Díaz Guerra

Febrero 2026

Emergente Energía Sostenible S.A.S. Cra. 43B #32B Sur - 60 Casa 201,
Zona 2, Envigado, Antioquia - Colombia. www.emergente.com.co



Resumen ejecutivo

Colombia es un país con una radiación solar superior a 4,5 kWh/m² por día, donde los proyectos solares residenciales ofrecen rentabilidades entre dos y tres veces superiores a las de los créditos de renta fija, con periodos de recuperación de la inversión que oscilan entre 5 y 10 años. A pesar de estas condiciones favorables, el país aún no aprovecha plenamente su potencial solar en proyectos residenciales de pequeña escala.

Esto se puede explicar por barreras de acceso al crédito que obedecen a una alta percepción de riesgo, al desconocimiento tecnológico y a la inexistencia de un mercado de segunda mano para los equipos solares. Como consecuencia, no existen muchos productos financieros para soluciones solares para usuarios residenciales, y los que existen no se ajustan al perfil financiero de los tomadores.

A esto se suma la baja sensibilización de los usuarios sobre los beneficios económicos de la energía solar, lo cual reduce la demanda y perpetúa la ausencia de modelos financieros inclusivos.

Para abordar estas barreras, este documento propone modelos de financiación innovadores que permitan ampliar el acceso a energía limpia para usuarios residenciales de ingresos bajos y medios. Nuestra intención es que estos modelos se convierten en insumos que puedan ser usados por las entidades financieras para apoyar y catalizar el desarrollo de productos de financiación innovadores, que promuevan el desarrollo de la energía solar distribuida y fortalezcan la inclusión financiera.

Diseñamos un marco de evaluación de modelos financieros que contempla las características esenciales de un producto de crédito solar: las fuentes de capital (bancos tradicionales, bancos de segundo piso, donantes, cooperativas o recursos individuales), los tipos de garantía (hipotecarias, sobre equipos solares o créditos sin garantía), los mecanismos de recaudo (vinculados a facturas de servicios, deducción por nómina o impuestos prediales) y las modalidades contractuales (propiedad del usuario, propiedad de un tercero, arrendamiento o leasing). Además, incorporamos los objetivos institucionales de los financiadores, que pueden combinar criterios financieros con metas de impacto social y ambiental.

A partir de este esquema, propusimos seis modelos financieros inspirados en experiencias internacionales adaptables al contexto colombiano. Luego de validarlos con actores del sector financiero y energético, realizamos un análisis multicriterio basado en facilidad de implementación, riesgos e impacto. Como resultado, priorizamos tres modelos con alta probabilidad de éxito para los cuales estimamos márgenes de utilidad posibles para instituciones financieras mediante un análisis financiero y de sensibilidad que considera tasas de captación y gastos administrativos, tomando como referencia el mes de mayo de 2025. Por último, calculamos indicadores de impacto clave para los usuarios beneficiados. Los siguientes fueron los modelos priorizados y sus resultados:

1. Financiación con reforma de vivienda por medio de cajas de compensación

Las cajas de compensación prestan directamente, usando la vivienda como garantía y descuentos vía nómina, además de integrar subsidios familiares. Este modelo reduce el riesgo crediticio y mejora las condiciones financieras. El análisis revela que una entidad financiera podría alcanzar márgenes de utilidad entre el 8% y el 20%, dependiendo de la eficiencia en gastos y el acceso a tasas de captación de capital más bajas. Su bajo riesgo, asociado a garantías sobre la vivienda, permite ofrecer tasas de interés competitivas. El impacto para los usuarios es sólido: reducción de pobreza energética hasta en un 71% y aumento de ingresos familiares de hasta 80 millones de pesos en 20 años.

2. Créditos a través de fondos de empleados

El fondo de empleados otorga préstamos con deducción de nómina, tasas de interés favorables y apoyo empresarial. Este esquema reduce el riesgo de impago y aprovecha recursos sociales de la organización. El análisis revela que, con mejoras moderadas en la tasa de captación y mayor eficiencia administrativa, los fondos de empleados podrían tener productos de financiación solar con márgenes de utilidad entre el 10% y el 17%. El modelo presenta beneficios sociales visibles para los afiliados, ya que presenta indicadores de reducción de pobreza energética de hasta el 65% para usuarios de bajos ingresos.



Resumen ejecutivo

3. Financiación con cooperativas o microfinancieras con recursos de banca de segundo piso

Bancos de segundo piso tienen una oportunidad de canalizar recursos a través de cooperativas que conceden créditos con tasas de interés favorables, plazos amplios y garantías alternativas para personas que no tienen productos con la banca tradicional. Si existiera una línea de crédito enfocada en usuarios residenciales, las cooperativas podrían desarrollar productos con márgenes de utilidad de hasta el 15% en condiciones ideales. Los indicadores muestran reducciones en pobreza energética de hasta el 71 % y aumentos de ingresos de hasta 76 millones de pesos por proyecto para los afiliados a las cooperativas.

El análisis financiero demuestra que, combinando tasas de captación inferiores al 8 % y gastos operativos por debajo del 40 %, los tres modelos generan márgenes superiores al 10 % para las entidades, sin sacrificar condiciones atractivas para los usuarios. Asimismo, en términos de impacto ambiental, todos evitan hasta 98 toneladas de CO₂ durante la vida útil de los sistemas.

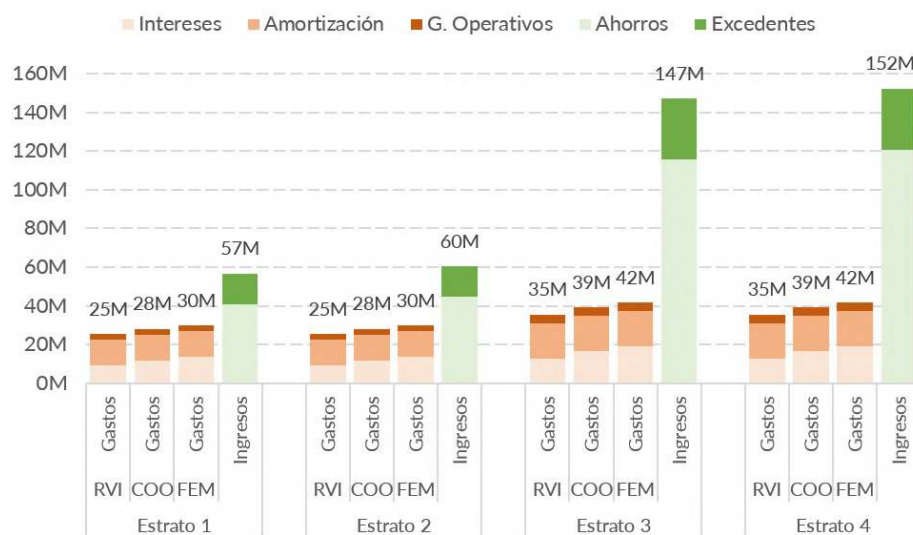


Figura A

Comparación de gastos para cada modelo de financiación vs ingresos totales por un sistema solar residencial para diferentes estratos. RVI: Solar con financiación para reforma de vivienda; COO: Cooperativas; FEM: Fondo de empleados.

Además de los modelos priorizados, el estudio exploró otras tres alternativas con alto potencial de impacto. El modelo de finanzas mixtas, plantea una estructura coordinada por un operador central que articula créditos blandos, donaciones e inversión público-privada para facilitar el acceso a energía solar a hogares vulnerables. Por su parte, el modelo de bonos de impacto moviliza capital privado para financiar proyectos solares, con retornos condicionados al logro de metas sociales o ambientales verificables, y es especialmente útil en zonas no interconectadas. Finalmente, el Leasing para persona natural permite a los usuarios instalar sistemas solares sin inversión inicial, con opción de compra al finalizar el contrato, ofreciendo beneficios financieros y tributarios. Si bien estos modelos presentan ventajas importantes, su implementación requiere superar desafíos institucionales, regulatorios y operativos que limitaron su priorización en esta fase del estudio.

Resumen ejecutivo

Importancia y recomendaciones

La masificación de la energía solar distribuida en Colombia constituye una oportunidad para promover la inclusión financiera, reducir la pobreza energética, generar empleo y avanzar en la transición energética justa. La implementación de los modelos de financiación propuestos y el apoyo de instituciones públicas y privadas tiene el potencial para desbloquear la energía solar distribuida para los usuarios residenciales de bajos estratos. Para hacer esta masificación realidad proponemos las siguientes recomendaciones:

- 1 Diseñar y lanzar líneas de crédito especializadas para energía solar residencial, respaldadas por bancos de desarrollo y esquemas de financiamiento combinado (blended finance).
- 2 Fortalecer las capacidades técnicas y de evaluación de riesgo en entidades financieras, enfocándose en modelos de negocio solar, beneficios tributarios y garantías alternativas.
- 3 Establecer alianzas estratégicas entre desarrolladores solares, entidades financieras y comercializadores de energía para optimizar la estructuración de productos y los mecanismos de recaudo.
- 4 Integrar mecanismos de pago vinculados a facturas de energía, deducciones por nómina y cuotas de administración en copropiedades para reducir impagos.
- 5 Impulsar ajustes regulatorios y fiscales que flexibilicen el acceso al financiamiento y ofrezcan incentivos a la inversión en sistemas solares.
- 6 Implementar proyectos piloto y campañas educativas que validen los modelos, sensibilicen a los usuarios sobre los beneficios de la energía solar y fortalezcan la cultura de pago y el conocimiento financiero.

Tabla A.

Recomendaciones para la masificación de la energía solar distribuida



Introducción

La transición acelerada hacia fuentes de energía renovable es esencial para enfrentar el cambio climático, garantizar la seguridad energética y promover el desarrollo económico sostenible. En Colombia, la energía solar fotovoltaica distribuida representa una oportunidad significativa para democratizar el acceso a la energía, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y generar riqueza local, especialmente entre los hogares de ingresos bajos y medios.

Colombia es un país con una radiación solar superior a 4,5 kWh/m² por día y donde los proyectos solares residenciales tienen rentabilidades 2 o 3 veces superiores a los créditos de renta fija y periodos de pago de las inversiones entre 5 y 10 años¹. Sin embargo, son pocos los hogares que han adoptado esta tecnología debido a barreras críticas:

- Acceso limitado a crédito y ecosistema financiero complejo: casi ninguna entidad financiera ofrece productos para financiar sistemas solares residenciales, principalmente porque tienen garantías restrictivas y priorizan clientes empresariales. Asimismo, la taxonomía verde excluye proyectos pequeños y los altos CAPEX limitan la implementación de estratos 1, 2 y 3.
- Falta de sensibilización: gran parte de los potenciales usuarios de energía solar ignoran los ahorros y beneficios asociados a la adopción de la tecnología. La baja demanda por estos sistemas perpetúa la falta de modelos financieros inclusivos que permitan ampliar el acceso a gran parte de la población.

Este documento recopila los hallazgos más importantes del proyecto “Estrategias Financieras y de Negocio para la Masificación de la Energía Solar Distribuida en Colombia”. En este proyecto evaluamos modelos financieros innovadores para acelerar la adopción residencial de energía solar. Estos modelos se inspiraron en una evaluación de experiencias internacionales adaptadas al contexto colombiano. El documento está estructurado de la siguiente manera:

La sección 1 propone una herramienta para evaluar modelos financieros según categorías clave como fuente de los recursos, tipos de garantía, mecanismos de recaudo, entre otros. La sección 2 presenta seis modelos financieros con alto potencial para promover la adopción de paneles solares por usuarios residenciales. La sección 3 explica cómo priorizamos tres de estos modelos y presenta los análisis financieros para concluir sobre su viabilidad de implementación. Finalmente, la sección 4 propone recomendaciones dirigidas al sector financiero y energético para democratizar el acceso a tecnologías de energía limpia en Colombia.



1. Aceleración de la energía solar fotovoltaica distribuida en Colombia – Oportunidades de Financiación– Emergente Energía Sostenible y Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/AceleracionSolarColombia>

1. ¿Cómo evaluar estrategias financieras para energía solar residencial?

Los modelos de financiación de proyectos de energía solar distribuida pueden describirse con base en diferentes características de productos crediticios. Identificamos estas características en colaboración con diversos actores del sector financiero colombiano con el objetivo de crear un marco para revisar casos internacionales y extraer lecciones claves para finalmente plantear modelos innovadores para Colombia. La tabla 1 presenta las características principales de un modelo financiero.

