



Financiamiento de Sistemas de Generación Solar Distribuida en Colombia.

Auspicia:



Invitan:



El futuro es de todos

Minenergía



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA



Acerca de este taller de capacitación

Este taller forma parte de la Iniciativa regional **Generación SOLE**, implementada por la Oficina para América Latina y el Caribe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el apoyo de AECID.

El objetivo del taller es **desarrollar capacidades específicas para analizar y diseñar mecanismos de financiamiento para proyectos de Generación Solar Distribuida.**

En el transcurso del mismo, se recorrerán los **principales aspectos de la tecnología y sus aplicaciones, junto con analizar sus beneficios, marco regulatorio y desafíos para su desarrollo.**

A su vez, se brindará información acerca del **tamaño de mercado junto con las oportunidades de inversión que presenta para la banca comercial en el país.**

Finalmente, se analizarán **casos prácticos de estudio de viabilidad económica de este tipo de inversiones**, para comprender los factores intervinientes y sus resultados, facilitando su modelado en diferentes segmentos de usuario.



Los participantes lograrán:

- Comprender el funcionamiento de los sistemas de Generación Solar Distribuida.
- Conocer los beneficios asociados al desarrollo de la tecnología.
- Conocer el marco regulatorio que habilita la actividad en su país.
- Conocer el potencial de mercado de la Generación Solar Distribuida en el país y las oportunidades de inversión asociadas a la actividad.
- Conocer el costo de inversión y operación y otras variables económicas, incluyendo los ahorros y periodos de repago que percibe el cliente final (persona física o empresa) al adquirir un sistema de generación solar distribuida.
- Analizar la viabilidad económica de tres tipos de sistemas solares distribuidos: residencial, comercial e industrial.
- Conocer los modelos de financiamiento comúnmente utilizados para la implementación de la generación solar distribuida.
- Desarrollar modelos para analizar el financiamiento de un sistema de generación solar distribuida.

Generación SOLE es una acción necesaria en la lucha contra el cambio climático.

“Generación SOLE” es una plataforma creada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para promover la generación solar distribuida y los recursos energéticos distribuidos en América Latina y El Caribe.

Esta plataforma fomenta el diálogo para la regulación de la autogeneración de energía renovable, promueve la adopción de recursos energéticos distribuidos y constituye una comunidad de práctica para las partes interesadas de la región.





Temario

1. **Generación distribuida en Colombia**
2. **Oportunidad de mercado y modelos financieros**
3. **Evaluación y análisis de viabilidad económica**
4. **Práctica y actividad final**



Módulo 1.



Generación Distribuida en Colombia



¿Qué es la Generación Distribuida (GD)?

Es actualmente el Recurso
Energético Distribuido (RED)
más utilizado mundialmente.



Generación de energía eléctrica, en pequeña y mediana escala, cercana al punto de consumo.

En la actualidad, generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables por parte de usuarios de la red de distribución.

Tiene como objetivo el **autoconsumo con eventual inyección de excedentes** de energía a la red eléctrica.

La generación distribuida ocupa un rol protagónico en la transición energética



El sector energético en general y eléctrico en particular se encuentran en plena transformación, donde se definen nuevas formas de acceder a la energía, generarla y consumirla, así como de regular a los actores intervinientes y las tecnologías de transición.

- Tecnológicamente desarrollada, globalmente en expansión.
- Actor de cambio: usuario final de la energía.
- Pertinente para alcanzar los objetivos acción climática (NDC).
- Precursor de otros Recursos Energéticos Distribuidos (RED).
- Robustece la infraestructura, promueve la inclusión y diversidad.

¿Hacia dónde vamos?

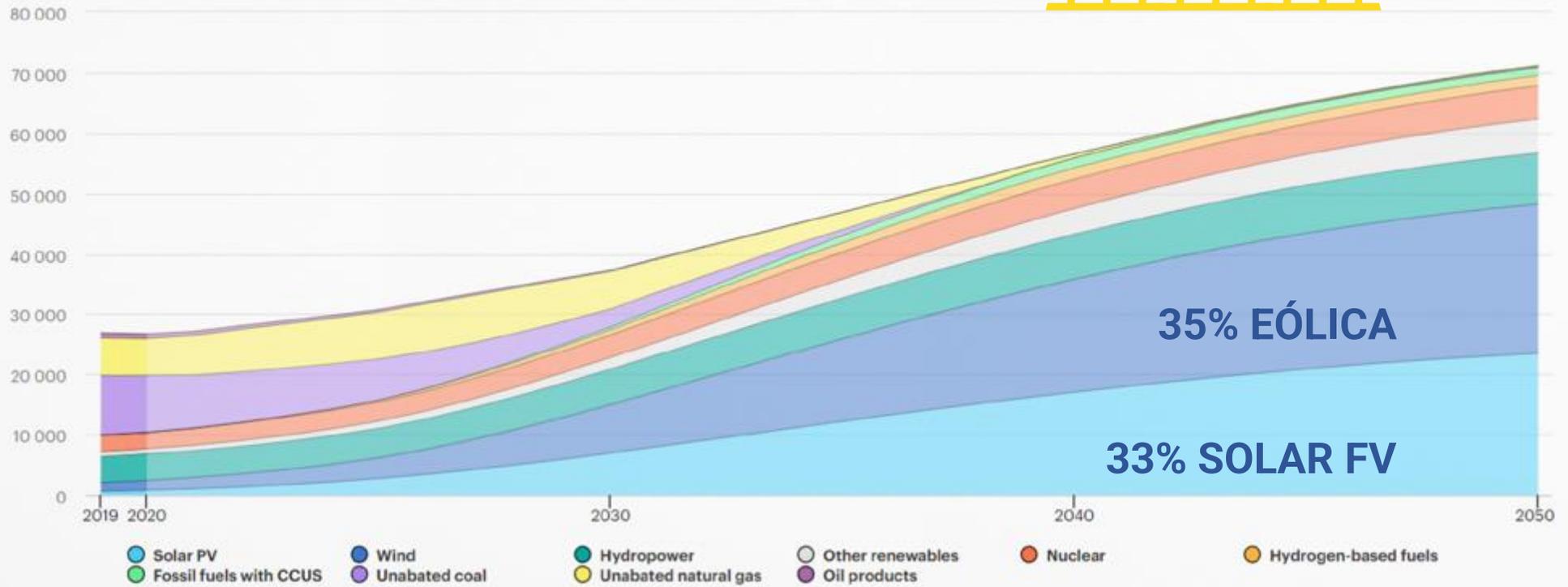
El escenario **NETZERO** de **IEA** pronostica que para alcanzar el objetivo climático de neutralidad de carbono será necesario que las **tecnologías renovables** aumenten su participación en la generación global del 23% actual a 90% para el año 2050.

Para ello, será necesario alcanzar una capacidad instalada de **14,5 TW de tecnología solar fotovoltaica** y 8,3 TW de eólica. La tecnología solar fotovoltaica se convertirá en la mayor fuente de generación, aumentando más de 14 veces su capacidad actual.



Electricity generation by technology, 2019-2050

TWh



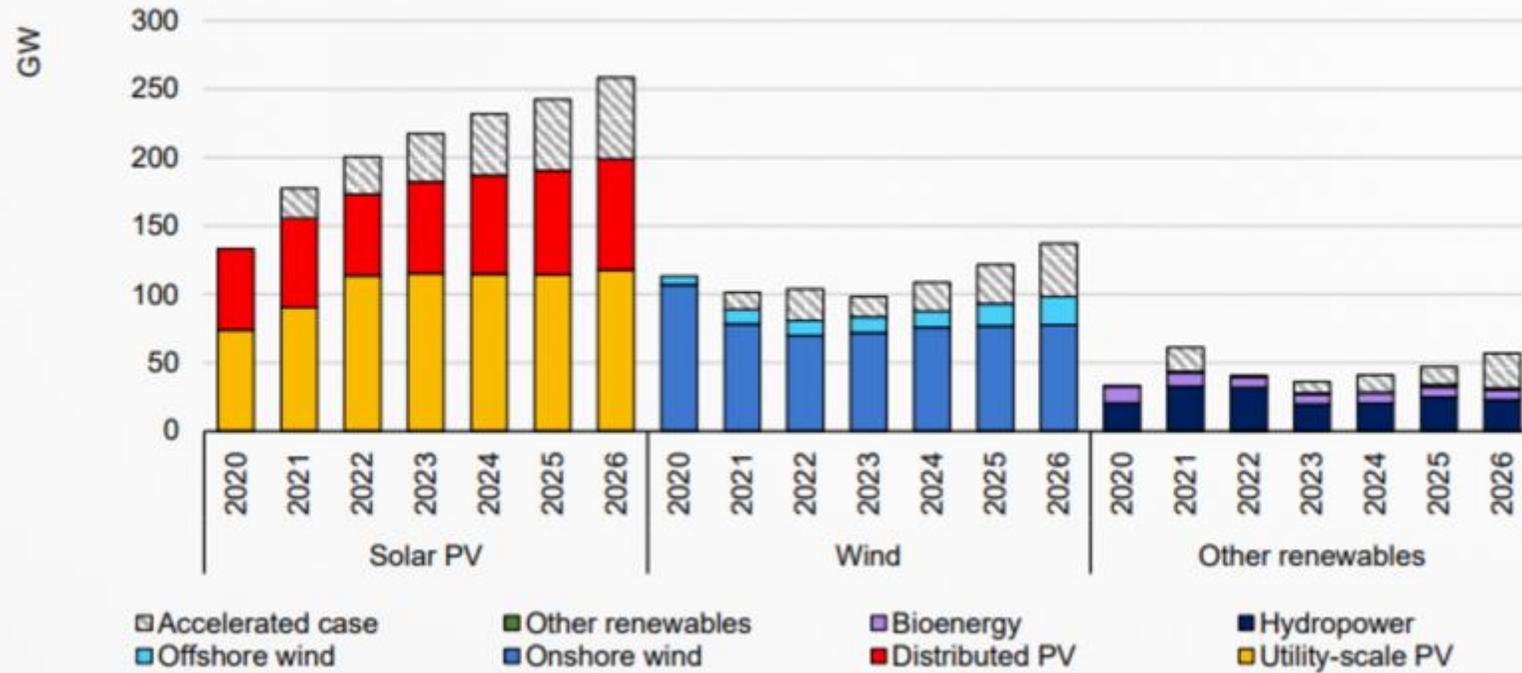
Fuente: International Energy Agency (IEA)

Lo que se espera mundialmente de la generación distribuida

La Generación Solar Distribuida (GSD) contribuirá en incorporar aproximadamente la mitad de la capacidad solar fotovoltaica necesaria.

- En los próximos 5 años, las renovables incorporarán ~350 GW de capacidad anualmente.
- Se estima que el 60% será solar fotovoltaica, de la cual **un 40% será en forma distribuida.**

Figure 1.6 Annual capacity additions of solar PV, wind and other renewables, main and accelerated cases, 2020-2026



La Generación Distribuida evoluciona rápidamente en la región

En América Latina y el Caribe (ALC), las políticas y estrategias nacionales que promueven la actividad de generación distribuida aumentan progresivamente.

Año tras año, su avance supera a la proyección de capacidad instalada prevista.



- 12 GW de capacidad.
- 1,14 millones de sistemas.
- Crece a un ritmo de 120% interanual promedio (2010-2020).
- 98% de la capacidad instalada es SFV.

2021:

- Mas de 4,6 GW (62% de crecimiento).
- 6.000 MUSD en inversiones.
- 52.000 puestos de trabajo.
- 3 M ton CO₂.