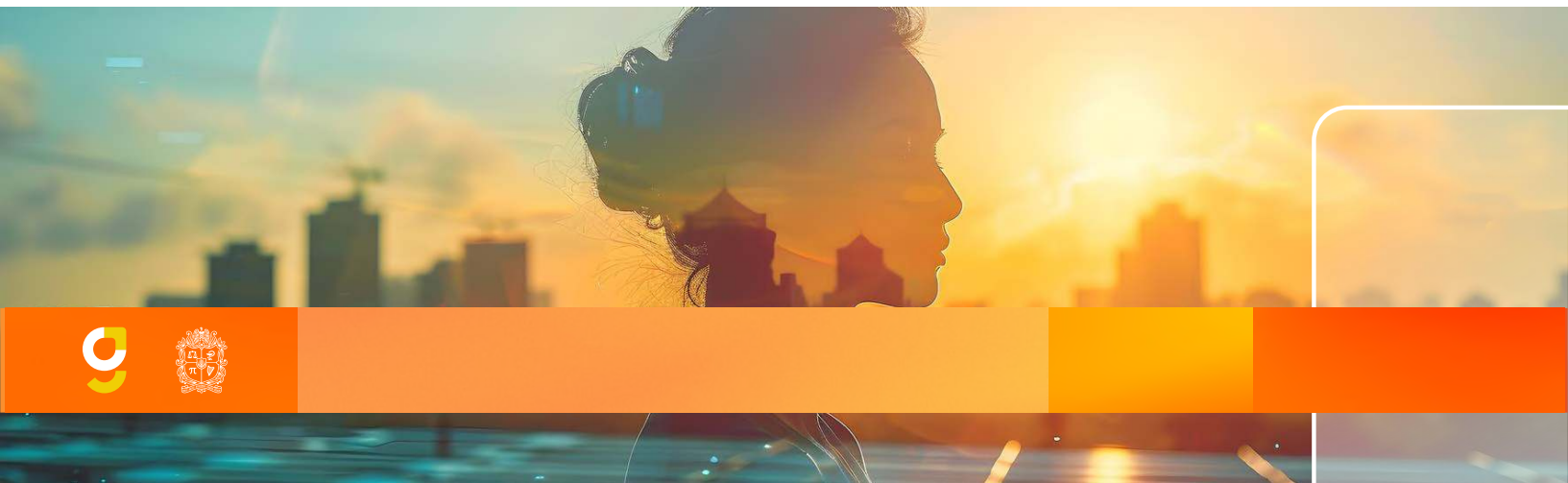
Característica	Descripción
Recursos o fuentes de capital	• Fuentes tradicionales: recursos de la banca de primer o segundo piso. • Fuentes alternativas: recursos que permiten mayor flexibilidad y nivel de riesgo, por ejemplo, fondos gubernamentales, cooperación internacional e instituciones de desarrollo. • Recursos individuales: las cesantías o pensiones voluntarias, aunque tienen restricciones, podrían representar una oportunidad futura para financiar proyectos solares residenciales.
Garantías y confianza crediticia	• Tipos de garantías: garantías inmobiliarias, pagarés, seguros, desembolso directo al desarrollador, entre otras. • Créditos sin garantía: Están dirigidos a usuarios con buen perfil financiero, aunque presentan tasas de interés más altas y plazos más cortos. • Mecanismos complementarios: Los créditos de libranza, respaldados por ingresos laborales o pensionales, ayudan a reducir el riesgo de impago y fortalecen la confianza del sistema.
Mecanismos de recaudo	• Innovación en el recaudo: El diseño de mecanismos de pago es clave para reducir el riesgo de impago; modelos innovadores vinculan las cuotas del crédito con pagos rutinarios como servicios públicos, ofreciendo mayor seguridad y flexibilidad, aunque enfrentan retos regulatorios y logísticos. • Alternativas asociadas a la propiedad: Programas como PACE² asocian el crédito al impuesto predial, y en copropiedades, es viable integrarlo a las cuotas de administración, facilitando el cumplimiento a través de pagos ya establecidos. • Descuento por nómina: Las deducciones automáticas del salario permiten a los empleadores retener directamente el valor del crédito, mejorando la eficiencia y cumplimiento del recaudo.

2. Property Assessed Clean Energy: <https://www.pacenation.org/what-is-pace/>

Característica	Descripción
Modelos contractuales	• Propiedad del usuario: El modelo más común implica que el usuario es dueño del sistema fotovoltaico, asume la inversión inicial y los riesgos, y puede usar o vender libremente la electricidad generada. • Propiedad de un tercero: El sistema está instalado en el inmueble del usuario, pero pertenece a un tercero; el usuario paga un arrendamiento o PPA, reduciendo su riesgo y responsabilidad. • Modelos alternativos: Incluyen opciones como créditos del vendedor, compra a plazos, préstamos de terceros, arrendamiento (leasing) y renting.
Convicción u objetivos del financiador	• Filosofía institucional y alineación estratégica: Las decisiones de crédito reflejan la misión, políticas internas y visión del financiador, manteniéndose constantes a lo largo del ciclo del crédito. • Motivaciones financieras y de impacto: Incluyen incentivos tributarios, criterios de sostenibilidad (ambiental y social), inclusión financiera y cumplimiento de metas gubernamentales. • Identificación de factores críticos: En ausencia de motivaciones claras, es clave reconocer otros factores que puedan facilitar o limitar la financiación desde distintas dimensiones del análisis.

Tabla 1. Características de un modelo financiero de energía solar a nivel residencial.

A partir de esto, diseñamos un esquema para evaluar modelos de financiación (figura 1). El esquema tiene cinco columnas, correspondientes a las características descritas en la tabla 1. De esta forma, podemos describir sistemáticamente las características de modelos de financiación. La combinación de las características describe el tipo y funcionamiento de los modelos que puede utilizar una institución financiera. Como anexo a este reporte, se adjunta una versión imprimible de mayor tamaño.



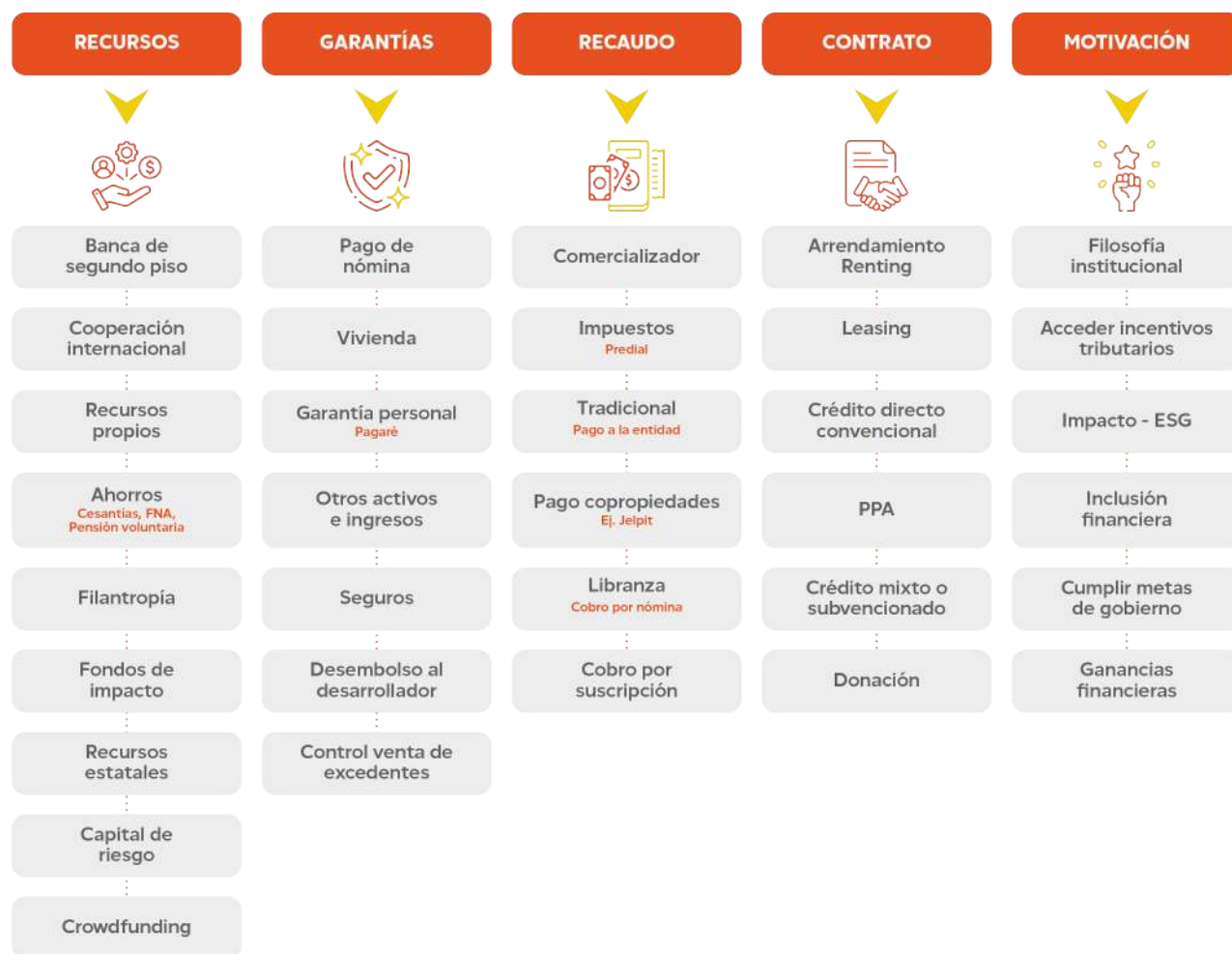


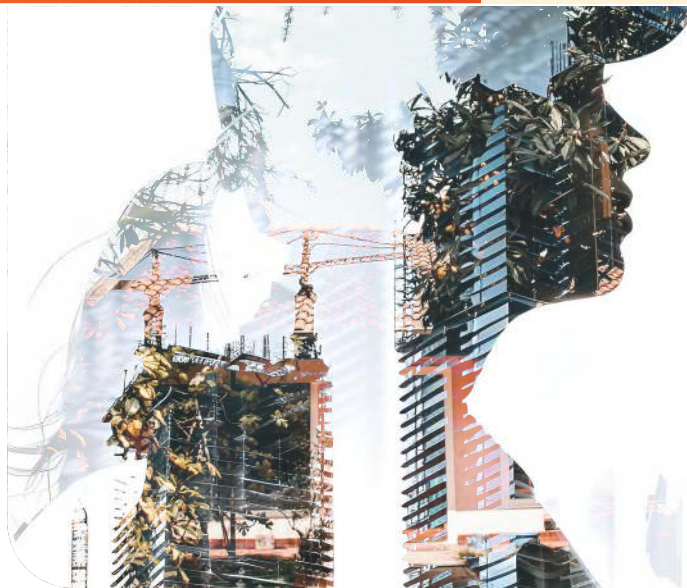
Figura 1.

Esquema para evaluar modelos financieros de energía solar a nivel residencial.

2. Modelos financieros con alto potencial para Colombia

Usando el esquema para evaluar modelos financieros de energía solar a nivel residencial, hicimos una revisión de experiencias internacionales. Luego validamos con instituciones del sector financiero en Colombia y consolidamos seis modelos de financiación con alto potencial para masificar la energía solar en el sector residencial colombiano. La selección consideró su pertinencia en el contexto nacional, su alineación con políticas públicas y su capacidad para atender distintos segmentos de la población.

Para cada modelo presentamos una descripción, el esquema para evaluar modelos financieros solares y planteamos una propuesta de modelo de negocio (business model canvas). Finalmente, mostramos una experiencia internacional similar.



2.1. Solar con financiación para reforma de vivienda

Este modelo de financiación funciona a través de las cajas de compensación familiar y facilita el acceso a sistemas solares, especialmente para hogares de estratos 1 a 4 con vivienda propia. Las cajas asumen un rol clave en la gestión del riesgo, estructuración del crédito y asignación de préstamos, mientras que los desarrolladores garantizan la instalación adecuada.

Cómo muestra la figura 2, el modelo se basa en garantías como la vivienda o créditos por libranza, con pagos descontados automáticamente y posibilidad de usar subsidios familiares, lo que reduce riesgos y mejora las condiciones del crédito.



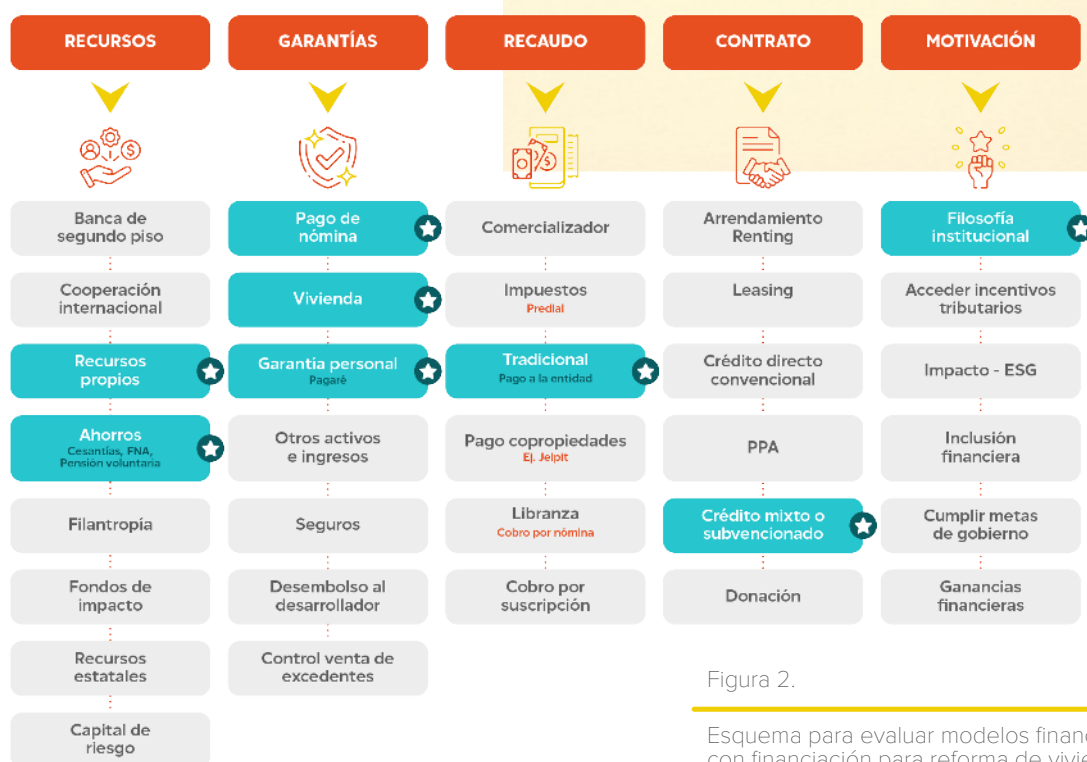


Figura 2.

Esquema para evaluar modelos financieros solares con financiación para reforma de vivienda

El modelo de negocio plasmado en la figura 3 ofrece acompañamiento al usuario desde la evaluación hasta el monitoreo del sistema, apoyándose en canales digitales y físicos para difusión. Se financia principalmente con pagos de los beneficiarios y subsidios, cubriendo costos de gestión, administración y promoción. Este modelo aprovecha la experiencia de las cajas de compensación dando créditos de vivienda, por lo que requiere menos innovación estructural ya que puede integrarse a las operaciones existentes de las cajas de compensación y permite condiciones crediticias favorables por el acceso a garantías y subsidios.