Evolución de la GSD en ALC



Indicadores de GSD en ALC



**La Generación
Distribuida
es principalmente
de tecnología
solar fotovoltaica
(SFV)**

**Esta tecnología
supera el 98%
de participación
a escala global
para la aplicación
de generación
distribuida.**



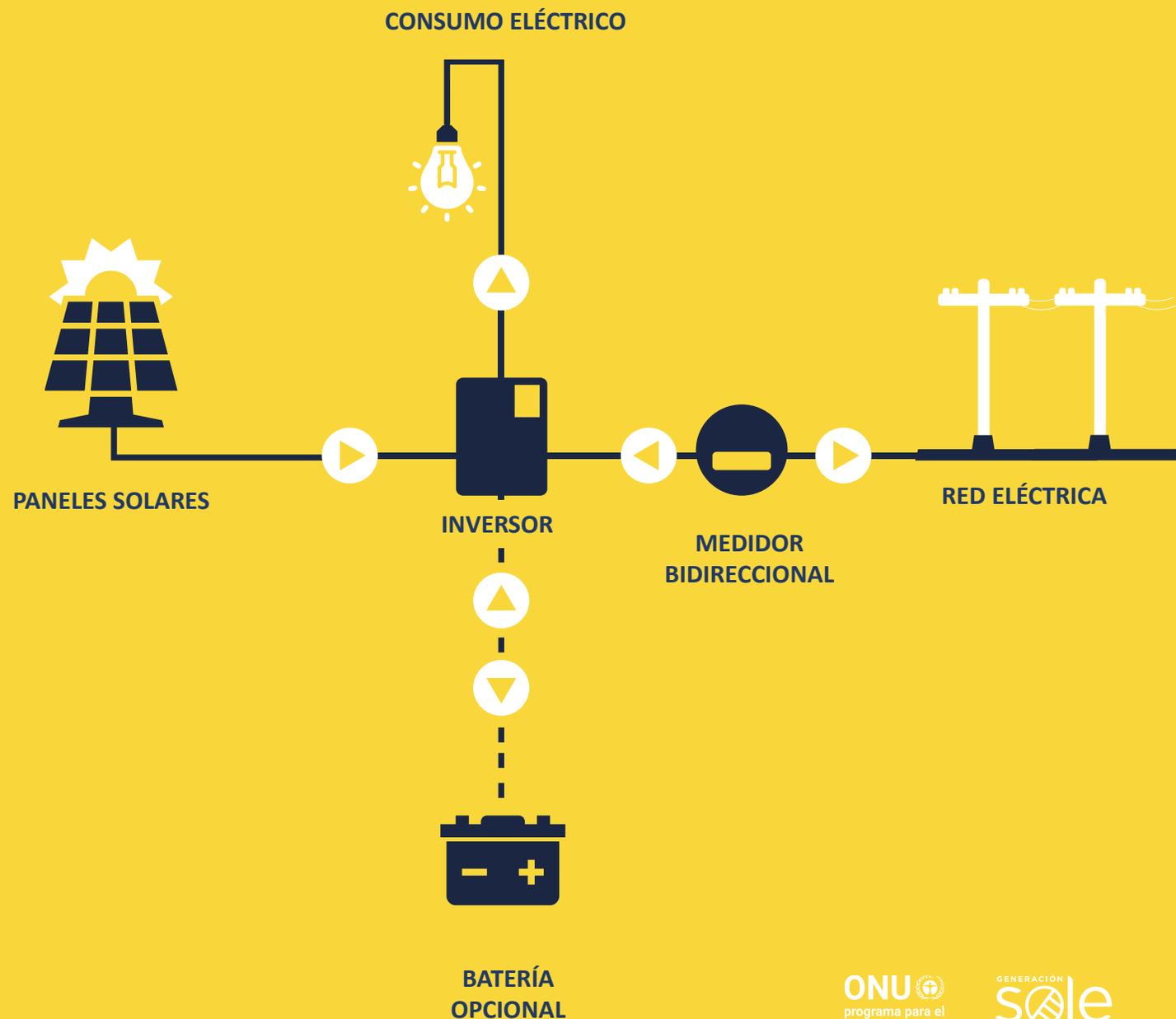


Ventajas.

- Menor costo frente a otras tecnologías.
- Amplia oferta global de productos.
- Facilidad de integración en arquitectura urbana.
- Rápida instalación y puesta en marcha.
- Bajo o nulo costo de mantenimiento.
- Tecnología modular escalable.

Principio de funcionamiento de los sistemas de generación solar distribuida.

Los sistemas GSD generan electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre los paneles fotovoltaicos. Estos están conectados a la instalación eléctrica mediante un inversor, a través del cual alimentan los consumos internos del usuario.



Principio de funcionamiento de los sistemas de generación solar distribuida.

- El sistema GSD alimenta los consumos internos de la casa o empresa cuando hay radiación solar.
- Cuando la generación de los paneles no alcanza a cubrir los consumos, éstos se abastecen con la energía de la red eléctrica de distribución.
- Cuando la generación de los paneles es superior a los consumos, el excedente se inyecta a la red de distribución.
- El medidor bidireccional contabiliza la energía demandada e inyectada a la red.

La generación distribuida aporta importantes beneficios ambientales, económicos y sociales.

Ambientales

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducción de la contaminación atmosférica local.
- Mitigación de efectos climáticos y desastres naturales.

Sociales

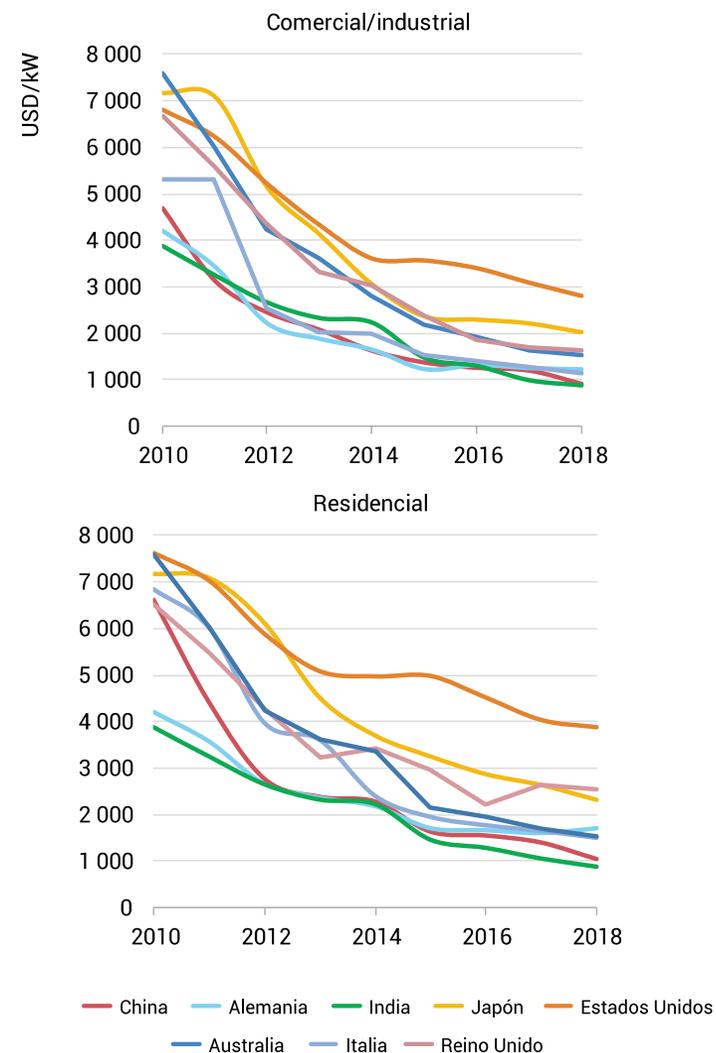
- Mejoramiento del hábitat, la calidad del aire exterior y el bienestar de la población.
- Disminución de afecciones y enfermedades atribuibles a la contaminación atmosférica.
- Educación y aumento del compromiso individual con el medio ambiente.
- Creación de empleo calificado y nuevas capacidades específicas.

Económicos

- Ahorro en la facturación del servicio eléctrico.
- Revalorización de la propiedad inmueble.
- Agregado de valor a productos y servicios ofrecidos por comercios e industrias.
- Fomento de inversiones y financiamiento local.
- Aumento de independencia a la volatilidad del precio de los combustibles fósiles.
- Reducción del riesgo de falta de suministro.
- Reducción de pérdidas por transporte y distribución de energía eléctrica.
- Mejora la estabilidad técnica del sistema eléctrico.
- Permite postergar inversiones para ampliación de la infraestructura de red.
- Reducción de subsidios en la cadena de valor de la energía eléctrica.

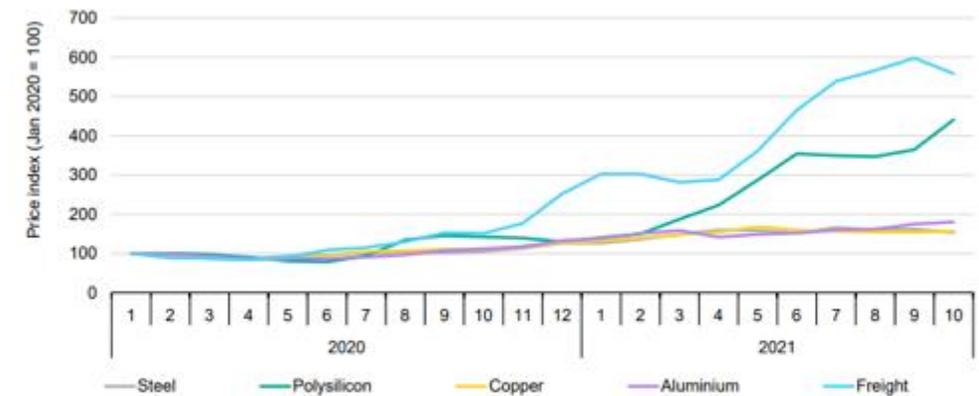
Tendencia de precios de la tecnología

En la actualidad, el costo de la energía generada a partir de los sistemas GSD, hacen que la tecnología sea altamente competitiva a comparación de otras fuentes de energía tradicional.



- Los costos de instalación unitarios se redujeron 81% entre 2010-2020 (IRENA).
- El factor de capacidad medio de los sistemas pasó de 14% a 18% en el periodo 2010-2020.
- 2018 (IEA): costos de inversión de sistemas GD residenciales y comerciales bajarán entre un 15% a 35% entre 2019-2024.
- 2020 (IEA): aumento de precios en commodities y fletes 2020-2021 provocaron un aumento de 10-25% en paneles (vuelta a precios 2018). No obstante, **SFV se mantiene competitivo** y su demanda aumenta.

Figure 4.1 Monthly commodity and freight price indexes, 2020-2021



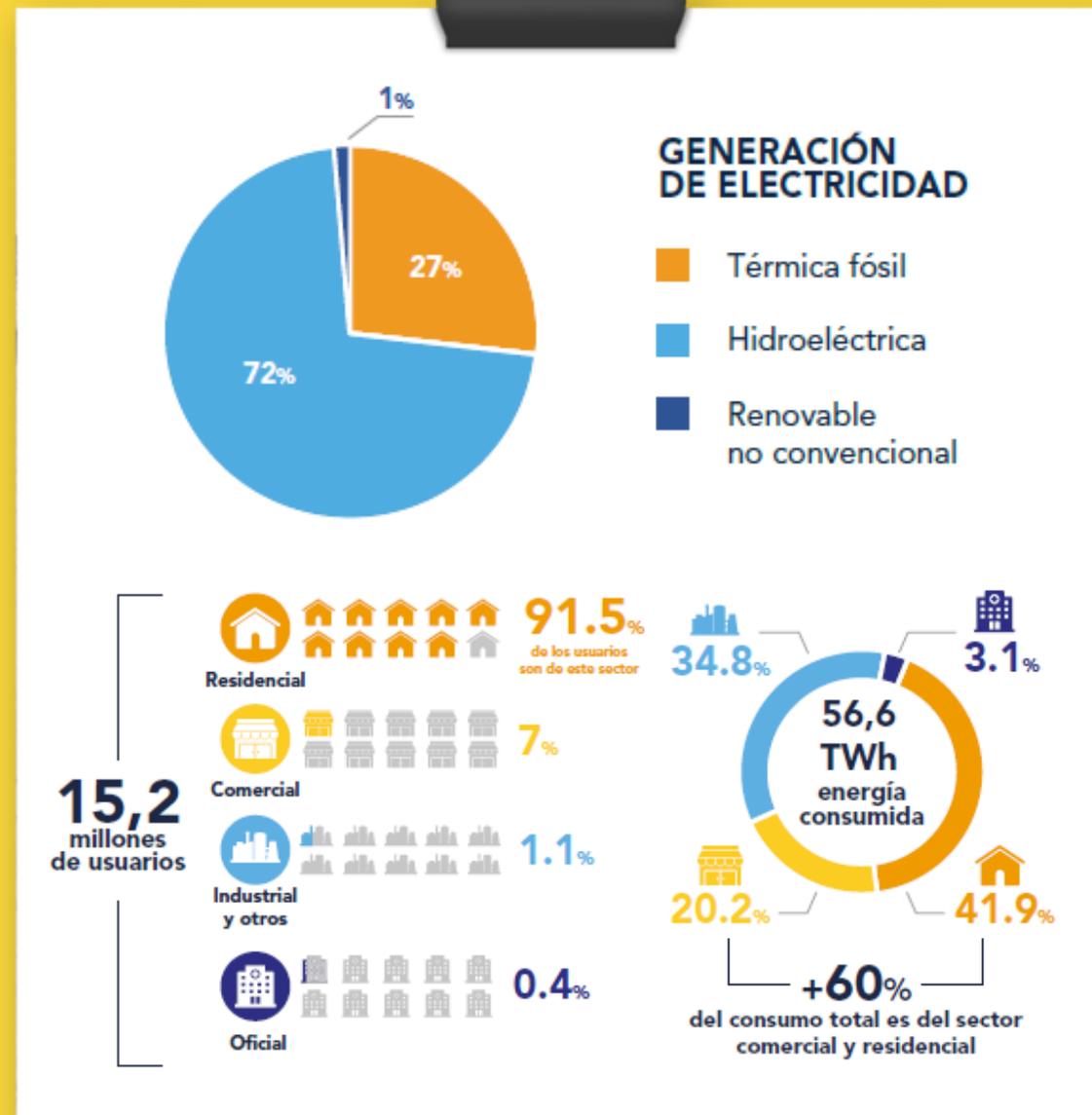
Notes: Steel – China domestic hot-rolled steel sheet spot average price; polysilicon – solar-grade silicon spot price; copper and aluminium – London Metal Exchange 3-month forward contracts; freight – WCI/COMP Index.

Sources: IEA analysis based on Bloomberg LP (2021).

Características del mercado eléctrico Colombiano

Gran oportunidad para la solar fotovoltaica y el autoconsumo de pequeña escala.