Entre los riesgos o desventajas de este modelo está la exclusión a personas informales o no vinculadas al sistema financiero. Además, al basarse en el descuento automático de la cuota de crédito a través de la nómina o cuenta bancaria, no utiliza como referencia la cultura de pago asociada a la factura de energía, lo que podría limitar el análisis de riesgo. No obstante, una adecuada gestión del riesgo y educación financiera pueden fortalecer su efectividad y alcance.



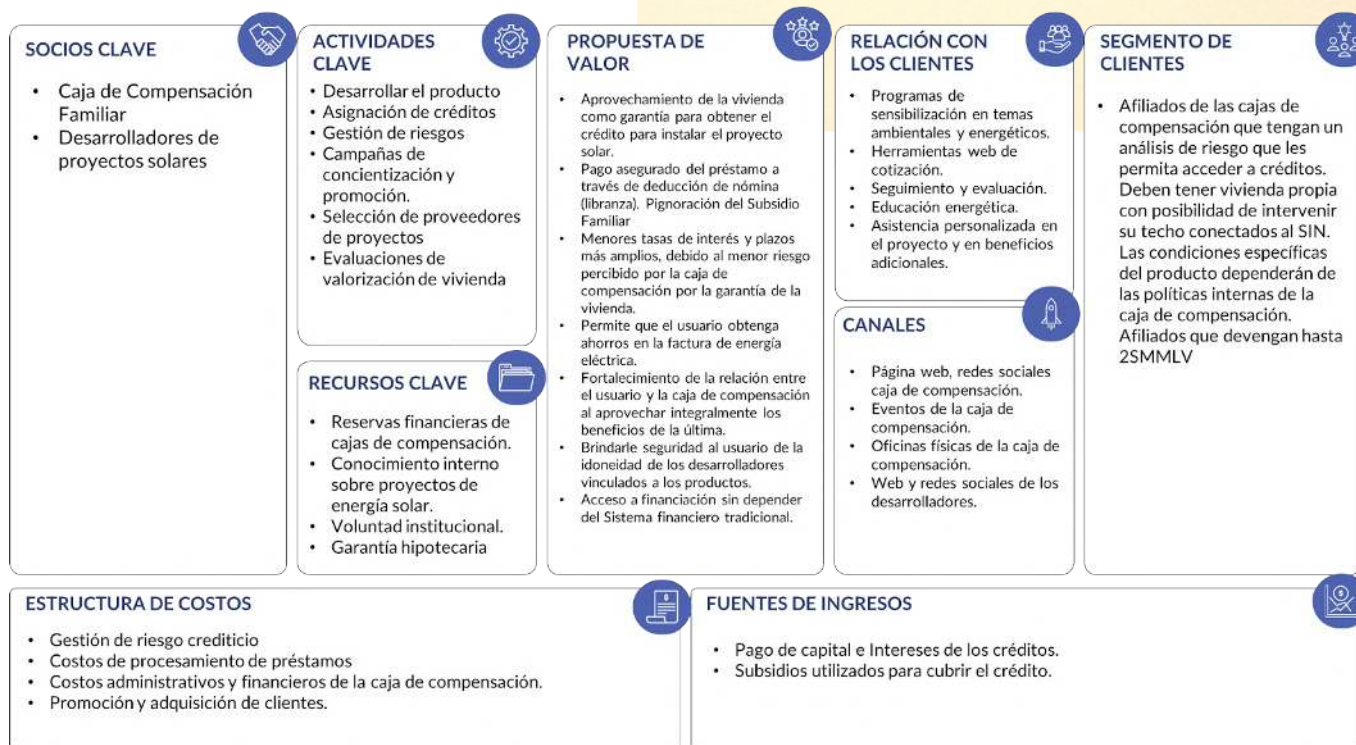


Figura 3.

Modelo de negocio: Solar con financiación para reforma de vivienda

Experiencia internacional relacionada: Remodelavit (México)

En México, el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), entidad del Gobierno, tiene el programa Remodelavit. A través de este se ofrece financiamiento para realizar mejoras en los hogares, incluida la instalación de sistemas de generación renovable. Para aplicar no se deben tener créditos pendientes con el INFONAVIT y se tiene la ventaja de que los pagos pueden ser directamente deducidos del salario sin necesidad de garantía hipotecaria.

Remodelavit, <https://remodelalinea4infonavit.com/#>

2.2. Fondo de empleados

Este modelo de financiación permite a los trabajadores adquirir sistemas solares residenciales mediante créditos con tasas bajas y pagos seguros a través de deducción por nómina (figura 4). Involucra tres actores principales: los Fondos de empleados, las empresas empleadoras y los desarrolladores solares. Además de facilitar el acceso a la tecnología, el modelo promueve beneficios económicos y ambientales, junto con campañas de concientización y herramientas digitales para acompañar a los usuarios.

Este producto crediticio explicado en la figura 4 se ajusta según el perfil de riesgo del afiliado, el estrato socioeconómico y la capacidad de instalación, y pueden complementarse con aportes de las empresas. El modelo tiene una naturaleza social donde los recursos provienen de aportes sociales y ahorros de empleados y aportes de la empresa, en este sentido hay una cooperación entre empleador y empleados.

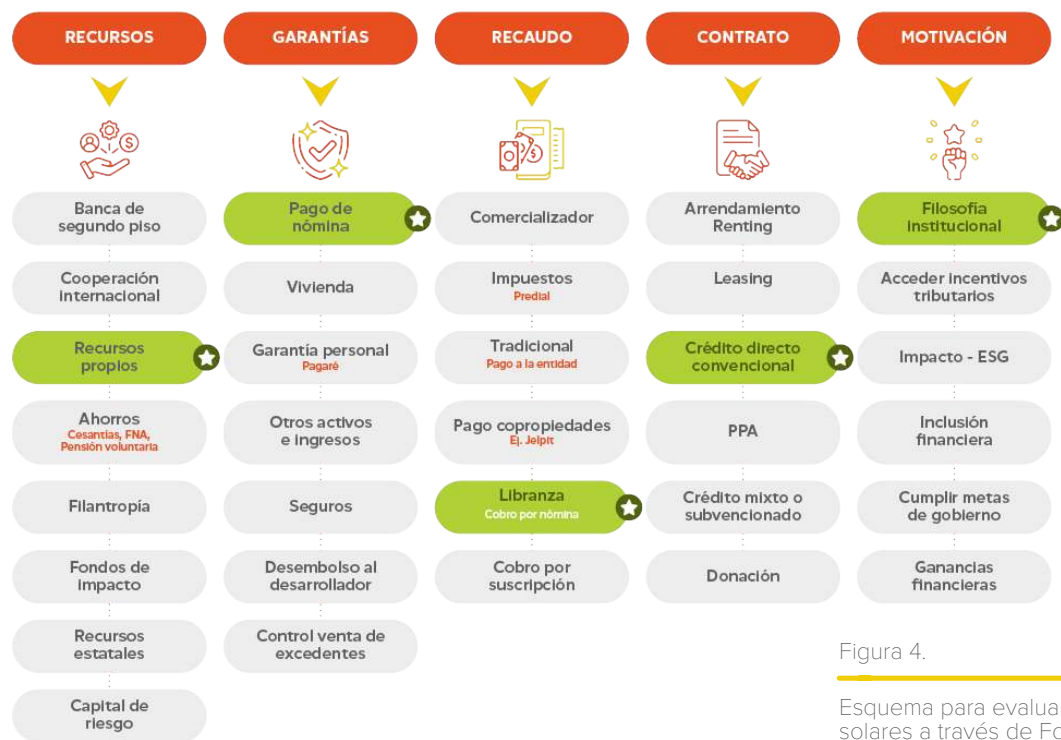


Figura 4.
Esquema para evaluar modelos financieros solares a través de Fondos de empleados.

Entre las ventajas del modelo de negocio presentado en la figura 5 destacan la reducción del riesgo de impago gracias a la libranza, lo que permite condiciones financieras más favorables y estabilidad para todos los actores. También se adapta fácilmente a las estructuras ya existentes de los Fondos de empleados. Sin embargo, el modelo está limitado a empleados formales afiliados, lo que excluye a una gran parte de la población y reduce su escalabilidad. Para ampliar su impacto, sería clave diseñar estrategias que mitiguen esta restricción y permitan llegar a otros segmentos de la sociedad.



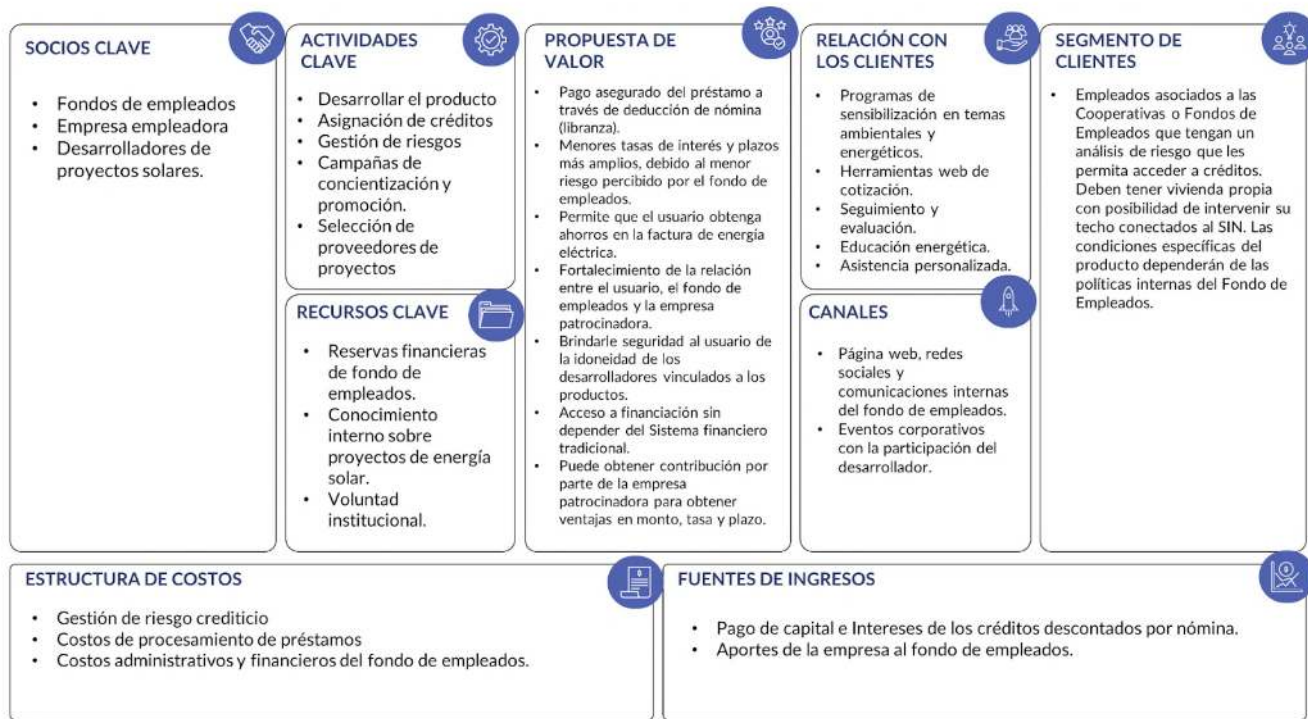


Figura 5.

Modelo de negocio: Solar a través de Fondo de Empleados

2.3. Cooperativa o Microfinanciera con recursos de Banca de segundo piso

Este modelo, presentado en la figura 6, combina cooperativas de crédito, bancos de segundo piso³ y desarrolladores solares para facilitar el acceso a sistemas solares con condiciones más flexibles que las ofrecidas por la banca tradicional.

3. Los bancos de segundo piso no prestan dinero a personas particulares, sino bancos de primer piso para que estos lo otorguen a sus clientes. Ejemplos de estos son bancos de desarrollo gubernamentales colombianos (ej. Bancoldex, Findeter) e internacionales (ej. BID, CAF, Banco Mundial).

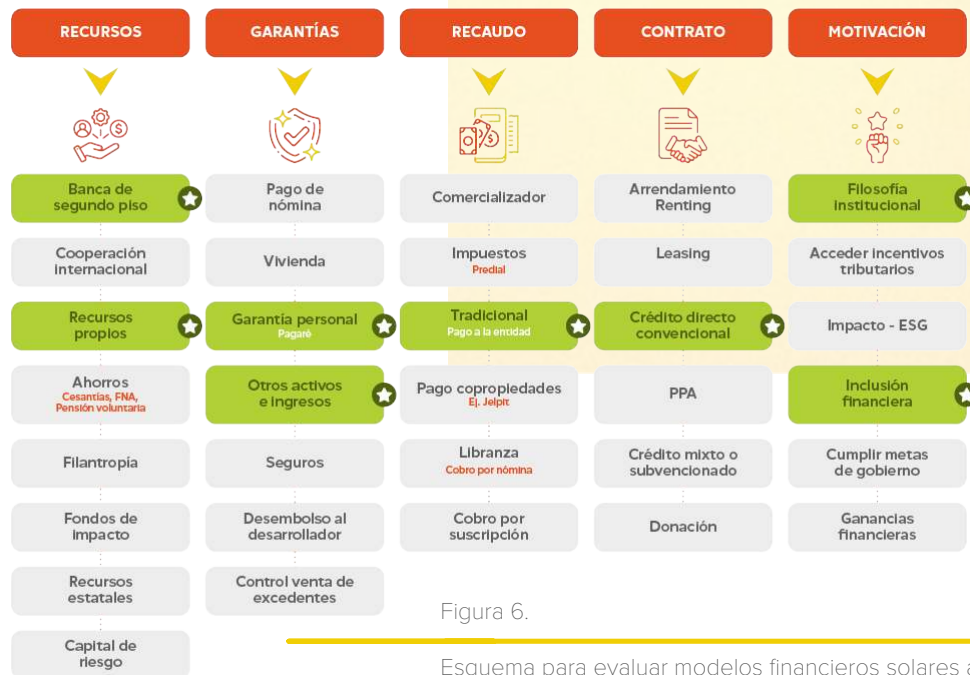


Figura 6.