- El 98% de los usuarios corresponde a pequeños consumos residenciales y comerciales, y representan el 62% de la energía comercializada anualmente. Total de clientes de las distribuidoras eléctricas: 15,2 millones.
- El recurso solar Colombiano es favorable, superior a la media mundial.
- Las características de las edificaciones, hace que una gran cantidad de viviendas y comercios sean aptos para la instalación de sistemas solares en sus techos.
- El 43% del consumo eléctrico se concentra en los departamentos de Antioquía, Bogotá y Valle del Cauca. Las regiones Andina y Orinoquia contribuyen con el 30% del consumo y la región del Caribe con el 25%.

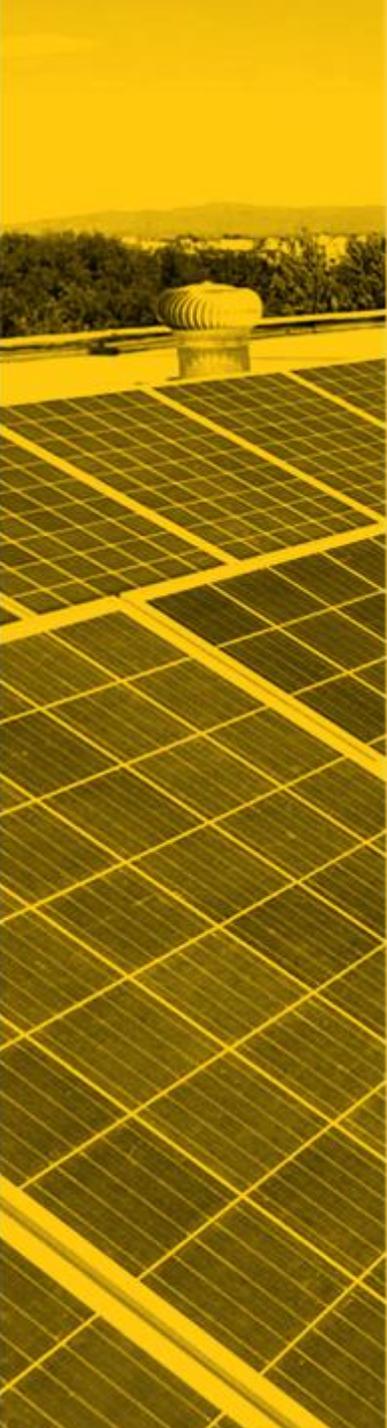


Colombia ha establecido un ambicioso objetivo climático.

En su NDC revisada a diciembre 2020, Colombia estableció como meta una **reducción del 51% de las emisiones** al año 2030, iniciando un decrecimiento de las emisiones entre el año 2027 y 2030 tendiente hacia la **carbono-neutralidad al 2050**.

- La **Misión de Transformación Energética (MTE)**, una iniciativa implementada por el Ministerio de Minas y Energía (MME), cuenta dentro de sus objetivos prioritarios el de **fomentar la incorporación de Recursos Energéticos Distribuidos en las redes** mediante el diseño de mercados y tarifas flexibles, promoviendo la participación del usuario en el mercado eléctrico.
- En el marco de la MTE, se ha presentado una **hoja de ruta regulatoria** con propuestas concretas para modernizar el sistema energético y **promover la inversión privada para la instalación de sistemas GSD** en los sectores residencial, comercial e industrial de todo el país.





Marco Regulatorio específico de generación distribuida en Colombia

En Colombia la actividad se encuentra regulada por la Ley N° 1.715 de 2014, la Resolución N° 281 del 2015 de la Unidad de Planeación Energético Minera (UPME) y el Decreto N° 348 del 2017.

Marco Regulatorio específico de generación distribuida en Colombia

- La normativa de generación distribuida entró en vigencia mediante la Resolución CREG N° 030 de 2018. Su última actualización es la Resolución CREG N° 174 de 2021.
- Autoridad de Aplicación: Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).
- Aplica a **clientes de empresas distribuidoras**, pudiendo ser personas naturales o jurídicas.
- Habilita la **posibilidad de vender los excedentes** a la red de distribución.

- A partir de la resolución CREG N° 030 de 2018 se definen:
 - Autogeneradores de Gran Escala (AGGE): generadores > 1 MW (regulados en MEM)
 - Autogeneradores de Pequeña Escala (AGPE): generadores hasta 1 MW. (“Generación Distribuida”)
 - Generador Distribuido (GD): hasta 1 MW (empresas de generación)

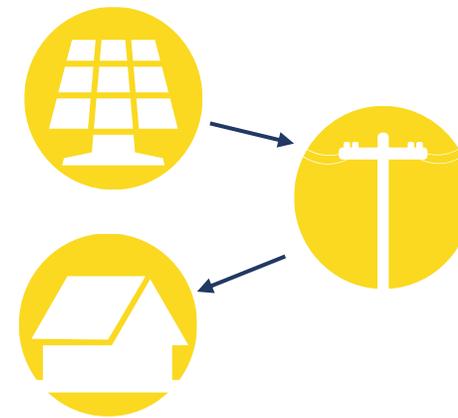
- Usuarios deberán verificar la disponibilidad existente en la red y solicitar la conexión:
 - AGPE hasta 100 kW: procedimiento simplificado
 - AGPE > 100 kW: procedimiento + contrato de conexión.

- **Medición bidireccional.**

Marco Regulatorio específico de generación distribuida en Colombia

El esquema de remuneración es híbrido entre **Net Metering** y **Net Billing**.

- La energía inyectada por el usuario puede ser intercambiada por energía consumida dentro del mismo período de facturación, y por dicho intercambio el usuario debe pagar una parte de la tarifa.
 - Los **AGPE hasta 100 kW**: pagarán el cargo por comercialización.
 - Los **AGPE > 100 kW**: pagarán el cargo por comercialización, el costo de servicio de la red que incluye cargos por transporte, distribución, pérdidas y restricciones.
- Cuando la energía inyectada > energía consumida: se configuran **créditos** valorados a precio bolsa con tratamiento horario, no acumulables.



Balance Neto de Energía

(Net Metering)

+ Inyección (kWh)
a \$Tarifa

- Consumo (kWh)
a \$Tarifa

Balance Neto de Facturación

(Net Billing)

+ Inyección (kWh)
a \$Mayorista

- Consumo (kWh)
a \$Tarifa

Estándares de calidad y seguridad de la instalación

- Todas las instalaciones eléctricas en Colombia, incluyendo las de GSD, deben seguir de manera obligatoria los lineamientos planteados en el **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)**, un documento técnico-legal expedido por el MME.
- Requisitos sobre el equipamiento: Certificaciones UL1741-2010/ IEC 61727-2004/ IEEE 1547-2003.
- Además de las normas RETIE, para la instalación se solicita cumplir con lo establecido en el Código Eléctrico Colombiano, NTC 2050.



Procedimientos de solicitud para la conexión de un sistema de generación distribuida

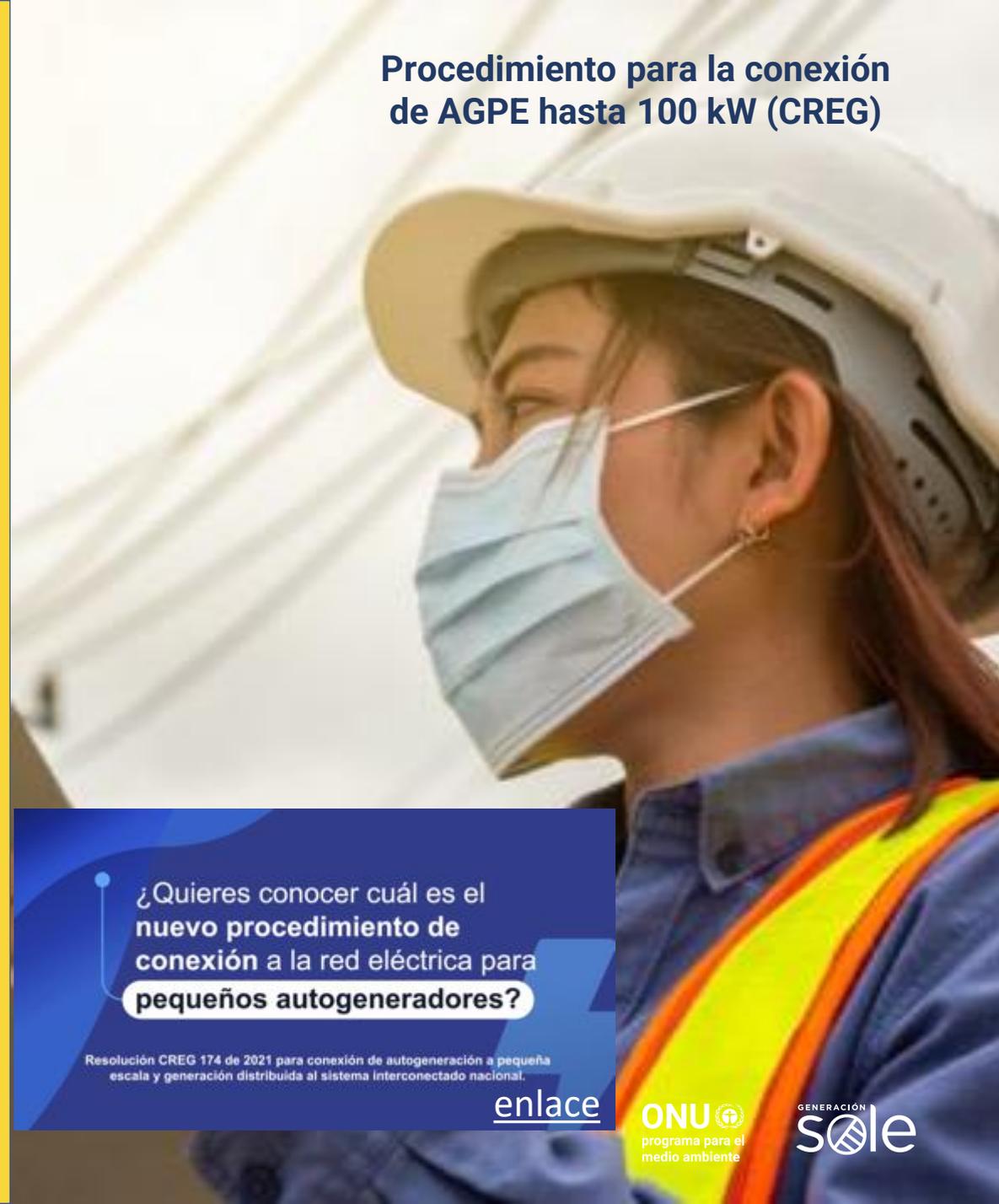
AGPE hasta 100 kW

1. El usuario **verificará** si la red cuenta con **capacidad suficiente** (solamente aplica a usuarios que decidan inyectar excedentes).
2. El usuario realizará una **Solicitud de Conexión a la Red**. Enviando:
 - Formulario de conexión,
 - Certificado de capacidad de red para recibir instalación,
 - Cumplimiento de normas de inversores,
 - Diagrama unifilar de la instalación,
 - Sistemas de protección, puesta a tierra y distancias de seguridad,
 - Certificado de experiencia del instalador.
- En caso de no haber inyección de excedentes, el usuario deberá además entregar el manual del equipo que incluye controlador de inyección.
3. El Operador de red **revisará la documentación** → aprobación/ subsanación.
4. El usuario realizará la **instalación** (plazo 6 meses) y solicitará la **Revisión de Instalación**.
5. El Operador de red **revisará la instalación** → aprobación/ subsanación.

AGPE > 100 kW

El usuario además deberá elaborar un estudio de conexión simplificado.

Procedimiento para la conexión de AGPE hasta 100 kW (CREG)



¿Quieres conocer cuál es el nuevo procedimiento de conexión a la red eléctrica para pequeños autogeneradores?

Resolución CREG 174 de 2021 para conexión de autogeneración a pequeña escala y generación distribuida al sistema interconectado nacional.

[enlace](#)

ONU
programa para el
medio ambiente

GENERACIÓN
sole

El marco regulatorio para sistemas de GSD otorga certidumbre a largo plazo para la inversión

**Incentivos
promocionales**

**Esquema de
compensación**

- Net Metering/ Net Billing
- Remuneración de excedentes

Estándares de calidad y seguridad

- Reg. Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)
- Requerimientos Técnicos sobre la calidad del sistema y el medidor bidireccional
- Estándares internacionales de productos

Marco Regulatorio

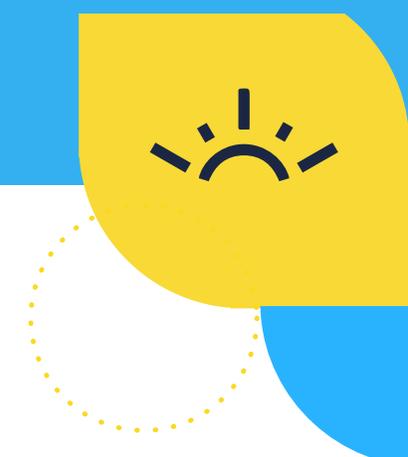
- Seguridad jurídica

La normativa establecida para AGPE otorga condiciones que favorecen un despliegue masivo del mercado.



Módulo 2.