Esquema para evaluar modelos financieros solares a través de Cooperativa o Microfinanciera + Banca de segundo piso

En este modelo de negocio, presentado en la figura 7, los bancos de segundo piso proveen los fondos, que las cooperativas distribuyen como préstamos según el perfil de riesgo de los solicitantes. Los desarrolladores instalan los sistemas. El modelo ofrece tasas de interés más bajas, plazos amplios y garantías alternativas, acompañado de herramientas digitales, seguimiento y educación energética para asegurar el uso eficiente de los sistemas por parte de los usuarios.

Entre sus ventajas están los costos más bajos para usuarios, acceso a capital de menor costo para las cooperativas y la posibilidad de integrar el modelo a sus estructuras existentes. No obstante, enfrenta riesgos como la falta de mejoras regulatorias para su expansión y el hecho de no aprovechar la cultura de pago asociada a la factura eléctrica, lo cual puede afectar la tasa de cumplimiento. Para mitigar este último riesgo, es clave fortalecer la educación financiera y los incentivos al pago.

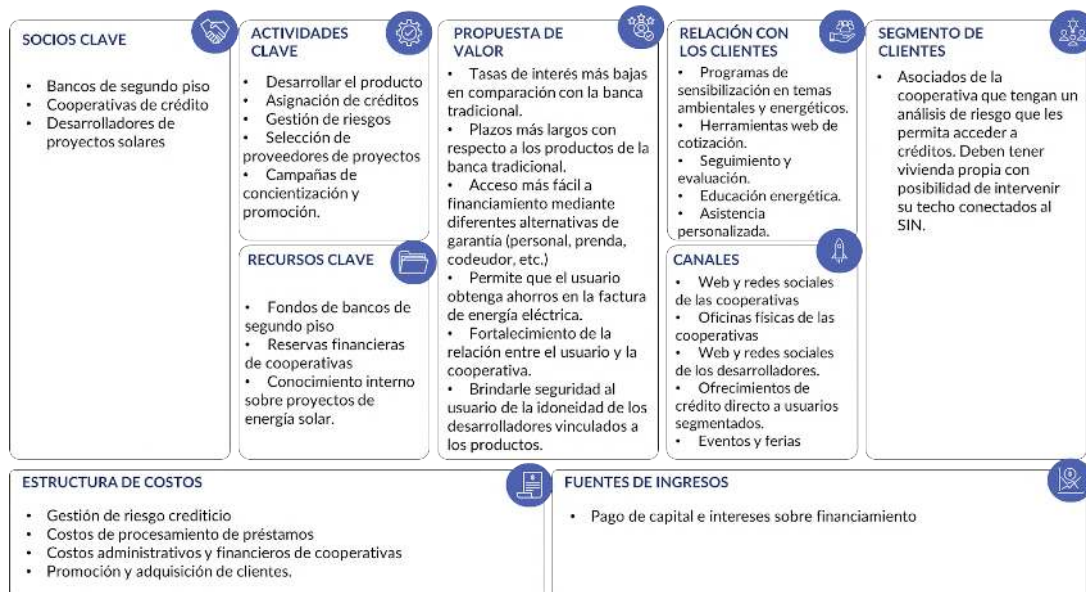


Figura 7.

Modelo de negocio: Solar a través de Cooperativa o Microfinanciera + Banca de segundo piso.

Experiencia internacional relacionada: Electrificación rural (Bangladesh)

El programa de sistemas solares domésticos de Bangladesh ha sido el mayor programa de electrificación sin conexión a la red del mundo. Comenzó en 2003 y terminó en 2018. En sus 15 años, el programa soportó la venta de 4,1 millones de sistemas solares utilizando un modelo de microfinanciamiento que ofrecía a los consumidores sistemas de alta calidad y accesibles. Aproximadamente el 14% (20 millones de personas) de la población de Bangladesh obtuvo servicios de electricidad a través de este programa. Los recursos del programa fueron en gran parte provistos por entidades multilaterales como el Banco Mundial y el Banco Asiático de Desarrollo a través de subvenciones y préstamos concesionales.

Bangladesh, Living in the Light:

<https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/1c759d15-dc6f-5542-9c01-bdf6ff64241a/content>

2.4. Finanzas mixtas

Este modelo busca facilitar el acceso a energía solar para hogares de estratos 1, 2 y 3 mediante una combinación de donaciones, inversión público-privada y productos financieros con enfoque ambiental, social y de gobernanza (ESG), ilustrado en la figura 8.

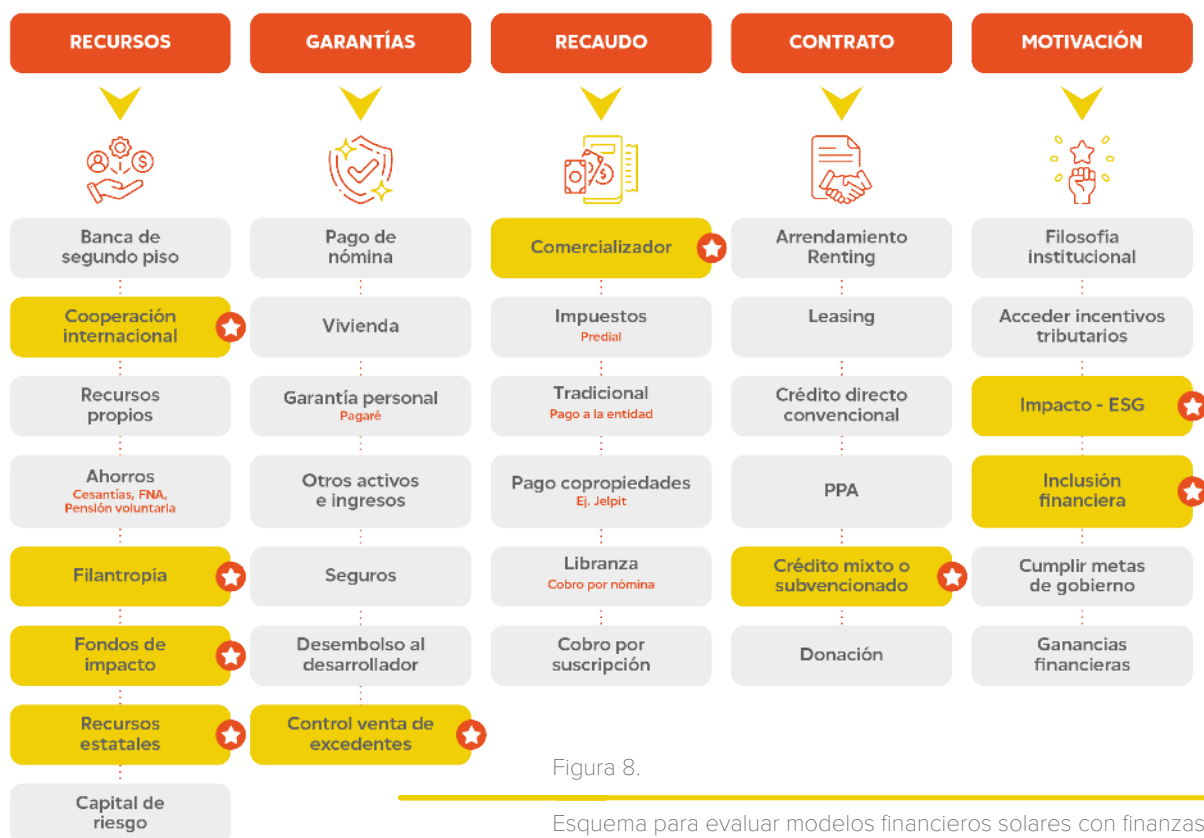


Figura 8.

Esquema para evaluar modelos financieros solares con finanzas mixtas

En este modelo de negocio, se ofrecen créditos con tasas bajas, plazos amplios, condonación por eficiencia energética y garantías accesibles, todo gestionado por un operador central que coordina a actores como instituciones financieras, donantes, desarrolladores solares y un comercializador digital.

Es importante resaltar el rol del comercializador digital. Este último realiza el recaudo directamente, aprovechando la cultura de pago ya establecida por los usuarios en sus facturas de servicios públicos, facilitando la aceptación del esquema y mejorando su viabilidad. Este modelo habilita el acceso a créditos competitivos para sectores vulnerables de la población mejorando la inclusión financiera.

El modelo incluye actividades como desarrollo de productos financieros, gestión de fondos, selección de proveedores, seguimiento al cumplimiento y educación energética. Está dirigido a hogares con vivienda propia conectados al sistema interconectado, priorizando a quienes tengan historial crediticio. La captación de clientes se realiza por canales digitales, eventos y aliados estratégicos.

Los ingresos provienen de donaciones, convocatorias y pagos de usuarios, y se contempla la venta de excedentes solares para incentivar el pago. Las desventajas incluyen la necesidad de crear una nueva estructura financiera, lo que puede traducirse en altos costos iniciales y operativos, la falta de incentivos regulatorios para escalar y las posibles dificultades para atraer inversionistas.



Figura 9.

Modelo de negocio: Solar con finanzas mixtas

Experiencia internacional relacionada: Blended finance (Rocky Mountain Institute -RMI)

RMI diseñó una estrategia financiera para que los usuarios en Puerto Rico y República Dominicana accedan a sistemas solares distribuidos a pequeña escala. El modelo financiero combina subvenciones de filantropía y financiamiento comercial en un modelo de blended finance. RMI diseñó una herramienta matemática para evaluar los préstamos caso por caso y determinar la mezcla óptima entre donación y crédito tradicional. El objetivo es que los usuarios obtengan un crédito para acceder a un sistema solar cuya cuota sea 15% menor a su factura de la electricidad. El aliado financiero del RMI es el Banco Popular de Puerto Rico el cual otorga tasas de interés del 6% EA. Los donantes filantrópicos que soportan el modelo son: Global Energy Alliance, Rockefeller Foundation y Enel USA.

RMI, <https://rmi.org/press-release/new-model-for-boosting-energy-resilience-in-puerto-rico/>

2.5. Bonos de impacto

Este modelo busca facilitar el acceso a sistemas solares residenciales para hogares de estratos bajos y medios, incluyendo zonas no interconectadas (ZNI) por medio de bonos de impacto. Los bonos de impacto son instrumentos financieros que movilizan capital privado para proyectos con beneficios sociales o ambientales medibles. El retorno para los inversionistas depende del logro de resultados específicos. Por ejemplo, un bono de impacto puede financiar la instalación de paneles solares en comunidades rurales, con el pago condicionado a la reducción comprobada de emisiones de CO₂.⁴

Los inversionistas aportan capital, el gobierno actúa como pagador del impacto, firmas auditoras validan los resultados, desarrolladores instalan los sistemas y un comercializador digital gestiona los riesgos. En ZNI se requiere además un agente de recaudo. La figura 10 ilustra las interrelaciones entre las entidades que participan de estos bonos, mediante una estructura colaborativa entre inversionistas, entidades gubernamentales, desarrolladores solares y un operador central.

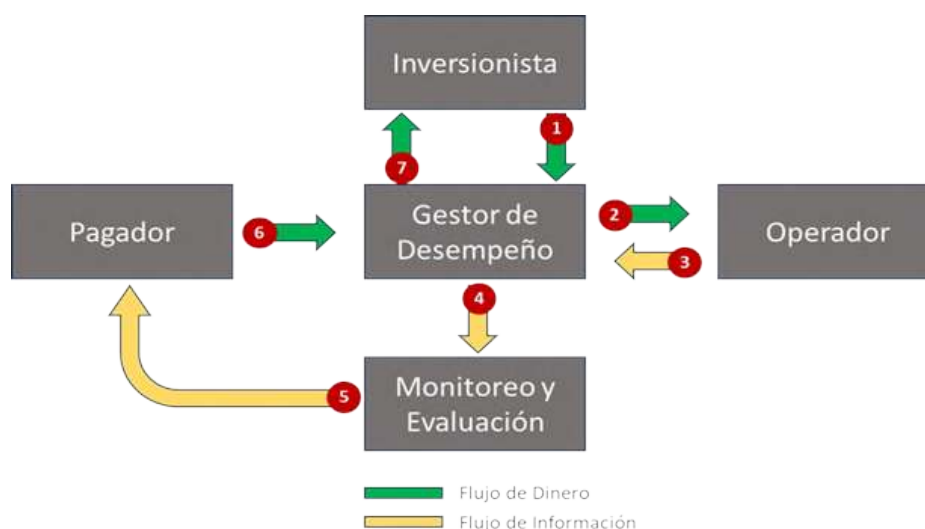


Figura 10.

Estructuración bono de impacto (Elaboración propia a partir de la experiencia de Silverback earth⁵).

Este modelo, reflejado en la figura 11, prioriza hogares de estratos 1 a 3 con vivienda propia y contempla adaptaciones para bancarizados y no bancarizados. Las actividades clave incluyen estructuración financiera, gestión de socios, monitoreo del impacto y educación al usuario. La propuesta de valor incluye beneficios económicos para los hogares, inclusión financiera, y oportunidades reputacionales y de retorno para inversionistas y entidades públicas.