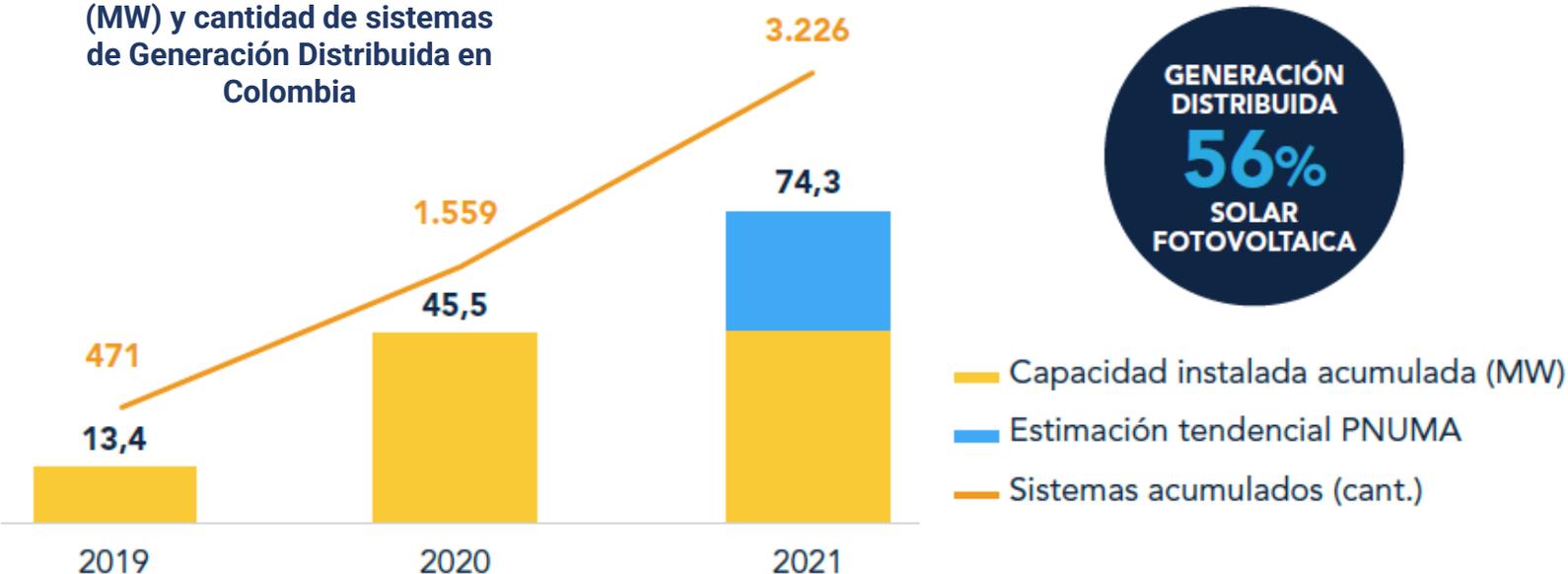
Oportunidad de mercado y modelos financieros



Estado actual de la generación distribuida en Colombia

Desde su implementación en 2018, crece a un ritmo promedio del 150%, incorporando 25 MW anuales. Casi la totalidad de los sistemas AGPE son de energía solar fotovoltaica, con excepción a tres proyectos de gran capacidad.

Evolución de la capacidad instalada (MW) y cantidad de sistemas de Generación Distribuida en Colombia



Índice de penetración

5

W/usuario eléctrico



% GSD sobre el total de SFV

48%

GSD/SFV



Desplazamiento anual de GEIs

20.147

tCO₂ evitadas



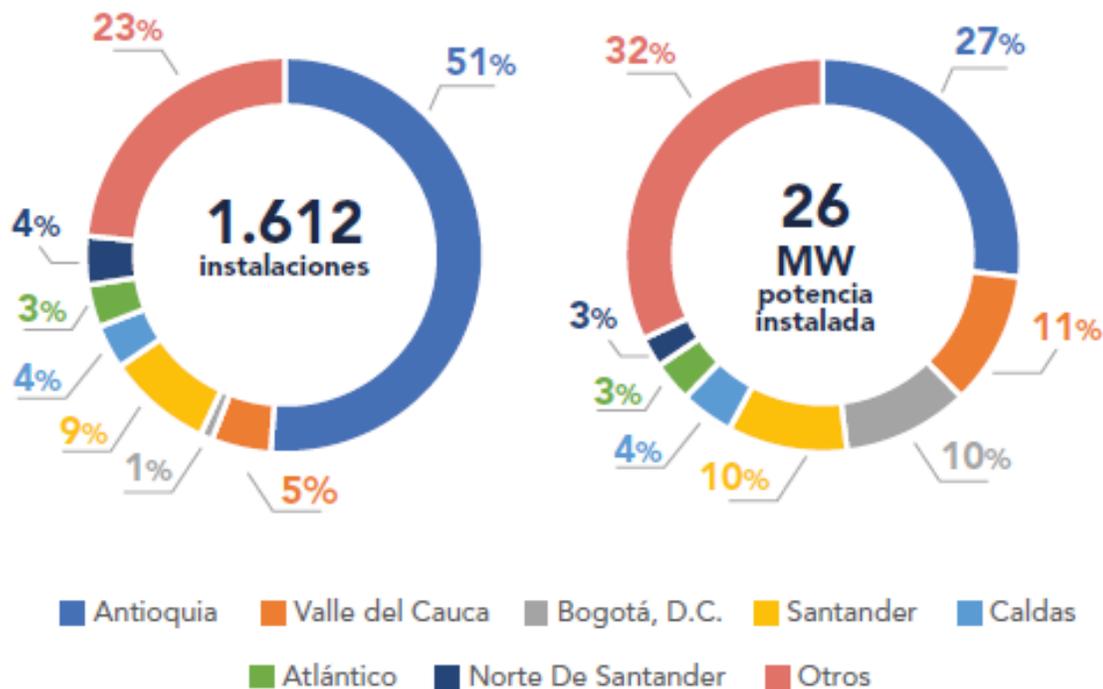
Energía anual estimada

98

GWh/año

Estado actual de la generación distribuida en Colombia

Distribución de sistemas GSD por departamento (febrero 2021)



A pesar del impacto de la pandemia COVID-19, los sistemas GSD siguieron aumentando. La mayoría de ellos se encuentran instalados en Antioquia.

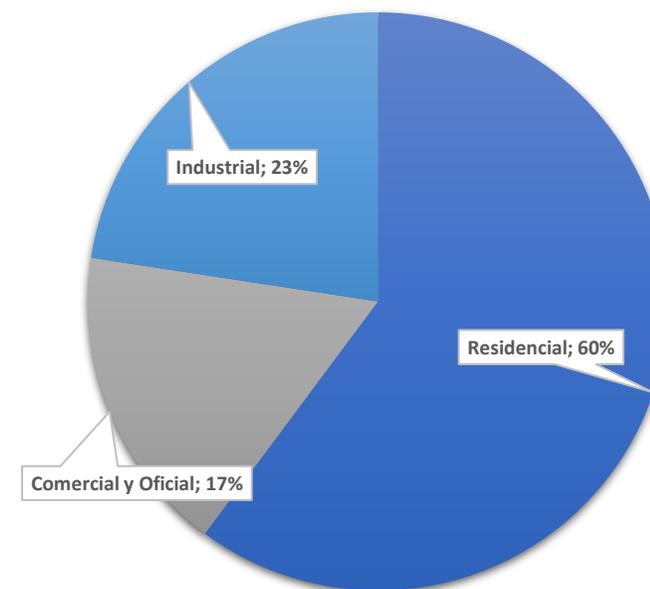
La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) estima que Colombia alcanzará los 716 MW de capacidad instalada para el año 2035.

Potencial técnico del mercado de la generación solar distribuida

PNUMA estudió el potencial técnico total para la instalación de sistemas GSD en el país. El potencial técnico fue estimado en **8,5 millones de instalaciones** por un total de **20,7 GW**. Esta generaría anualmente **28 TWh** de energía eléctrica distribuida, equivalente al **50%** de la energía consumida en el SIN en 2019.

- El **potencial técnico** fue calculado teniendo en cuenta:
 - ❖ Recurso solar: irradiación (kWh/kW/año) neto de pérdidas;
 - ❖ Cantidad y sectorización del usuario: **residencial, comercial** (incluye sector **oficial**) e **industrial**, según:
 - ❖ Hábitos y consumo eléctrico,
 - ❖ Tarifas;
 - ❖ Capacidad de sistemas GSD para cada tipo de usuario;
 - ❖ Restricciones del espacio físico disponible.

Distribución de la capacidad del potencial técnico (%) por sector

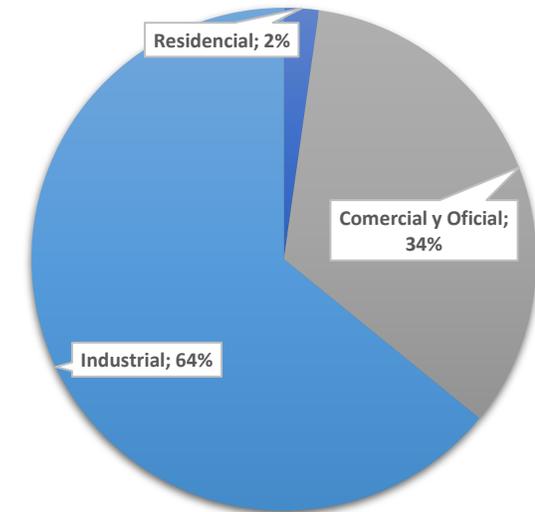


Potencial técnico-económico del mercado de la generación solar distribuida (I)

El potencial técnico-económico se estima en **471.000 instalaciones** por un total de **7.424 MW**. Este resultado representa un **volumen de inversiones de más de 9.600 millones de USD**, y una generación de energía anual de 10,1 TWh que representa el 18% de la energía consumida en el SIN.

- El **potencial económico** fue calculado teniendo en cuenta la viabilidad económica del proyecto. Para ello, se considera:
 - ❖ Potencial técnico total;
 - ❖ Precios locales de la tecnología;
 - ❖ Ingresos por reducción de demanda eléctrica e inyección de excedentes (tarifas vigentes);
 - ❖ Gastos de mantenimiento (en sistemas >50 kW);
 - ❖ Beneficios fiscales (Ley N° 1.715 de 2014);
 - ❖ Consideraciones impositivas.
- Objetivo de viabilidad: **Periodo de Repago** de la inversión de 7 años.

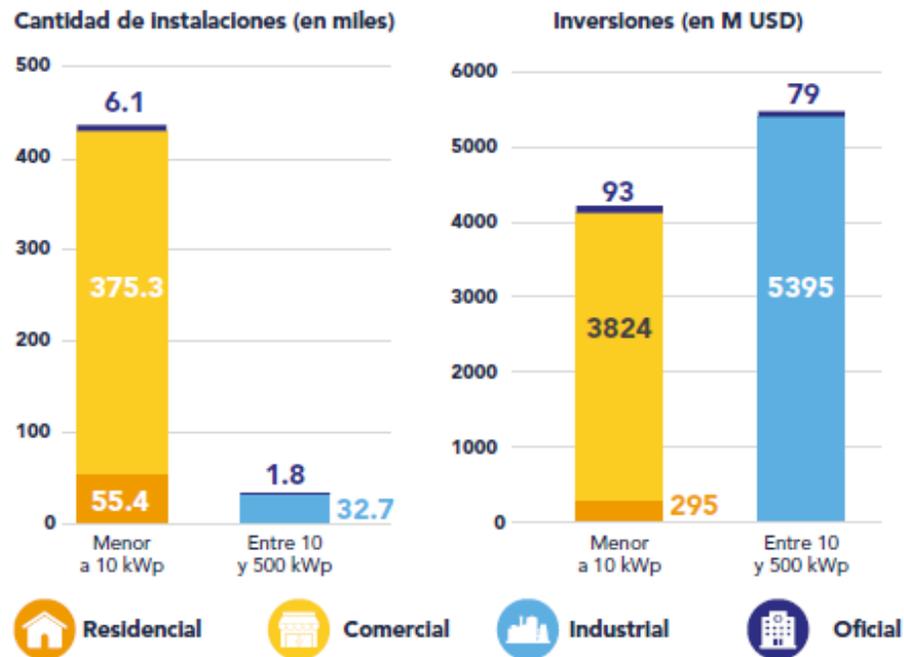
Distribución de la capacidad del potencial técnico-económico (%) por sector



Potencial técnico-económico del mercado de la generación solar distribuida (II)

Más del 90% de las instalaciones con viabilidad técnica-económica son de **pequeño tamaño** (menor a 10 kW), lo que muestra una gran oportunidad de negocio para viviendas y pequeños comercios.

Sistemas GSD técnica y económicamente viables, por tamaño y segmento



Al mismo tiempo, **las grandes instalaciones industriales acaparán el 56% de las inversiones**, debido a la incorporación de sistemas de mayor tamaño.

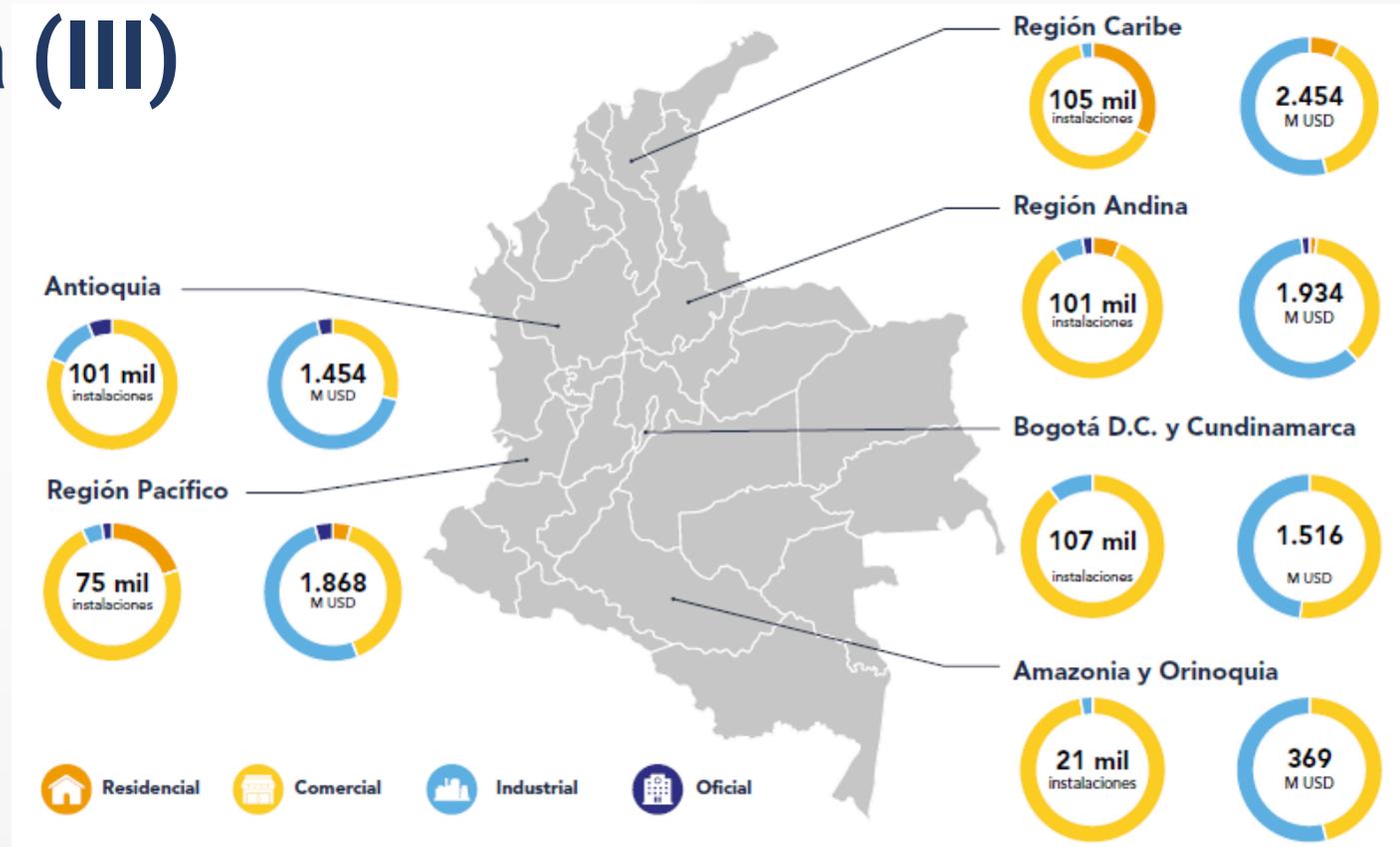
Volumen de inversiones (M USD) por sector

Tipo de Usuario	# instalaciones	Rango inversión por sistema de GSD	Inversión
Residencial	55.421	11 a 19 M COP (3k – 5,3 k USD)	1,1 billones COP (294,5 M USD)
Comercial	375.263	29 a 55 M COP (8,3k – 15,4k USD)	13,6 billones COP (3.823,8 M USD)
Industrial	32.651	240 a 1.780 M COP (67.5k a 500k USD)	19,2 billones COP (5.395,1 M USD)
Oficial	7.879	55 a 155 M COP (15,4k a 43,4k USD)	0,7 billones COP (172,1 M USD)
Total	471.214		34,40 billones COP (9.685,6 M USD)

Potencial técnico-económico del mercado de la generación solar distribuida (III)

Los sistemas GSD resultan atractivos para diferentes tipos de usuario, en todas las zonas geográficas del país.

Distribución geográfica de sistemas viables técnica y económicamente (instalaciones, M USD)

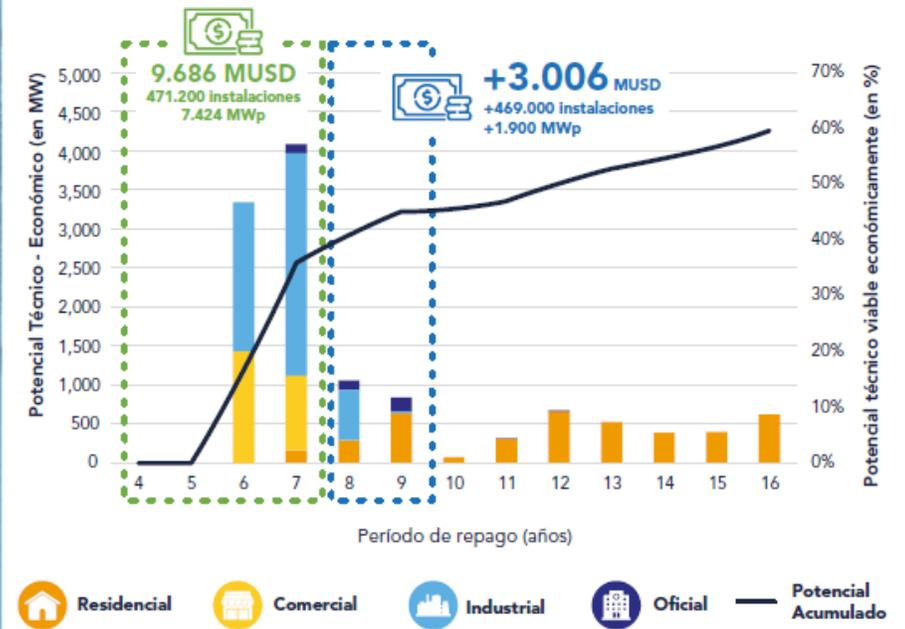


Potencial técnico-económico del mercado de la generación solar distribuida (IV)

El potencial de inversión podría crecer en el corto plazo hasta alcanzar unos **12.700 MUSD** si se tienen en cuenta las tendencias actuales de la industria respecto a reducción de costos.

Unas 469.000 instalaciones que totalizan 1.900 MW, en su mayoría residenciales, tienen periodos de repago de 8 y 9 años. Estos representan una inversión de 3.006 MUSD adicionales, aumentando un 31% del potencial actual.

Periodos de repago, instalaciones y capacidad (MW) de sistemas GSD por segmento



Barreras y oportunidades para la expansión de la tecnología.

El financiamiento y la facilidad para obtener beneficios fiscales impactan directamente en el periodo de repago de la inversión, y resultan claves para aumentar las inversiones.

Colombia (74 MW)

Económico	<ul style="list-style-type: none">Ampliar la oferta financiera	✓
Técnico	<ul style="list-style-type: none">Instrucción sobre normas técnicas y estandarización de reglas de subsanación para proyectos pendientes.	✓
Regulatorio	<ul style="list-style-type: none">Revisión y actualización del marco regulatorio.	✓
Operativo	<ul style="list-style-type: none">Trámites de conexión ágiles y transparentes.Comunicación y difusión.	✓

- Se ha detectado que los usuarios realizan una comparación entre un potencial pago de crédito y la factura eléctrica mensual. Es por eso que **una mejora en las condiciones actuales del financiamiento** (tasas de interés y plazos) **incidirá positivamente en la toma de decisiones por parte de los usuarios.**

Estado actual del financiamiento privado en el país

Existe una oportunidad de agilizar este desarrollo a partir de adaptar productos financieros ya existentes.

La banca colombiana tiene experiencia financiando proyectos de energía solar de mayor tamaño. Los tomadores de crédito para sistemas de generación distribuida van desde usuarios residenciales hasta PyMEs e industrias.

Tipo de Préstamo	Tasa ¹	Plazo (años)	Monto (US\$)
Crédito de libre inversión	12,5% a 25,3%	1 a 5	1M a 200M
Crédito de libranza	11,2% a 22,8%	1 a 10	0.5M en adelante
Crédito de vehículo	11,6% a 18,3%	1 a 7	-. ²
Crédito Hipotecario	8,5% a 10,0%	5 a 20 ³	30M en adelante
Leasing habitacional	8,5% a 10,0%	5 a 20 ³	30M en adelante
Créditos al consumo con garantía hipotecaria	8,5% a 10,0%	5 a 20 ³	30M en adelante
Crédito comercial	-. ⁴	1 a 10	-. ⁵
Leasing financiero y operativo	-. ⁴	1 a 5	-. ⁵
Tarjeta de crédito	24,7% a 25,6%	1 a 3	-. ⁵

1_ Se representa el rango de tasas habitual para cada tipo de financiamiento.

2_ Hasta 100% del valor del vehículo.

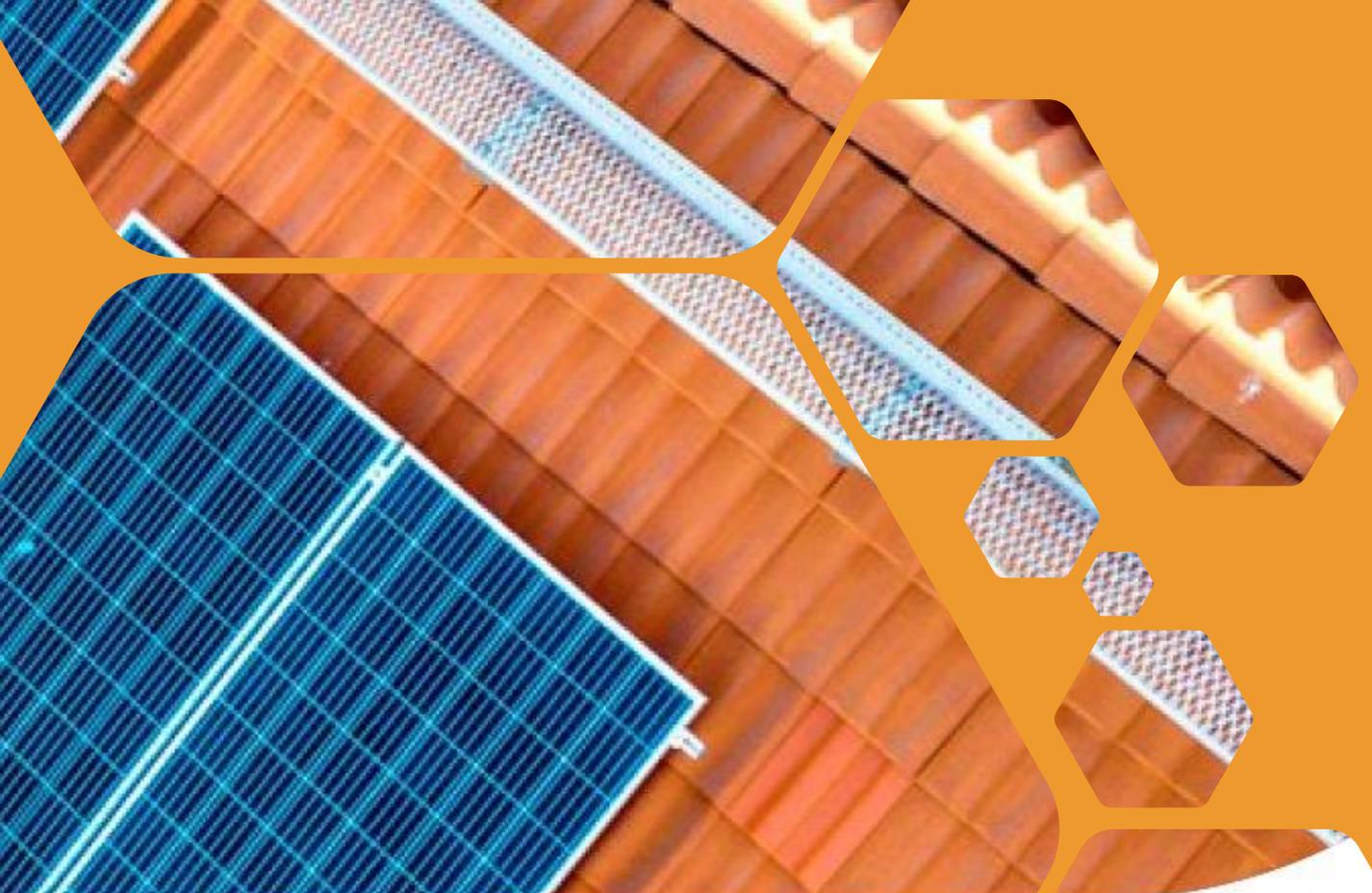
3_ Los créditos hipotecarios a tasa fija en pesos son a 20 años, mientras que los préstamos con tasa variable (en UVR de acuerdo con la inflación) pueden llegar hasta 30 años.

4_ En general es una tasa variable (DTF, IPC, IBR)74 + spread.

5_ Sin límite preestablecido, depende de la línea de crédito del cliente.