4. Social impact bonds, OCDE, 2020 - https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-issues/employment-services/social_impact_bonds.pdf

5. Esta es una institución dedicada a brindar consultoría sobre finanzas sostenibles y desarrollar proyectos de impacto sostenible a nivel mundial. Mientras que Silverback no ha implementado bonos de impacto en proyectos relacionados con energías renovables, cuenta con una amplia experiencia en torno a iniciativas sostenibles en salud, educación, entre otros sectores la cual podría replicarse en proyectos de energía solar distribuida (<https://silverback.earth/>)

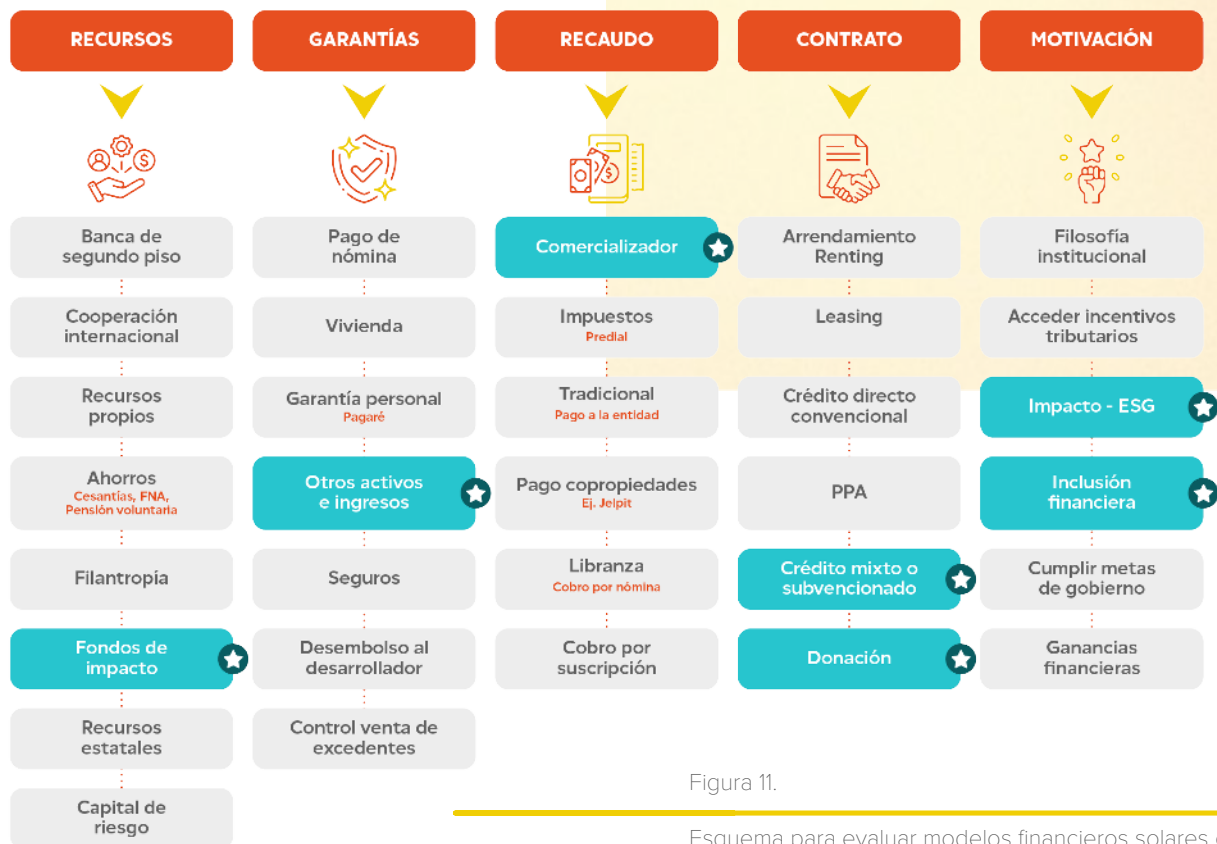


Figura 11.

Esquema para evaluar modelos financieros solares con Bonos de Impacto

El modelo de negocio, mostrado en la figura 12 se apoya en recursos de inversión de impacto, estructuras técnicas y canales digitales para su operación y difusión. Sus ingresos provienen de los pagos de los beneficiarios, del inversionista y del pagador del impacto. Al igual que en el modelo anterior, es clave hacer énfasis en la importancia del recaudo directo por el comercializador digital.

Entre sus ventajas se encuentran el respaldo gubernamental, que reduce riesgos y mejora la viabilidad a largo plazo. Además, se promueve la inclusión financiera y políticas públicas alineadas con la transición energética. Por otro lado, los riesgos se relacionan con la novedad del modelo, lo que implica incertidumbres operativas, altos costos iniciales, posibles impagos de usuarios, y desafíos en coordinación interinstitucional. Este requiere una estrategia de seguimiento y ajustes para garantizar su sostenibilidad y escalabilidad.



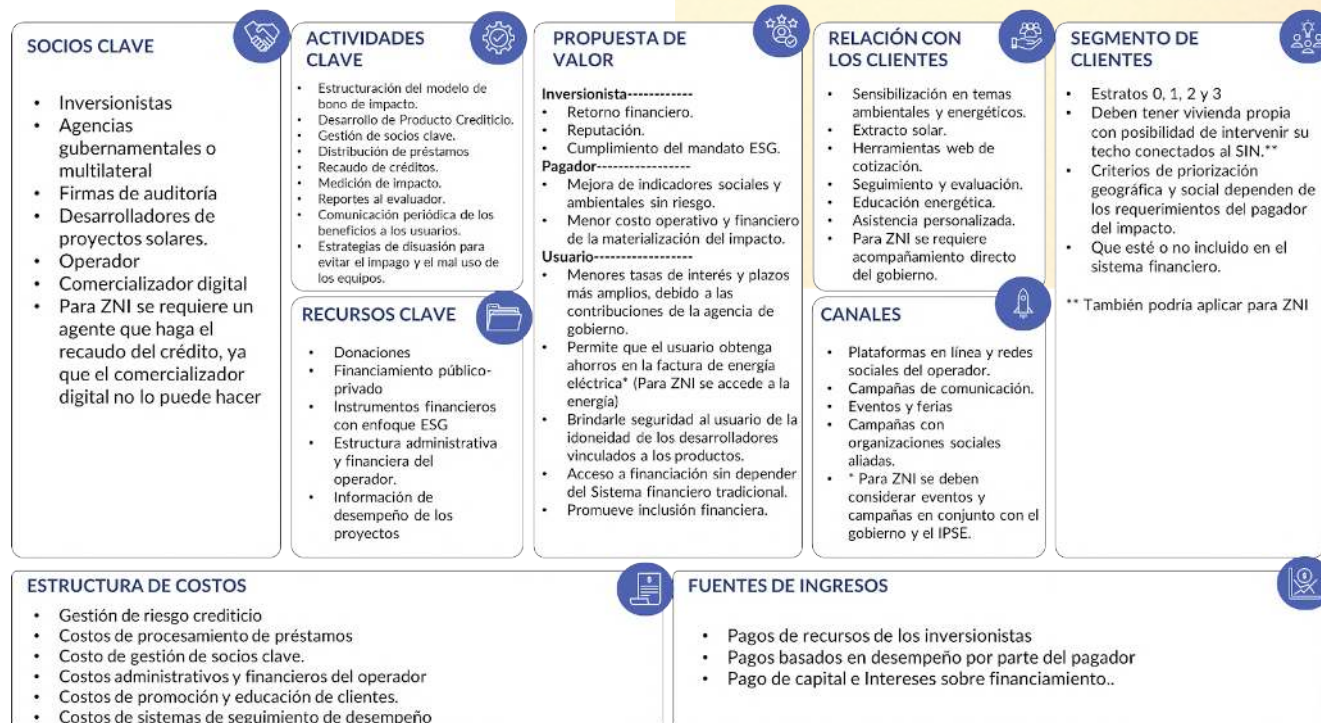


Figura 12.

Modelo de negocio: Solar con Bonos de impacto.

Experiencia internacional relacionada: Rhino Impact Bond (RIB)

El RIB busca aumentar cinco poblaciones de rinoceronte negro en Sudáfrica. Este bono introduce un nuevo modelo de financiación para la conservación de la biodiversidad, ya que los donantes tradicionales -como el Global Environment Facility (GEF)- siguen pagando en última instancia, en caso de que aumente la tasa de crecimiento de la población de rinocerontes. En otras palabras, la diferencia es que estas instituciones no pagan por adelantado (ex ante), sino sólo si se verifican las tasas de crecimiento de la población acordadas (ex post), de modo que son los inversionistas los que realizan la financiación inicial, desplazando el riesgo de inversión del donante de conservación (e.g. GEF) hacía sí mismos. Para el RIB hay más de 10 organizaciones participantes, con una mezcla de donantes públicos y privados.

Thompson BS (2022). Impact investing in biodiversity conservation with bonds: An analysis of financial and environmental risk. <https://doi.org/10.1002/bse.3135>

2.6. Leasing para persona natural

Este modelo permite a personas naturales instalar sistemas solares en sus viviendas sin realizar una inversión inicial. El esquema de leasing, presentado en la figura 13, es gestionado por instituciones financieras, quienes asumen parte del riesgo y estructuran el producto. Los desarrolladores solares instalan el sistema y los comercializadores digitales apoyan en la gestión de datos y atracción de usuarios. El modelo incluye la opción de compra al final del contrato y ofrece beneficios como ahorro en la factura de energía, incentivos tributarios y tasas de interés más bajas.

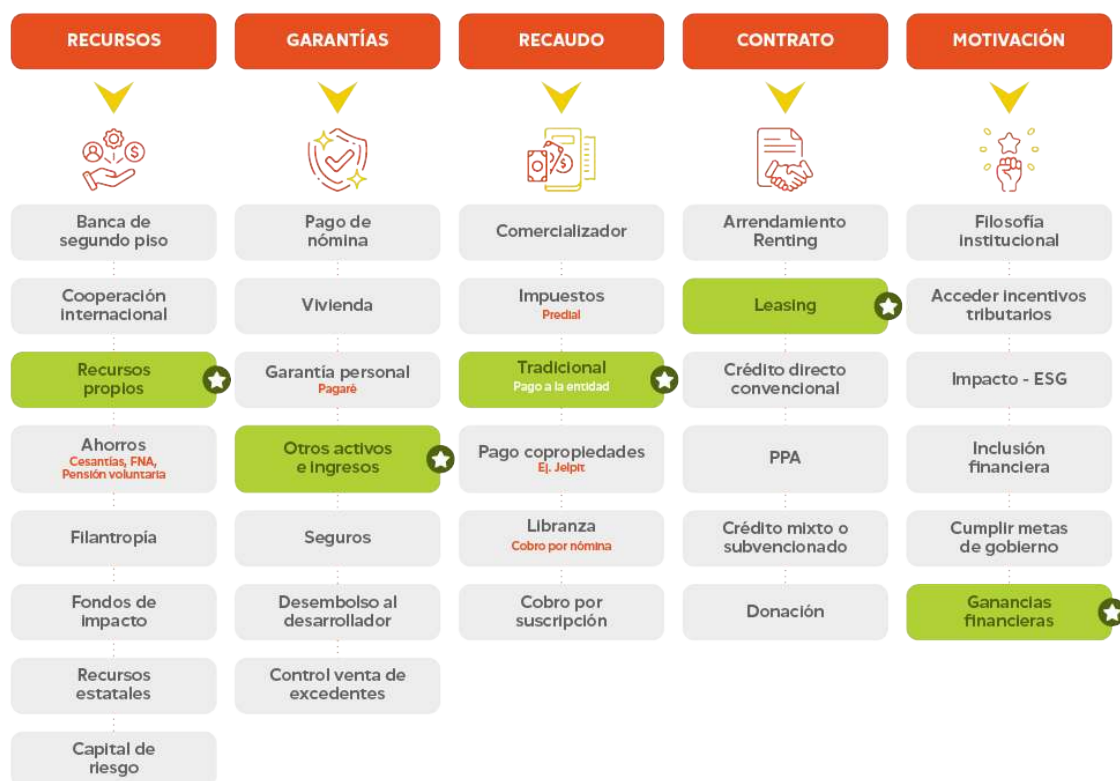


Figura 13.

Esquema para evaluar modelos financieros solares a través de Leasing

En el modelo de negocio, presentado en la figura 14, la relación con el cliente se fortalece mediante campañas de sensibilización, herramientas digitales de cotización y acompañamiento técnico. Está dirigido a propietarios conectados al Sistema Interconectado Nacional, segmentados por nivel de consumo y capacidad económica. Los recursos financieros provienen de reservas de entidades financieras y conocimientos técnicos especializados.

Este esquema tiene la ventaja de generar mayor confianza financiera al estar respaldado por el banco, permite aprovechar beneficios tributarios, y no incrementa el patrimonio contable del usuario. Además, al finalizar el contrato, el usuario puede adquirir el sistema. El banco, como propietario durante el leasing, puede incorporar los beneficios ambientales del sistema en su estrategia de sostenibilidad. También puede integrarse fácilmente a estructuras como las de las cajas de compensación. No obstante, la falta de un mercado de segunda mano para equipos solares hace difícil garantizar la recuperación del activo en caso de impago. Igualmente, son necesarios mecanismos que permitan a la entidad financiera aprovechar la energía generada en caso de incumplimiento, lo que implicaría alianzas con comercializadores de energía para monetizar esa producción.



Figura 14.

Modelo de negocio: Leasing para persona natural.

Experiencia internacional relacionada: Leasing para usuarios de ingresos bajos y medios -PosiGen (US)

PosiGen, con el objetivo de que la energía solar sea asequible y de fácil acceso, especialmente para las comunidades desfavorecidas, tiene un programa de arrendamiento solar (solar leasing) innovador. A través de financiación con una mezcla de estrategias como recursos del gobierno, y créditos de energía renovable, ofrece opciones de arrendamiento a sus clientes, independientemente de su puntuación de crédito o nivel de ingresos.

Posigen, <https://www.posigen.com/>



3. ¿Cuáles modelos son prioritarios y cuál sería su desempeño financiero e impacto?

3.1 Priorización de los modelos

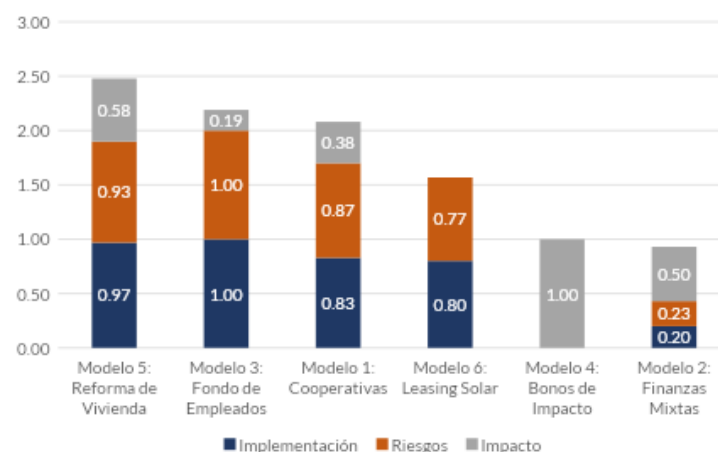
Partiendo de los seis modelos de la sección anterior, usamos un análisis multicriterio para priorizar aquellos con mayor viabilidad para una implementación inicial. Los criterios de comparación fueron: facilidad de implementación, riesgos e impacto esperado.