Productos financieros disponibles para GSD

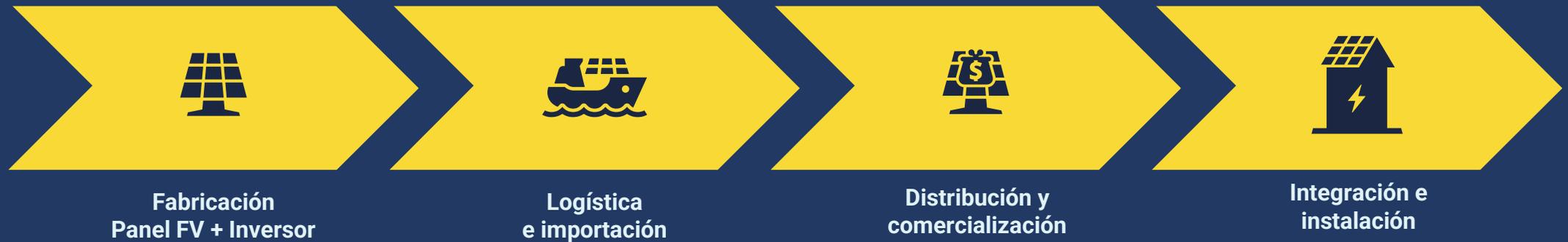
					
Tipo de activos	<ul style="list-style-type: none"> • Energía renovable • Inmuebles 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía renovable • Eficiencia energética 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de impacto ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención, mitigación impacto ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía renovable • Eficiencia energética
Plazo máximo y producto	<ul style="list-style-type: none"> • 10 años • Leasing 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 años • Leasing 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 años • N/A 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 años • Crédito 	<ul style="list-style-type: none"> • Coberturas del seguro:
Montos	<ul style="list-style-type: none"> • 10 años • Máximo maquinaria: COP 10,000 MM • Máximo construcción: COP 30,000 MM 	<ul style="list-style-type: none"> • Sin monto máximo • Monto mínimo de COP 50 MM 	<ul style="list-style-type: none"> • Sin monto máximo • Monto mínimo de COP 1 MM 	<ul style="list-style-type: none"> • COP 2,000 MM 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo del anticipo • Cumplimiento • Estabilidad de la obra • Calidad del bien o servicio • Correcto funcionamiento de los equipos • Repuestos y accesorios
Tasas	<ul style="list-style-type: none"> • Corporativo: IBR + 4% • Pyme: IBR + 6%-7% 	<ul style="list-style-type: none"> • Corporativo: DTF + 7% • Pyme: DTF + 10% 	<ul style="list-style-type: none"> • Fija o variable • Sin datos de tasa 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de redescuento de DTF + 1% 	



Módulo 3.

Evaluación y análisis de viabilidad económica

Cadena de suministro del equipamiento de generación solar distribuida



- **Fabricación:** capital intensivo y grandes economías de escala. Dominio de Asia, principalmente China.
- **Importación:** realizado por empresas locales y extranjeras. Colombia: exención de aranceles de importación.
- **Distribución y comercialización:** Empresas locales o subsidiarias locales de fabricantes.
- **Integración e instalación:** Realizado por empresas locales, ya sea grandes integradores que importan de fábrica, o pequeñas y medianas empresas comercializadoras de productos de distribución oficial.

Principales riesgos y garantías en sistemas de Generación Solar Distribuida (I)

Componentes Principales	Características principales	Estándares de operación	Riesgos y garantías
Módulo Fotovoltaico	<ul style="list-style-type: none"> Fabricado a gran escala por empresas multinacionales. Formado por celdas solares (silicio), cristal de vidrio y capas de protección, estructura y caja de conexiones. Producto modular y de formato estándar. Vida útil mayor a 25 años. 	<ul style="list-style-type: none"> Al ser el componente unitario más costoso del sistema, se debe tener particular cuidado durante su instalación. El mantenimiento se reduce a la inspección visual y a la limpieza, por lo que posee bajo riesgo de rotura. No posee partes móviles, por lo que no existe mantenimiento mecánico. 	<ul style="list-style-type: none"> Los principales fabricantes garantizan la performance, la degradación anual y la vida útil por al menos 20 a 25 años. Los principales riesgos aparecen en caso de instalaciones incorrectas, debido a impactos mecánicos en los módulos, o a fallas eléctricas. Instalación deberá ser realizada por personal idóneo, con todas las protecciones obligatorias.
Inversor de conexión a red	<ul style="list-style-type: none"> Fabricado a gran escala por empresas multinacionales. Equipo electrónico de fácil instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> El inversor es el equipo más sensible, por lo que debe estar protegido del sol, en un lugar seco y con ventilación. Es recomendable realizar una revisión y limpieza periódica de disipadores para evitar sobrecalentamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe asegurar el correcto dimensionamiento e instalación. Los principales proveedores dan garantías de entre 5 y 10 años. Instalación deberá ser realizada por personal idóneo, con todas las protecciones obligatorias.

Principales riesgos y garantías en sistemas de Generación Solar Distribuida (I)

Componentes auxiliares	Características principales	Estándares de operación	Riesgos y garantías
Estructura de montaje	<ul style="list-style-type: none"> Estructuras de anclaje de módulos a las superficies (techos o suelo), con o sin inclinación respecto del plano horizontal. En su mayoría de aluminio, acero galvanizado u otros metales con resistencia a las cargas y eventos meteorológicos y a la exposición de intemperie. 	<ul style="list-style-type: none"> No requiere mayor mantenimiento más que inspección visual y ajuste de sujeción. 	<ul style="list-style-type: none"> Principal riesgo asociado a instalación incorrecta. Es importante la revisión periódica para evitar fallas en el anclaje que lleven a rotura de equipamiento.
Cableado eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Cableado especialmente fabricado para sistemas solares en corriente continua, y exposición de intemperie. 	<ul style="list-style-type: none"> No requiere mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe verificar el correcto conexionado para evitar sobrecalentamiento. Al ser elementos estándar, los riesgos de falla son bajos.
Protecciones eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> Fusibles y sistemas de protección estándar para instalaciones eléctricas. La vida útil es mayor a 10 años, protege al sistema de sobretensiones y otras fallas del tipo eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> No requiere mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Al ser elementos estándar, los riesgos de falla son bajos.

Análisis de viabilidad económica



- Flujo de fondos del proyecto
- Impuestos y beneficios
- Rentabilidad del proyecto

- Principales variables:

Vida útil del proyecto: ~25 años

Ingresos	Egresos
Ahorro por autoconsumo	Inversión inicial (CAPEX)
Ahorro por inyección	Mantenimiento (OPEX)
Efecto impositivo (imp. a la renta, iva, amortizaciones)	
Beneficios Promocionales (impositivos, tributarios)	
Resultados	

Tarifa (\$/kWh)

CAPEX (\$/kWp) y OPEX (\$/kWp/año)

Recurso (kWh/kWp/año)

Financiamiento (monto, tasa, plazo)

Análisis de viabilidad económica



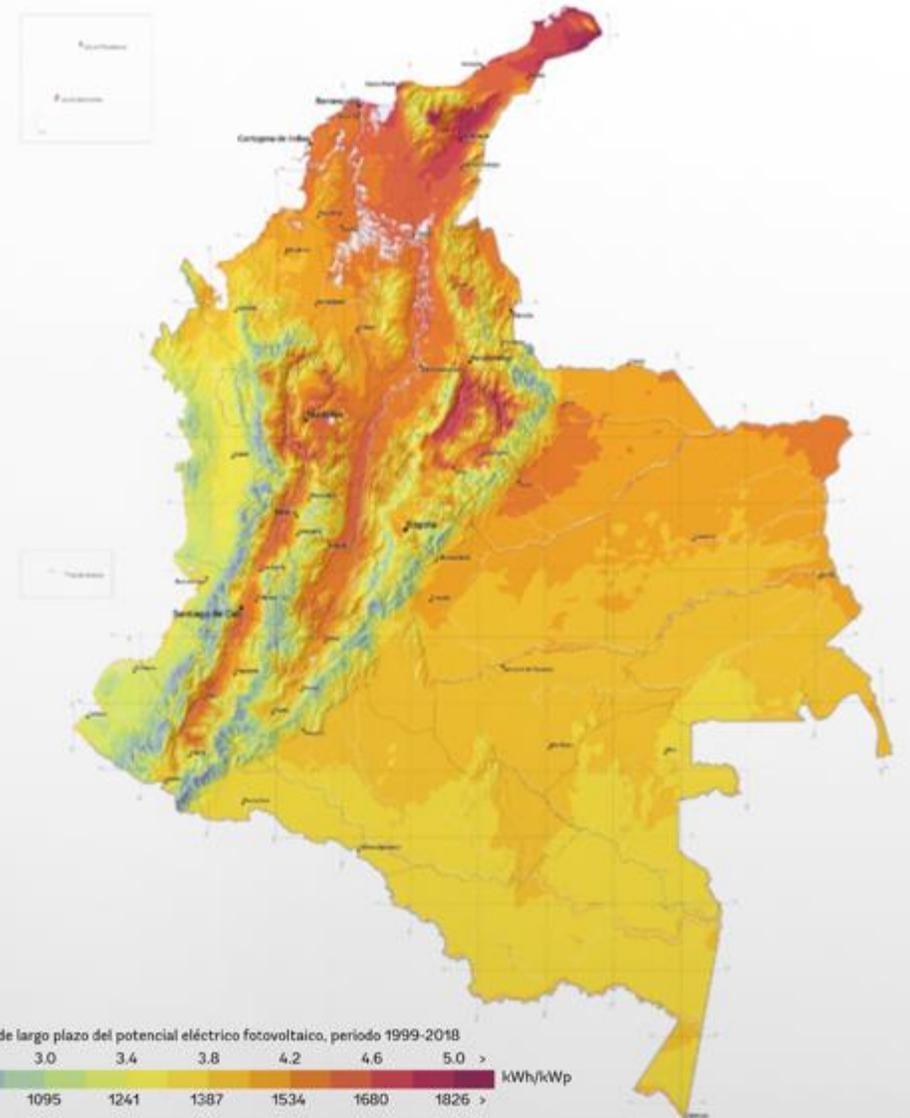
- Flujo de fondos del proyecto
- Impuestos y beneficios
- Rentabilidad del proyecto

- Principales variables:

Ingresos	Egresos
Ahorro por autoconsumo	Inversión inicial (CAPEX)
Ahorro por inyección	Mantenimiento (OPEX)
Efecto impositivo (imp. a la renta, iva, amortizaciones)	
Beneficios Promocionales (impositivos, tributarios)	
Resultados	
Tarifa (\$/kWh)	
CAPEX (\$/kWp) y OPEX (\$/kWp/año)	
Recurso (kWh/kWp/año)	
Financiamiento (monto, tasa, plazo)	

Recurso solar en Colombia: Potencial eléctrico fotovoltaico

El potencial de generación considera un 11% de pérdidas totales en el equipamiento, respecto de la radiación solar incidente.



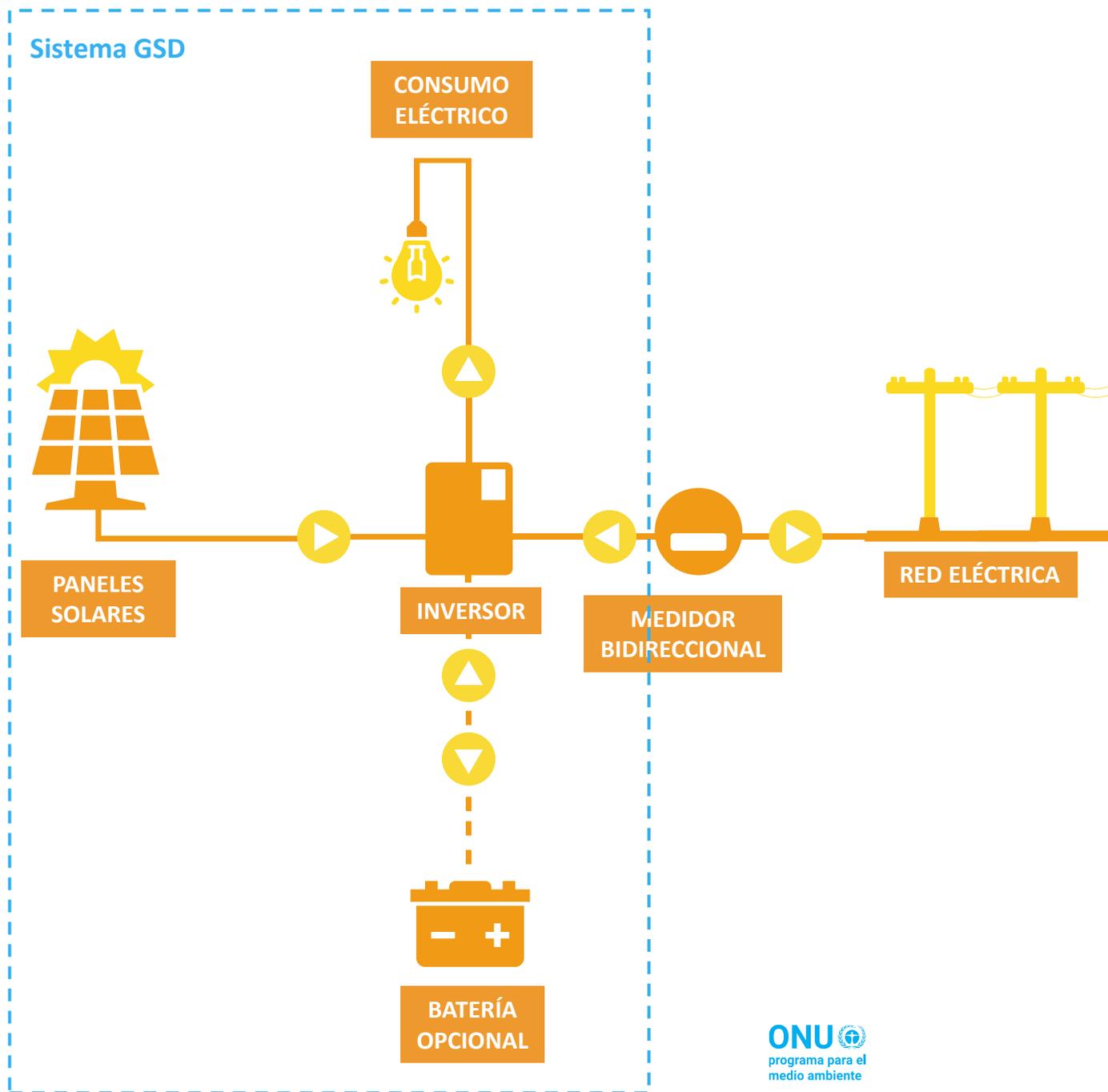
Esquema de remuneración en generación para autoconsumo AGPE (I)

La energía eléctrica que generan los paneles solares alimenta los consumos internos, disminuyendo la demanda de la red. De haber excedentes, los mismos son inyectados a la red.