- La facilidad de implementación es el esfuerzo para articular actores, diseñar procesos y estructurar productos.
- Los riesgos consideran la probabilidad de captar usuarios, el riesgo de impago y la escalabilidad.
- El impacto incluye ampliar el acceso a productos financieros, generar energía renovable, reducir emisiones y beneficiar poblaciones vulnerables.

Figura 15.

Resultados del análisis multicriterio para priorizar los modelos de negocio.

Después de consultar con expertos del sector financiero y energético y a través de un proceso de análisis jerárquico, asignamos pesos relativos a cada criterio para llevar a cabo el análisis multicriterio. Los resultados, presentados en la figura siguiente, se interpretan considerando que las calificaciones más cercanas a 1 significan que el criterio es más favorable para el modelo, mientras que las calificaciones más cercanas a 0 significan que el criterio es más desfavorable para el modelo.



Los modelos priorizados según este análisis son (1) financiamiento solar con reforma de vivienda, (2) fondos de empleados y (3) cooperativas o microfinancieras con banca de segundo piso. Los tres comparten una alta facilidad de implementación y bajos riesgos pues se enmarcan en estructuras y productos existentes en las instituciones financieras. Su nivel de impacto se mantiene moderado y, en el caso de los fondos de empleados, reducido a un grupo específico. Un caso interesante es el modelo de bonos de impacto. Los resultados indican que es un modelo con mayor impacto, pero a la vez con la mayor dificultad de implementación y los mayores riesgos.

Para terminar esta sección, la siguiente tabla resume los elementos principales de cada modelo según factores diferenciadores entre ellos.

Factor diferenciador	Modelo 1: Cooperativas	Modelo 3: Fondo de empleados	Modelo 5: Reforma de vivienda
Acceso a los recursos económicos para la financiación	Bancos de segundo piso	Ahorros de los asociados	Capital propio de la entidad financiadora
Costo de capital	Tasa de interés establecida por el banco de segundo piso	Tasa de interés al que rentan los ahorros	Costo de capital del accionista
Garantías	Garantía personal a través de libranza, pagaré y seguros	Garantía personal a través de libranza, pagaré y seguros	Hipoteca de la vivienda
Público que puede acceder a los servicios	Cualquier persona afiliada a la entidad.	Cualquier persona afiliada a la entidad que pertenezca a la empresa patrocinadora del fondo.	Cualquier persona afiliada a la entidad, con prelación a personas que tengan ingresos inferiores o iguales a 2 SMMLV

Tabla 1

Elementos que diferencian las líneas de crédito en los modelos priorizados

3.2 Margen de utilidad los modelos priorizados para las instituciones financieras

Con los tres modelos priorizados realizamos estimaciones financieras para entender el margen de utilidad que podrían obtener las instituciones financieras que otorgan estos créditos.

El margen de utilidad se obtiene descontando los egresos por costos de captación de capital, pérdidas y gastos administrativos de los ingresos por pago de crédito de parte de los usuarios. El cálculo del margen de utilidad incluyó un análisis de sensibilidad basado en variaciones de la tasa de captación⁶ y el porcentaje de gastos administrativos. Este proceso se resume en la figura siguiente.



6. Corresponde a la rentabilidad esperada por el inversionista que pone los recursos, por ejemplo, en el caso del modelo 3 de cooperativas sería la tasa de interés que el banco de segundo piso le cobra a la cooperativa por el giro de los recursos.

Figura 15.

Cálculo del Margen de utilidad.

Ingresos

Los ingresos operacionales provienen del interés pagado por los usuarios sin considerar ingresos no operacionales. Utilizamos distintas tasas de interés para cada modelo, reflejando estrategias de colocación acordes con las capacidades de mercado de posibles entidades implementadoras.



Modelo	Producto financiero de referencia	Tasa de interés MV	Tasa de interés EA
Modelo 1: Cooperativas	Crédito sostenible con recursos de banco de segundo piso	1,10%	14,03%
Modelo 3: Fondo Empleados	Crédito de libre inversión con libranza	1,25%	16,08%
Modelo 5: Reforma de Vivienda	Crédito hipotecario	0,88%	11,02%

El análisis considera que el esquema de financiación se aplica un portafolio de proyectos distribuidos por estrato socioeconómico, con énfasis en estratos 1, 2 y 3, e incluye variables como la capacidad de generación de energía y el costo de instalación. Para el análisis se consideró un plazo de 10 años.

Tabla 2.

Tasas de interés de referencia para los modelos financieros.

Estrato	Capacidad (kW)	Costo del proyecto solar (CAPEX)	Cantidad proyectos	Costo total de proyectos	% portafolio
Estrato 1	2,2	\$ 18.000.000	11	\$ 200.000.000	20%
Estrato 2	2,2	\$ 18.000.000	16	\$ 300.000.000	30%
Estrato 3	4,4	\$ 25.000.000	14	\$ 350.000.000	35%
Estrato 4	4,4	\$ 25.000.000	6	\$ 150.000.000	15%
TOTAL			47	\$ 1.000.000.000	100%

Tabla 3.

Características del portafolio de proyectos considerados.

Egresos

Los egresos del modelo consideran los costos por captación de recursos financieros y administración del producto y pérdidas e impago. Para este análisis no se consideran los costos de lanzar un nuevo producto al mercado, publicidad, capacitación, tecnología, etc.

Para cada modelo considerado, se asumen estas tasas de captación de referencia:



Modelo	Fuente de captación	Referente	Tasa de captación estimada ⁷
Modelo 1: Cooperativas	Fondos obtenidos a través de líneas de financiación provistas por bancos de segundo piso.	Línea de crédito energía solar de Bancoldex	10,43% Efectiva anual Crédito de pago mensual con plazo superior a 8 años
Modelo 3: Fondo empleados	Fondos captados mediante aportes sociales y ahorros de los asociados a la entidad.	CDT y CDAT	8,74% Efectiva anual CDAT con plazo de 180 días vigente al 18/Mar/2025
Modelo 5: Reforma de vivienda	Patrimonio o recursos propios de la entidad.	Costo de capital de la empresa (WACC)	8% a 12% Puede variar de acuerdo con los datos de la organización y su estructura financiera.

Asimismo, se consideran los siguientes gastos administrativos, tomando como referencia información pública de las entidades de cooperativas, fondos de empleados y cajas de compensación de referencia

Tabla 4.

Descripción de fuentes y de tasa de captación de referencia para cada modelo.

⁷ La tasa de captación varía de acuerdo con el comportamiento del mercado y a las expectativas de los inversores.

Entidades de referencia	Cooperativa			Fondo de empleados			Caja de compensación
	A	B	C	A	B	C	A
Periodo fiscal (año)	2024	2023	2024	2024	2023	2024	2023
[1] Ingresos operacionales	179.572	99.474	311	8.253	79.302	169.664	2.145.798
[2] Ingresos no operacionales	60.724	7.171	150	4.028	12.205	59.175	33.589
[3] Ingresos totales	240.296	106.645	460	12.281	91.507	228.839	2.179.387
[4] Gastos operacionales (captación)	68.895	31.690	75	1.757	13.073	99.697	1.910.163
[5] Gastos no operacionales	169.360	70.397	327	6.757	64.446	100.133	258.046
[6] Gastos totales	238.255	102.088	402	8.513	77.519	199.829	2.168.209
[7] Excedentes	2.041	4.557	58	3.767	13.988	29.010	11.178
[8] Deterioro	43.577	17.696	166	1.806	14.940	12.932	0
[9] Gastos no operativos. - Deterioro	125.783	52.702	161	4.950	49.506	87.201	258.046
[10] Gastos administrativos / Ingresos totales.	52,35%	49,42%	35,01%	40,31%	54,10%	38,11%	11,84%

Tabla 5.

Estimación de gastos administrativos de referencia

La proporción de gastos administrativos depende de la estructura de gastos de la empresa. Según los referentes, supusimos los siguientes valores de gastos administrativos expresados como porcentaje de los ingresos:

- Modelo 1 – Cooperativas: 45,59%
- Modelo 3 – Fondo de empleados: 44,17%
- Modelo 5 – Reforma de vivienda (con caja de compensación): 11,84%

Margen de utilidad

Para hacer las simulaciones financieras de los modelos, usamos los elementos de ingresos y egresos explicados, tomamos un periodo de simulación de un año sin periodo de gracia y asumimos que todos los créditos se colocan al inicio del año.

Los resultados del margen de utilidad se presentan en una matriz donde en las columnas varía el porcentaje de captación entre 5% y 19% y en las filas el porcentaje de gastos administrativos entre 10% y 58%. Los valores del interior de la matriz son el margen de utilidad resultante de la combinación de los valores específicos de tasa de captación y gastos administrativos.

El objetivo de la matriz es reflejar la sensibilidad del margen de utilidad a la variación de estos porcentajes para ver la zona donde son viables este tipo de créditos. La zona de viabilidad, es decir, donde el margen de utilidad es positivo, se resalta en color verde.



Margen de utilidad Modelo 5: Reforma de vivienda

Este modelo, al estar asociado con garantías de vivienda y por ende bajo riesgo, tiene la tasa de interés más baja. Por esta razón, para compensar el menor valor de ingresos se requiere que exista mayor eficiencia en gastos.

El cuadro naranja resalta los márgenes de utilidad que se podrían obtener con las tasas de referencia encontradas en el mercado. En el límite izquierdo vemos que se podría alcanzar un margen del 8%. Por su lado, el cuadro verde resalta unos valores de rentabilidad que podría alcanzar este modelo si se logran acceder a tasas de captación 1 o 2 puntos menores y se logran gastos administrativos más bajos encontrando eficiencias en la operación de las cajas de compensación. En este espacio posible se logran márgenes de hasta el 20%.

Modelo 5: Reforma de vivienda																
Ingresos							Egresos									
Tasa de interés del crédito: 11,02%							Tasa de captación: 8% - 12%									
							Gastos administrativos: 11,84%									
							Porcentaje de impago: 0.17%									
Modelo 5: Reforma de Vivienda																
Margen (%)	% Tasa de Captación															
	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	
10%	40%	30%	20%	10%	0%	-10%	-19%	-29%	-39%	-49%	-59%	-69%	-79%	-89%	-99%	
12%	38%	28%	18%	8%	-2%	-12%	-21%	-31%	-41%	-51%	-61%	-71%	-81%	-91%	-101%	
14%	36%	26%	16%	6%	-4%	-14%	-23%	-33%	-43%	-53%	-63%	-73%	-83%	-93%	-103%	
16%	34%	24%	14%	4%	-6%	-16%	-25%	-35%	-45%	-55%	-65%	-75%	-85%	-95%	-105%	
18%	32%	22%	12%	2%	-8%	-18%	-27%	-37%	-47%	-57%	-67%	-77%	-87%	-97%	-107%	
20%	30%	20%	10%	0%	-10%	-20%	-29%	-39%	-49%	-59%	-69%	-79%	-89%	-99%	-109%	
22%	28%	18%	8%	-2%	-12%	-22%	-31%	-41%	-51%	-61%	-71%	-81%	-91%	-101%	-111%	
24%	26%	16%	6%	-4%	-14%	-24%	-33%	-43%	-53%	-63%	-73%	-83%	-93%	-103%	-113%	
26%	24%	14%	4%	-6%	-16%	-26%	-35%	-45%	-55%	-65%	-75%	-85%	-95%	-105%	-115%	
28%	22%	12%	2%	-8%	-18%	-28%	-37%	-47%	-57%	-67%	-77%	-87%	-97%	-107%	-117%	
30%	20%	10%	0%	-10%	-20%	-30%	-39%	-49%	-59%	-69%	-79%	-89%	-99%	-109%	-119%	
32%	18%	8%	-2%	-12%	-22%	-32%	-41%	-51%	-61%	-71%	-81%	-91%	-101%	-111%	-121%	
34%	16%	6%	-4%	-14%	-24%	-34%	-43%	-53%	-63%	-73%	-83%	-93%	-103%	-113%	-123%	
36%	14%	4%	-6%	-16%	-26%	-36%	-45%	-55%	-65%	-75%	-85%	-95%	-105%	-115%	-125%	
38%	12%	2%	-8%	-18%	-28%	-38%	-47%	-57%	-67%	-77%	-87%	-97%	-107%	-117%	-127%	
40%	10%	0%	-10%	-20%	-30%	-40%	-49%	-59%	-69%	-79%	-89%	-99%	-109%	-119%	-129%	
42%	8%	-2%	-12%	-22%	-32%	-42%	-51%	-61%	-71%	-81%	-91%	-101%	-111%	-121%	-131%	
44%	6%	-4%	-14%	-24%	-34%	-44%	-53%	-63%	-73%	-83%	-93%	-103%	-113%	-123%	-133%	
46%	4%	-6%	-16%	-26%	-36%	-46%	-55%	-65%	-75%	-85%	-95%	-105%	-115%	-125%	-135%	
48%	2%	-8%	-18%	-28%	-38%	-48%	-57%	-67%	-77%	-87%	-97%	-107%	-117%	-127%	-137%	
50%	0%	-10%	-20%	-30%	-40%	-50%	-59%	-69%	-79%	-89%	-99%	-109%	-119%	-129%	-139%	
52%	-2%	-12%	-22%	-32%	-42%	-52%	-61%	-71%	-81%	-91%	-101%	-111%	-121%	-131%	-141%	
54%	-4%	-14%	-24%	-34%	-44%	-54%	-63%	-73%	-83%	-93%	-103%	-113%	-123%	-133%	-143%	
56%	-6%	-16%	-26%	-36%	-46%	-56%	-65%	-75%	-85%	-95%	-105%	-115%	-125%	-135%	-145%	
58%	-8%	-18%	-28%	-38%	-48%	-58%	-67%	-77%	-87%	-97%	-107%	-117%	-127%	-137%	-147%	

Tabla 6.

Margen de Utilidad – Modelo de Reforma de vivienda



Resultados de margen de utilidad

Modelo 3: Fondo de Empleados

El cuadro naranja resalta los márgenes de utilidad calculados con las tasas de referencia encontradas en el mercado, estas son una tasa de captación entre el 8 y 9% y unos gastos administrativos entre 44 y 46%. Estos valores dan márgenes poco atractivos, con un solo valor en el rango alcanzando una rentabilidad positiva del 1%.

Sin embargo, en el cuadro verde resaltamos valores de rentabilidad posibles. Si un fondo de empleados logra conseguir tasas de captación de líneas de bancos de desarrollo o subsidiadas por programas estatales, podría razonablemente conseguir tasas con uno o dos puntos porcentuales menos que las de referencia. Asimismo, si el fondo de empleados logra reducir los gastos administrativos de este producto específico, encontrando sinergias y eficiencias dentro de su estructura operativa, solo una reducción del 26% podría llevar el modelo a márgenes entre el 10 y 17%.

Modelo 3: Fondo de empleados																
Ingresos								Egresos								
Tasa de interés del crédito: 16,08%								Tasa de captación: 8,74%								
								Gastos administrativos: 44,17%								
								Porcentaje de impago: 0.17%								
Modelo 3: Fondo Empleados																
% Gasto Administrativo	Margen (%)	% Tasa de Captación														
	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	
	10%	55%	48%	41%	35%	28%	21%	14%	7%	0%	-7%	-14%	-21%	-28%	-35%	-41%
	12%	53%	46%	39%	33%	26%	19%	12%	5%	-2%	-9%	-16%	-23%	-30%	-37%	-43%
	14%	51%	44%	37%	31%	24%	17%	10%	3%	-4%	-11%	-18%	-25%	-32%	-39%	-45%
	16%	49%	42%	35%	29%	22%	15%	8%	1%	-6%	-13%	-20%	-27%	-34%	-41%	-47%
	18%	47%	40%	33%	27%	20%	13%	6%	-1%	-8%	-15%	-22%	-29%	-36%	-43%	-49%
	20%	45%	38%	31%	25%	18%	11%	4%	-3%	-10%	-17%	-24%	-31%	-38%	-45%	-51%
	22%	43%	36%	29%	23%	16%	9%	2%	-5%	-12%	-19%	-26%	-33%	-40%	-47%	-53%
	24%	41%	34%	27%	21%	14%	7%	0%	-7%	-14%	-21%	-28%	-35%	-42%	-49%	-55%
	26%	39%	32%	25%	19%	12%	5%	-2%	-9%	-16%	-23%	-30%	-37%	-44%	-51%	-57%
	28%	37%	30%	23%	17%	10%	3%	-4%	-11%	-18%	-25%	-32%	-39%	-46%	-53%	-59%
	30%	35%	28%	21%	15%	8%	1%	-6%	-13%	-20%	-27%	-34%	-41%	-48%	-55%	-61%
	32%	33%	26%	19%	13%	6%	-1%	-8%	-15%	-22%	-29%	-36%	-43%	-50%	-57%	-63%
	34%	31%	24%	17%	11%	4%	-3%	-10%	-17%	-24%	-31%	-38%	-45%	-52%	-59%	-65%
	36%	29%	22%	15%	9%	2%	-5%	-12%	-19%	-26%	-33%	-40%	-47%	-54%	-61%	-67%
	38%	27%	20%	13%	7%	0%	-7%	-14%	-21%	-28%	-35%	-42%	-49%	-56%	-63%	-69%
	40%	25%	18%	11%	5%	-2%	-9%	-16%	-23%	-30%	-37%	-44%	-51%	-58%	-65%	-71%
	42%	23%	16%	9%	3%	-4%	-11%	-18%	-25%	-32%	-39%	-46%	-53%	-60%	-67%	-73%
	44%	21%	14%	7%	1%	-6%	-13%	-20%	-27%	-34%	-41%	-48%	-55%	-62%	-69%	-75%
	46%	19%	12%	5%	-1%	-8%	-15%	-22%	-29%	-36%	-43%	-50%	-57%	-64%	-71%	-77%
	48%	17%	10%	3%	-3%	-10%	-17%	-24%	-31%	-38%	-45%	-52%	-59%	-66%	-73%	-79%
	50%	15%	8%	1%	-5%	-12%	-19%	-26%	-33%	-40%	-47%	-54%	-61%	-68%	-75%	-81%
	52%	13%	6%	-1%	-7%	-14%	-21%	-28%	-35%	-42%	-49%	-56%	-63%	-70%	-77%	-83%
	54%	11%	4%	-3%	-9%	-16%	-23%	-30%	-37%	-44%	-51%	-58%	-65%	-72%	-79%	-85%
	56%	9%	2%	-5%	-11%	-18%	-25%	-32%	-39%	-46%	-53%	-60%	-67%	-74%	-81%	-87%
58%	7%	0%	-7%	-13%	-20%	-27%	-34%	-41%	-48%	-55%	-62%	-69%	-76%	-83%	-89%	

Tabla 7.

Margen de Utilidad – Modelo de Fondo de Empleados

Resultados de margen de utilidad modelo 1: Cooperativas

Siguiendo la lógica de análisis de los modelos anteriores, el cuadro naranja resalta los márgenes de utilidad calculados con las tasas de referencia encontradas en el mercado. Estos valores son los menos atractivos de los tres modelos, con valores entre -33 y -23%. Sin embargo, en el cuadro verde resaltamos valores de rentabilidad posibles si las Cooperativas logran acceder a tasas más atractivas (dos o tres puntos porcentuales menos que la de referencia).

Asimismo, los valores de gastos administrativos de referencia que encontramos son altos y relacionados con toda la estructura administrativa de las cooperativas. Si se evalúan los gastos específicos para este producto y se logran eficiencias, podrían reducir los gastos financieros hasta un 30%. De esa forma, podrían alcanzarse márgenes de hasta el 15%.

Modelo 1: Cooperativas																
Ingresos							Egresos									
Tasa de interés del crédito: 14,03%							Tasa de captación: 10,43%									
							Gastos administrativos: 45,59%									
							Porcentaje de impago: 0.17%									
Modelo 1: Cooperativas																
Margen (%)	% Tasa de Captación															
	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	
% Gasto Administrativo	10%	50%	43%	35%	27%	19%	11%	3%	-5%	-12%	-20%	-28%	-36%	-44%	-52%	-60%
	12%	48%	41%	33%	25%	17%	9%	1%	-7%	-14%	-22%	-30%	-38%	-46%	-54%	-62%
	14%	46%	39%	31%	23%	15%	7%	-1%	-9%	-16%	-24%	-32%	-40%	-48%	-56%	-64%
	16%	44%	37%	29%	21%	13%	5%	-3%	-11%	-18%	-26%	-34%	-42%	-50%	-58%	-66%
	18%	42%	35%	27%	19%	11%	3%	-5%	-13%	-20%	-28%	-36%	-44%	-52%	-60%	-68%
	20%	40%	33%	25%	17%	9%	1%	-7%	-15%	-22%	-30%	-38%	-46%	-54%	-62%	-70%
	22%	38%	31%	23%	15%	7%	-1%	-9%	-17%	-24%	-32%	-40%	-48%	-56%	-64%	-72%
	24%	36%	29%	21%	13%	5%	-3%	-11%	-19%	-26%	-34%	-42%	-50%	-58%	-66%	-74%
	26%	34%	27%	19%	11%	3%	-5%	-13%	-21%	-28%	-36%	-44%	-52%	-60%	-68%	-76%
	28%	32%	25%	17%	9%	1%	-7%	-15%	-23%	-30%	-38%	-46%	-54%	-62%	-70%	-78%
	30%	30%	23%	15%	7%	-1%	-9%	-17%	-25%	-32%	-40%	-48%	-56%	-64%	-72%	-80%
	32%	28%	21%	13%	5%	-3%	-11%	-19%	-27%	-34%	-42%	-50%	-58%	-66%	-74%	-82%
	34%	26%	19%	11%	3%	-5%	-13%	-21%	-29%	-36%	-44%	-52%	-60%	-68%	-76%	-84%
	36%	24%	17%	9%	1%	-7%	-15%	-23%	-31%	-38%	-46%	-54%	-62%	-70%	-78%	-86%
	38%	22%	15%	7%	-1%	-9%	-17%	-25%	-33%	-40%	-48%	-56%	-64%	-72%	-80%	-88%
	40%	20%	13%	5%	-3%	-11%	-19%	-27%	-35%	-42%	-50%	-58%	-66%	-74%	-82%	-90%
	42%	18%	11%	3%	-5%	-13%	-21%	-29%	-37%	-44%	-52%	-60%	-68%	-76%	-84%	-92%
	44%	16%	9%	1%	-7%	-15%	-23%	-31%	-39%	-46%	-54%	-62%	-70%	-78%	-86%	-94%
	46%	14%	7%	-1%	-9%	-17%	-25%	-33%	-41%	-48%	-56%	-64%	-72%	-80%	-88%	-96%
	48%	12%	5%	-3%	-11%	-19%	-27%	-35%	-43%	-50%	-58%	-66%	-74%	-82%	-90%	-98%
	50%	10%	3%	-5%	-13%	-21%	-29%	-37%	-45%	-52%	-60%	-68%	-76%	-84%	-92%	-100%
	52%	8%	1%	-7%	-15%	-23%	-31%	-39%	-47%	-54%	-62%	-70%	-78%	-86%	-94%	-102%
	54%	6%	-1%	-9%	-17%	-25%	-33%	-41%	-49%	-56%	-64%	-72%	-80%	-88%	-96%	-104%
	56%	4%	-3%	-11%	-19%	-27%	-35%	-43%	-51%	-58%	-66%	-74%	-82%	-90%	-98%	-106%
	58%	2%	-5%	-13%	-21%	-29%	-37%	-45%	-53%	-60%	-68%	-76%	-84%	-92%	-100%	-108%

Tabla 8.

Margen de Utilidad – Modelo de Cooperativas

Los modelos evaluados requieren que tanto la estructura de gastos administrativos como la tasa de captación de capital —relacionada con las expectativas de rendimiento de los inversionistas— sean menores para lograr márgenes de utilidad competitivos.

El cálculo de la utilidad para los modelos priorizados muestra que todos pueden alcanzar porcentajes de margen de utilidad adecuados. Sin embargo, cada modelo debe desarrollar estrategias distintas para reducir sus gastos (intereses de captación y costos administrativos) de manera más eficiente. Esta eficiencia permite ofrecer tasas de interés más atractivas para los usuarios sin sacrificar la rentabilidad para las empresas que operan los créditos.

En todos los modelos se observa que, con tasas de captación inferiores al 8%, gastos operativos por debajo del 40% y una tasa de interés para los usuarios de proyectos solares cercana al 1% MV, se pueden alcanzar márgenes de utilidad superiores al 10%. Esto evidencia el potencial de estos modelos para generar negocios con márgenes de contribución adecuados, al tiempo que resultan atractivos para los usuarios que deseen financiar sus proyectos de energía solar. La implementación de estos modelos contribuye a crear condiciones más favorables para la instalación masiva de sistemas solares distribuidos en clientes residenciales.

3.3 Indicadores de impacto

Diseñamos un conjunto de indicadores para medir el impacto social, ambiental y financiero de proyectos solares residenciales. Aplicamos un enfoque de justicia energética para evaluar desde la reducción de pobreza energética, emisiones, así como mejoras en acceso a crédito y ahorros para los usuarios. Definimos indicadores de impacto relevantes para el desarrollo de proyectos solares residenciales como capacidad instalada, generación de energía, reducción de pobreza energética, aumento en la capacidad de pago del crédito y ahorros monetarios para los usuarios.

Estos ahorros totales combinan los ingresos por venta de excedentes energéticos con la reducción en el costo de la factura eléctrica gracias al autoconsumo. Los valores representan el flujo acumulado durante los 20 años de vida útil del proyecto solar, actualizados a valor presente mediante una tasa de descuento del 5% que incorpora la inflación proyectada. Estos ahorros económicos se mantienen para los usuarios en los tres modelos de negocio analizados, demostrando la viabilidad financiera de la solución solar en todos los casos considerados. A continuación, presentamos los resultados principales de ahorros para los usuarios mediante un análisis de ingresos vs gastos a lo largo de la vida útil de los proyectos. Estos resultados se presentan en la figura 16 que compara los gastos para cada modelo de financiación con los ingresos totales por un sistema solar residencial para cada estrato.

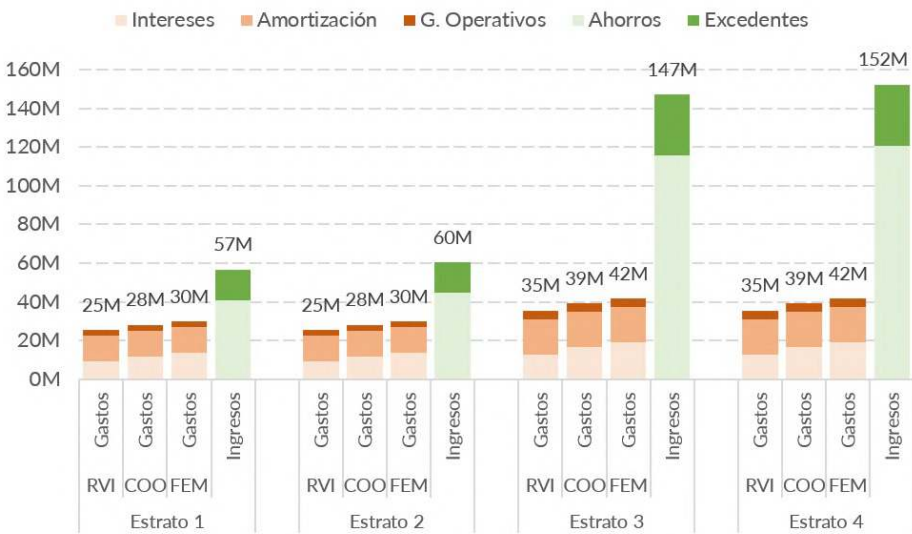


Figura 16.