- **GENERACIÓN SOLAR** = energía autoconsumida (kWh) + energía inyectada (kWh)
- **AHORRO ECONÓMICO** = energía autoconsumida (\$ Tarifa) + energía inyectada (\$ Tarifa de inyección)
- Energía Inyectada = % auto. difererido*\$ Tarifa de inyección + % créditos*\$ Precio Bolsa)

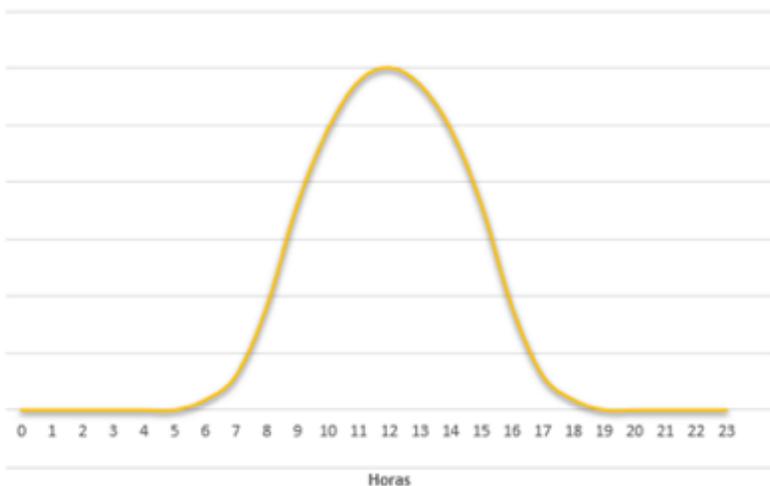
AGPE hasta 100 kW: Tarifa de inyección = Tarifa – Cargo de comercialización (aprox 10% \$Tarifa)

AGPE > 100 kW: Tarifa de inyección = Tarifa – Costo de servicio de red (aprox 40% \$Tarifa)

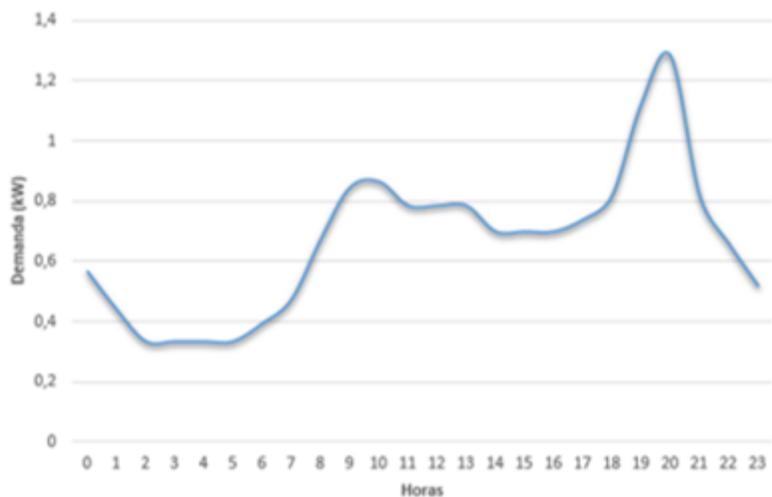


Esquema de remuneración en generación para autoconsumo AGPE (II)

Generación SFV en un día despejado



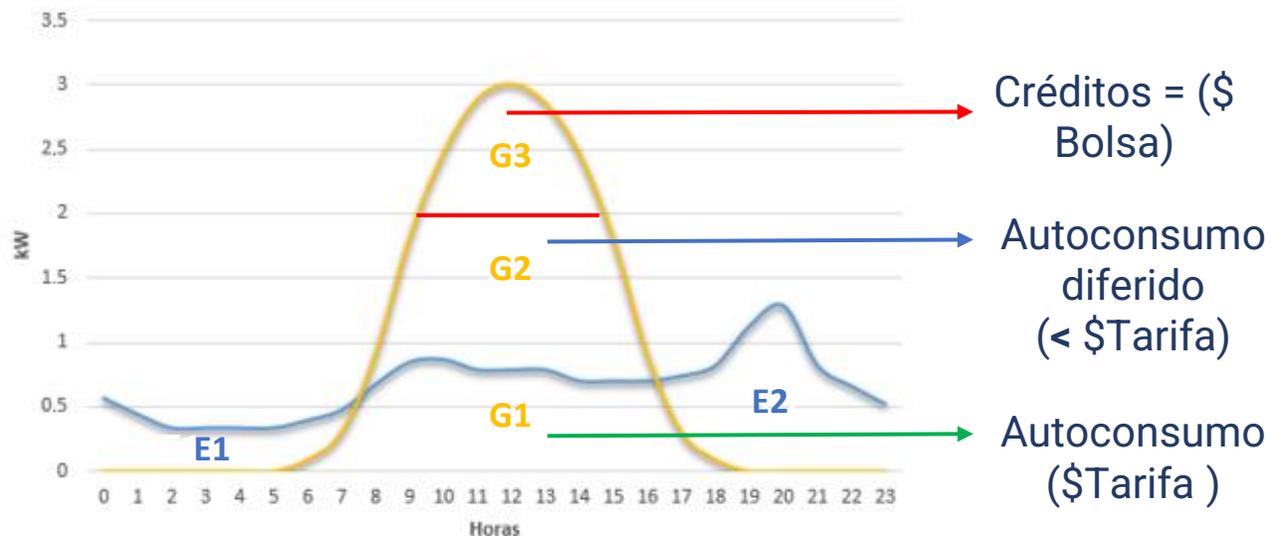
Perfil de consumo típico residencial



AHORRO ECONÓMICO = energía autoconsumida ($\$$ Tarifa) + energía inyectada ($< \$$ Tarifa)

CRÉDITOS = energía inyectada - energía consumida ($\$$ Precio bolsa)

Curvas de generación y consumo típico residencial



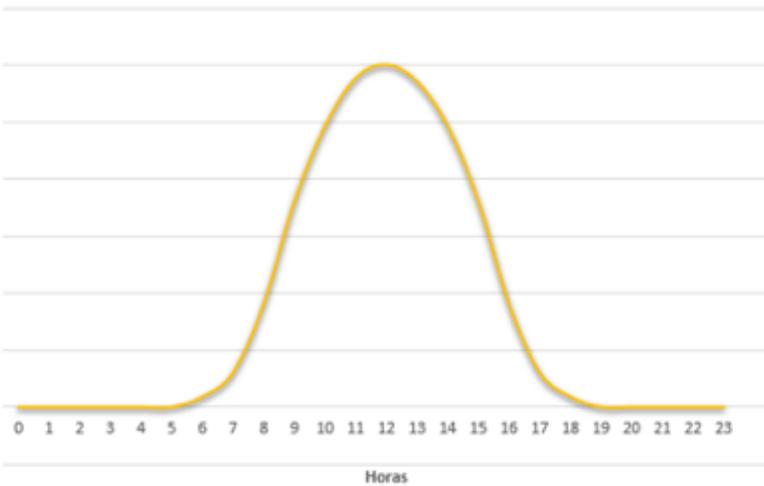
Energía inyectada

$G2 = E1 + E2 \rightarrow \$$ Tarifa de inyección

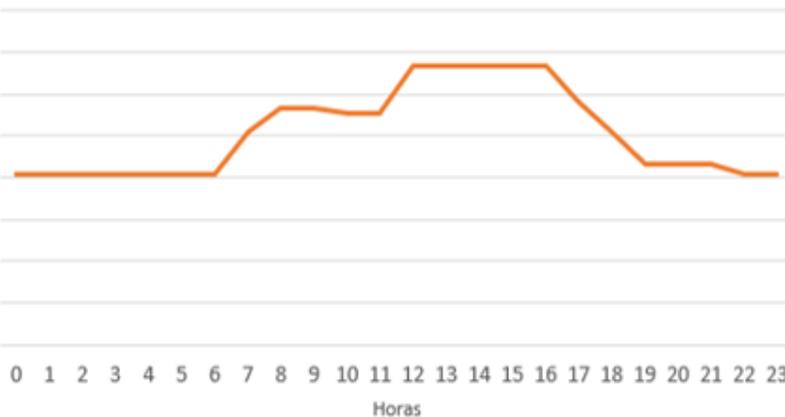
$G3 = \text{créditos} \rightarrow \$$ Precio Bolsa

Esquema de remuneración en generación para autoconsumo AGPE (III)

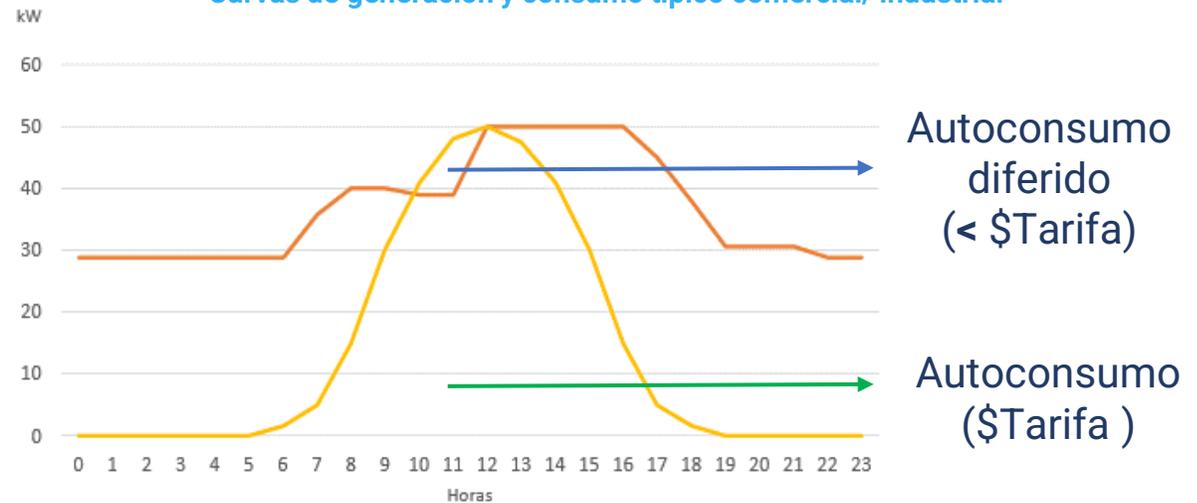
Generación SFV
en un día desneiado



Perfil de consumo típico
comercial/industrial



Curvas de generación y consumo típico comercial/ industrial



AHORRO ECONÓMICO = energía autoconsumida (\$ Tarifa) + energía inyectada (< \$ Tarifa)