Comparación de gastos para cada modelo de financiación vs ingresos totales por un sistema solar residencial para diferentes estratos. RVI: Solar con financiación para reforma de vivienda; COO: Cooperativas; FEM: Fondo de empleados.

Para el caso del modelo solar con financiación de reforma de vivienda, en la figura 17 podemos ver los gastos acumulados del proyecto durante 20 años con una tasa de interés del 0,87%. Estos gastos incluyen los intereses, la amortización y los costos operativos. En conjunto, las cifras oscilan entre 25,5 y 35,5 millones de pesos. Además, la figura compara los gastos a lo largo de la vida útil del proyecto con sus ingresos en términos de ahorros de energía y venta de excedentes. Estos alcanzan valores alrededor de 60 millones de pesos para estratos 1 y 2, y de 150 millones para estratos 3 y 4. Es decir los usuarios pueden percibir un beneficio monetario en ahorros e ingresos de entre 32 y 117 millones a lo largo de la vida útil del proyecto. El modelo de reforma de vivienda es el que tiene menores gastos para los usuarios.

Adicionalmente, como observamos en la figura 16, los gastos de los modelos de fondo de empleados y cooperativas son ligeramente más altos con cifras entre los 28 y 42 millones de pesos. Sin embargo, los tres modelos representan un beneficio neto para los usuarios considerable, con beneficios entre 27 y 110 millones para los modelos de fondo de empleados y cooperativas.

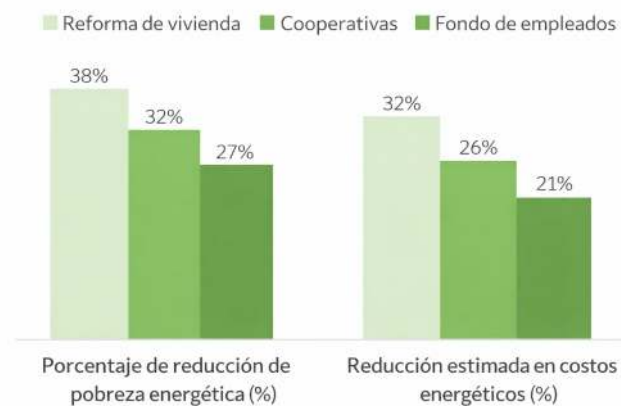
Es importante aclarar que los estratos 3 y 4 tienen mayores ingresos pues la tarifa de electricidad es más alta y usualmente tienen sistemas de mayor capacidad instalada que aprovechan economías de escala.

Otros indicadores de impacto evidencian reducciones en el índice de pobreza energética, por ejemplo, entre el 22% (estrato 1) y el 71% (estrato 4) para el modelo de reforma de vivienda. En cuanto al aumento en los ingresos por usuario, se reportan valores que van desde los 13 hasta los 80 millones de pesos. La reducción de los costos energéticos varía entre el 24% y el 66% para los estratos 1 y 4, respectivamente. Además, todos los modelos, incluyendo este, presentan una reducción de emisiones de CO₂ de hasta 98 toneladas. Para terminar esta sección presentamos gráficamente los indicadores principales por cada estrato.

Estrato 1

\$10,834,853
Promedio de aumento
en los ingresos de los usuarios

49 toneladas
de CO2 evitadas



Estrato 2

\$14,376,855
Promedio de aumento
en los ingresos de los usuarios

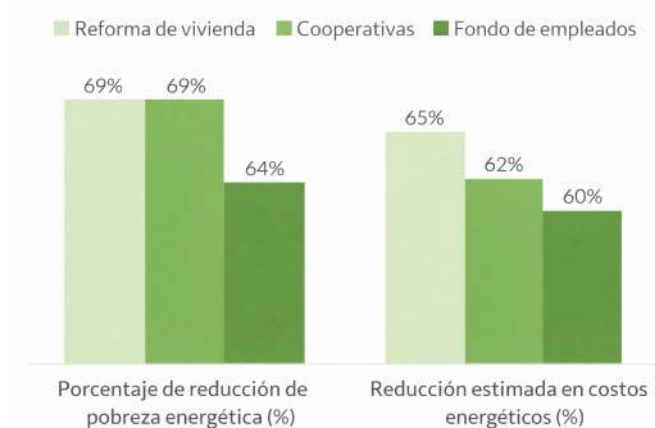
49 toneladas
de CO2 evitadas



Estrato 3

\$71,879,531
Promedio de aumento
en los ingresos de los usuarios

98 toneladas
de CO2 evitadas



Estrato 4

\$76,903,391
Promedio de aumento
en los ingresos de los usuarios

98 toneladas
de CO2 evitadas

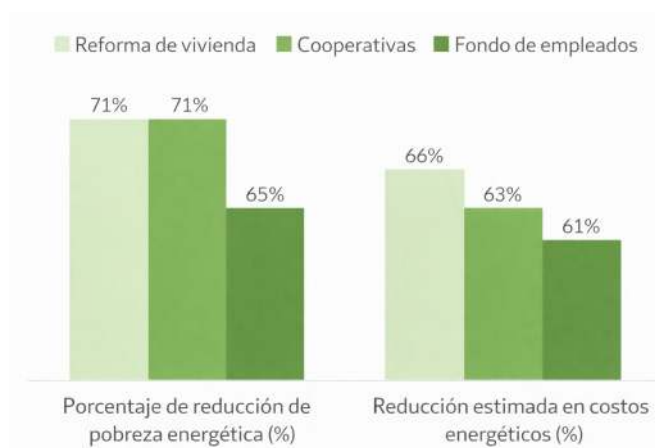


Figura 17.

Indicadores de Impacto por Estrato

3.4 ¿Qué concluimos de estos hallazgos?

Según nuestro análisis de márgenes de utilidad para las instituciones que podrían implementar este tipo de productos financieros, concluimos que todos los modelos evaluados tienen el potencial de alcanzar márgenes competitivos que los hacen atractivos como modelos de negocio. Esto sugiere que podrían ser viables para su implementación en el contexto colombiano.

Este es un ejercicio general realizado con valores promedio de mercado. Los resultados presentados son indicativos, ya que las variables que definen los márgenes —como los intereses de captación y los gastos administrativos— varían entre entidades.

No obstante, los márgenes pueden mejorar si las instituciones desarrollan estrategias de eficiencia financiera, lo que les permitiría ofrecer tasas de interés más atractivas para los usuarios sin sacrificar la rentabilidad de los modelos para las empresas que operan los créditos.

El modelo de crédito para energía solar con baja financiación destinada a reformas de vivienda es el que presenta mayor impacto positivo. Registra las mayores reducciones en los índices de pobreza energética y costos energéticos, así como los mayores aumentos en los ingresos de los usuarios, en comparación con los demás modelos evaluados. Una conclusión lógica es que, a menor tasa de interés, mayor es el impacto positivo sobre las condiciones socioeconómicas de los usuarios de estratos bajos y medios.

En todos los modelos se observa que, con tasas de captación inferiores al 8%, gastos operativos por debajo del 40% y una tasa de interés para los usuarios de proyectos solares cercana al 1% MV, se pueden alcanzar márgenes de utilidad superiores al 10%. Esto evidencia una oportunidad para crear productos financieros innovadores e inclusivos que, además de ser rentables, faciliten el acceso de los usuarios al financiamiento de sus proyectos de energía solar.

4. Recomendaciones

La masificación de la energía solar distribuida en Colombia no solo representa una oportunidad para avanzar en la transición energética justa, sino también un mecanismo de inclusión financiera, creación de empleo, reducción de la pobreza energética y fortalecimiento del desarrollo económico local. Para lograrlo, es fundamental una acción articulada entre el sector financiero, el sector energético, las autoridades y la ciudadanía.

La ausencia de productos financieros accesibles, la percepción de alto riesgo por parte de las entidades financieras, la falta de garantías y los altos costos iniciales son barreras clave que limitan la masificación de la energía solar a nivel residencial, especialmente entre usuarios de ingresos medios y bajos. A pesar de estas limitaciones, se observa una tendencia internacional creciente hacia la implementación de proyectos solares residenciales, impulsada por la reducción de los costos tecnológicos, el aumento de las tarifas de energía, la alta rentabilidad de los proyectos y la creciente preocupación ambiental de la población.

Se estima que, para el año 2030, Colombia contará con entre 7 y 10 GW de energía solar distribuida. Si el 15% de esta capacidad se desarrollara en el sector residencial, el tamaño de mercado podría estar entre 4 y 6 billones de pesos, lo que representa una oportunidad sumamente atractiva para las instituciones financieras nacionales.

En este documento planteamos modelos de financiación innovadores, concebidos y validados junto con actores clave del ecosistema financiero y energético del país. Demostramos que es posible abrir vías financieras que permitan a usuarios de diversas condiciones socioeconómicas acceder a soluciones solares. Este trabajo busca servir como insumo para que las entidades financieras colombianas estudien los modelos de negocio propuestos y evalúen la posibilidad de desarrollar productos inspirados en ellos.

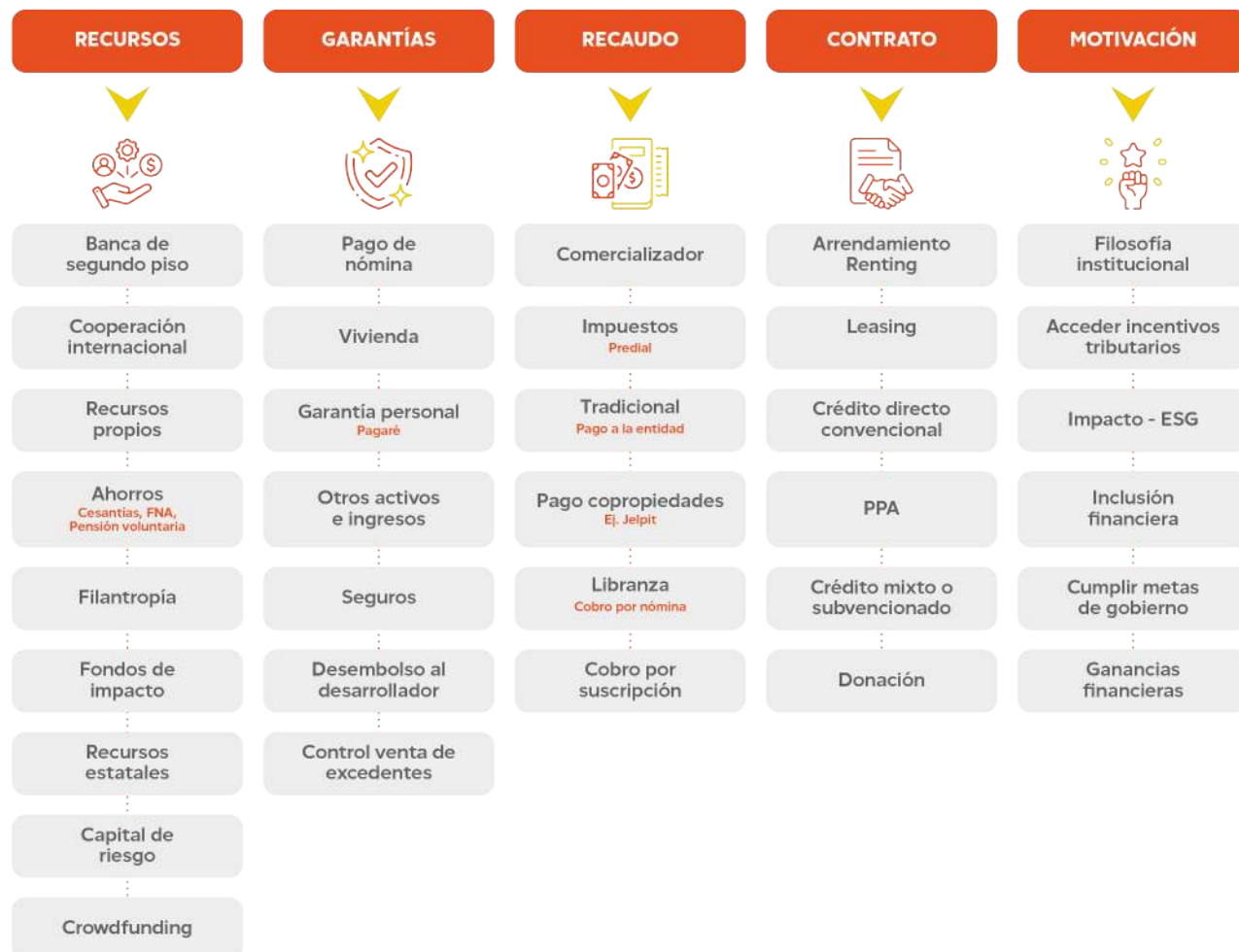
Para hacer realidad la implementación de estos modelos financieros innovadores, proponemos las siguientes recomendaciones dirigidas al sector financiero:

1. Fortalecer capacidades técnicas en modelos de negocio en energía solar, beneficios tributarios, mitigación de riesgos y mecanismos de garantía alternativos. Esto permitirá desarrollar productos más competitivos y aprovechar las relaciones de confianza existentes con los clientes para ofrecerles créditos destinados a energía solar.

2. Fomentar alianzas estratégicas entre desarrolladores de proyectos solares y entidades financieras, con el fin de estructurar productos adecuados, reducir los riesgos asociados a su implementación, aumentar la confianza en el modelo de negocio y ampliar el acceso a un mayor número de clientes.

3. Explorar y promover mecanismos de pago vinculados a canales existentes, como la factura de energía, la nómina o las cuotas de administración en copropiedades. Estos mecanismos pueden reducir la tasa de impago y mejorar la percepción de riesgo. En particular, existe una oportunidad especialmente atractiva de colaboración con las empresas comercializadoras de energía.

Asimismo, es importante que el desarrollo de nuevos productos financieros se articule con estrategias lideradas por el gobierno nacional, de modo que los recursos de la banca de desarrollo y los fondos de garantía puedan aplicarse al sector residencial. Esto permitiría una verdadera democratización de la energía renovable y fortalecería los esfuerzos del país para hacer realidad una transición energética justa.





emergente
innovación para
transformar



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