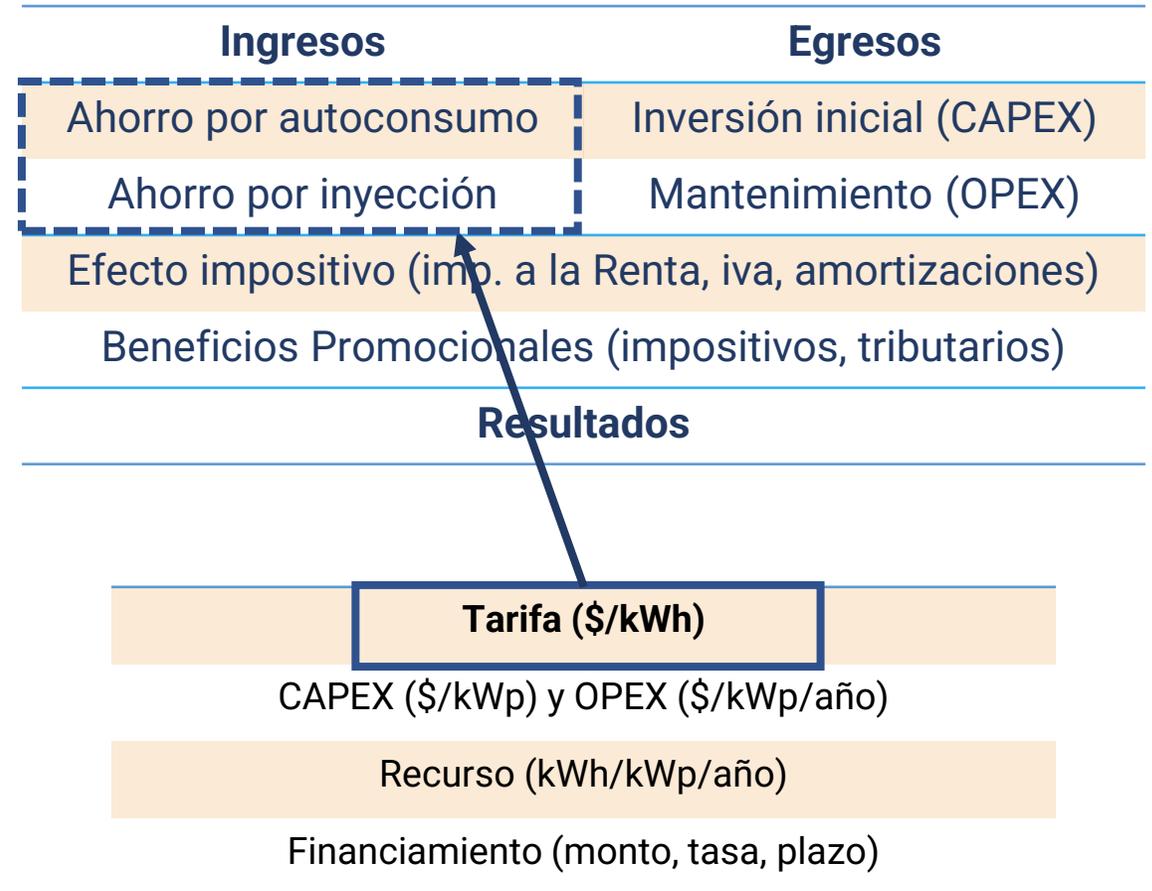
CRÉDITOS = energía inyectada - energía consumida (\$ Precio bolsa) 

Análisis de viabilidad económica



- Flujo de fondos del proyecto
- Impuestos y beneficios
- Rentabilidad del proyecto

- Principales variables:



Estructura tarifaria para usuarios de la red de distribución

Tarifas vigentes para clientes regulados – julio 2022.

Distribuidora	ESTRATO 1	ESTRATO 2	ESTRATO 3	ESTRATO 4	ESTRATO 5 y 6, Ind y Com
CEDENAR S.A. E.S.P.	314,1	392,6	667,5	785,3	942,3
CELSIA COLOMBIA S.A. E.	305,6	382,0	649,4	764,0	916,7
CELSIA COLOMBIA S.A. E.	318,8	398,5	677,4	797,0	956,4
CENS S.A. E.S.P.	294,8	368,4	626,3	736,9	884,2
CEO S.A.S. E.S.P.	345,3	431,6	733,7	863,2	1035,8
CETSA S.A. E.S.P.	297,4	371,7	631,9	743,4	892,1
CHEC S.A. E.S.P.	277,3	346,6	589,2	693,1	831,8
ENEL COLOMBIA S.A. E.S.	281,9	352,3	599,0	704,7	845,6
DISPAC S.A. E.S.P.	312,9	391,1	664,8	782,2	938,6
EBSA S.A. E.S.P.	303,9	379,89,03	645,8	759,8	911,7
EDEQ S.A. E.S.P.	290,2	362,8	616,7	725,5	870,6
EE PUTUMAYO S.A. E.S.P.	343,7	429,6	730,3	859,1	1031,0
EEBP S.A. E.S.P.	340,2	425,3	722,9	850,5	1020,6
EEP S.A. E.S.P. (Pereira)	310,6	388,3	660,1	776,6	931,9
AIR-E S.A.S. E.S.P.	341,8	427,3	726,4	854,5	1025,5
CARIBEMAR DE LA COSTA	317,6	397,0	675,0	794,1	952,9
ELECTROCAQUETÁ S.A. E.	309,3	386,6	608,0	715,3	858,3
ELECTROHUILA S.A. E.S.P.	299,7	374,6	636,8	749,2	899,1
EMCALI E.I.C.E. E.S.P.	320,4	400,5	680,8	801,0	961,2
EEP S.A. E.S.P. (Cartago)	288,2	360,2	612,4	720,5	864,5
EMEESA S.A. E.S.P.	271,6	339,5	577,1	679,0	814,8
EMEVASI S.A. E.S.P.	381,0	476,2	809,5	952,4	1142,9
EMSA S.A. E.S.P.	290,3	362,8	616,8	725,6	870,7
ENELAR S.A. E.S.P.	289,4	361,8	615,1	723,6	868,3
ENERCA S.A. E.S.P.	277,7	347,2	590,2	694,4	833,2
ENERGUVIARE E.S.P.	276,3	345,6	567,1	690,7	828,8
EPM E.S.P.	293,3	366,7	623,4	733,4	880,0
ESSA S.A. E.S.P.	309,3	386,7	657,4	773,4	928,0
RUITOQUE S.A. E.S.P.				736,8	884,1

$$CU_{v,n,m} = G_m + T_m + D_{n,m} + C_{v,m} + PR_{n,m} + R_m$$

↓ Generación 30%
↓ Transmisión 7%
↓ Distribución 40%
↓ Comercialización 13%
↓ Pérdidas 7%
↓ Restricciones 3%

AGPE hasta 100 kW: T. de inyección = Tarifa – Cargo de comercialización => 87% de \$Tarifa
 AGPE > 100 kW: T. de inyección = Tarifa – Costo de servicio de red => 43% de \$Tarifa

Análisis de viabilidad económica

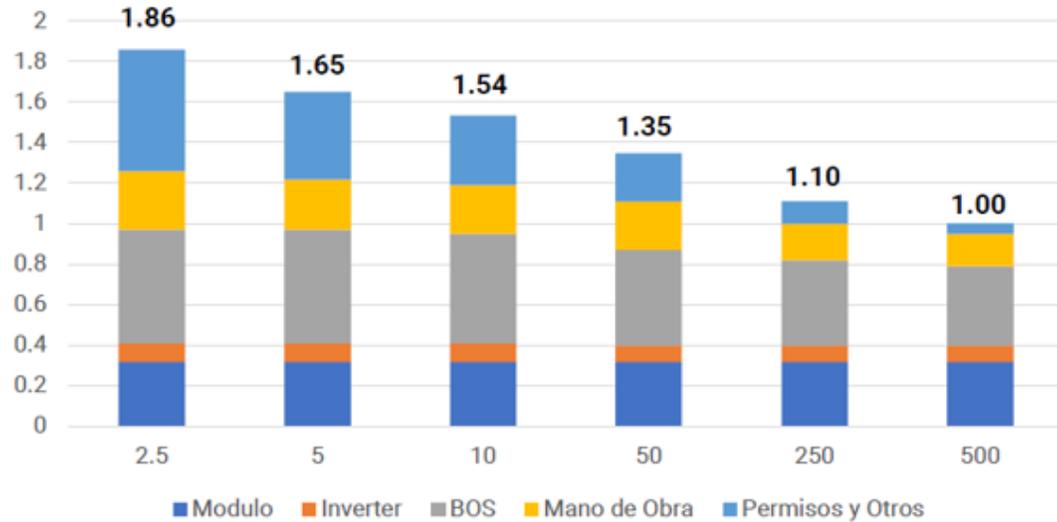


- Flujo de fondos del proyecto
- Impuestos y beneficios
- Rentabilidad del proyecto

- Principales variables:

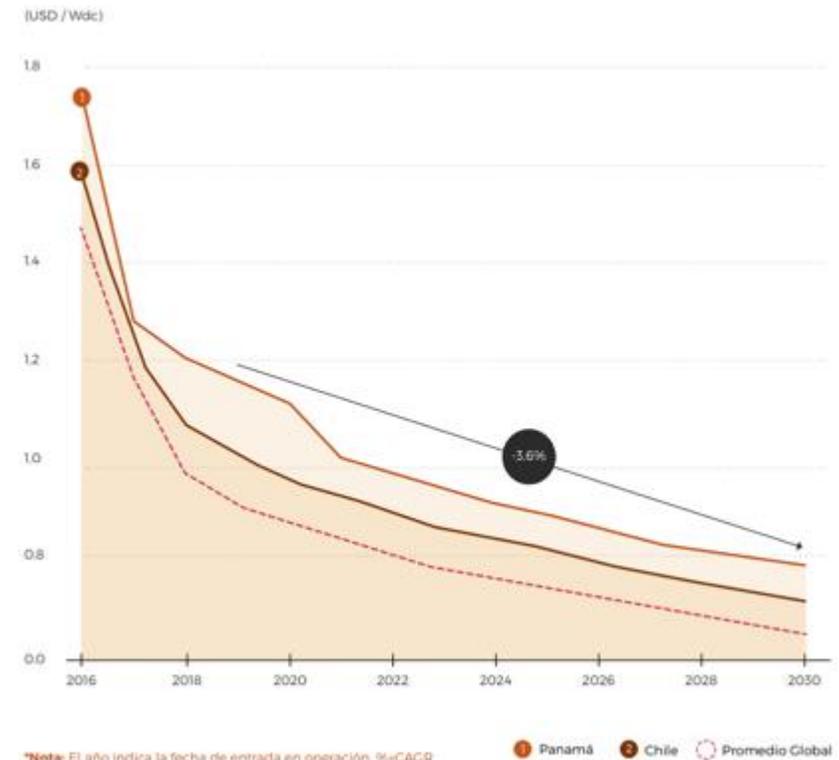
Ingresos	Egresos
Ahorro por autoconsumo	Inversión inicial (CAPEX)
Ahorro por inyección	Mantenimiento (OPEX)
Efecto impositivo (imp. a la Renta, iva, amortizaciones)	
Beneficios Promocionales (impositivos, tributarios)	
Resultados	
Tarifa (\$/kWh)	
CAPEX (\$/kWp) y OPEX (\$/kWp/año)	
Recurso (kWh/kWp/año)	
Financiamiento (monto, tasa, plazo)	

Estructura de costos de sistemas GSD en Colombia (en USD/Wp, 2019)



Fuente: Generación SOLE, UNEP, 2021.

Estimación de CAPEX solar PV durante 2019-2030e. USD/W. Fuente: Wood Mackenzie.



Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2019.

Relevamiento de costos del sistema

Los costos blandos (mano de obra, permisos, otros) tienen menor incidencia en el precio final de la instalación a medida que crece la escala del proyecto. La escala también favorece a algunos costos como estructuras y cableado, aunque su efecto es menor.

Mantenimiento preventivo

(tareas periódicas)

Las tareas de mantenimiento son muy pocas, sencillas y económicas.

- Limpieza de los módulos.
- Revisión de condiciones del entorno *(ventilación, impacto del sol, etc.)*
- Estado de equipamiento eléctrico *(inspección visual y operativa)*.

Para instalaciones más grandes, se considera usualmente un % de la inversión inicial (entre el 0.5% y el 2% anual).

Mantenimiento correctivo

(reparación o reemplazo de equipamiento)

- Con un correcto mantenimiento e inspección periódica, el equipamiento es capaz de durar toda la vida del proyecto (25+ años).
- Los módulos poseen degradación (~0.4%/y).
- Se considera reposición de inversores.

Fuentes:

Generación SOLE, UNEP, 2021.

“Guía de mantenimiento de sistemas fotovoltaicos”, Min. Energía de Chile, 2016.

Análisis de viabilidad económica



- Flujo de fondos del proyecto
- Impuestos y beneficios
- Rentabilidad del proyecto

- Principales variables:

Ingresos	Egresos
Ahorro por autoconsumo	Inversión inicial (CAPEX)
Ahorro por inyección	Mantenimiento (OPEX)
Efecto impositivo (imp. a la Renta, iva, amortizaciones)	
Beneficios Promocionales (impositivos, tributarios)	
Resultados	

Tarifa (\$/kWh)

CAPEX (\$/kWp) y OPEX (\$/kWp/año)

Recurso (kWh/kWp/año)

Financiamiento (monto, tasa, plazo)

Incentivos y beneficios promocionales

A partir de la Ley N° 1.715 de 2014, y el Decreto N° 2.143 de 2015, se incluyen los siguientes beneficios promocionales para estimular la inversión, investigación y desarrollo de fuentes no convencionales de energía (FNCE):

- **Deducción especial en la determinación del impuesto a la renta:** hasta el 50% del valor de las inversiones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de FNCE. El valor a deducir anualmente no podrá superar el 50% de la renta líquida del contribuyente.
- **Depreciación acelerada:** La proporción de valor del activo no podrá superar el 20% anual. La tasa anual de depreciación, de acuerdo con la nueva Ley N° 2.099 de 2021, podrá ser de hasta 33,33% anual.
- **Exención de bienes e IVA:** para la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos nacionales o importados.
- **Exención de aranceles:** para la importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos de FNCE.

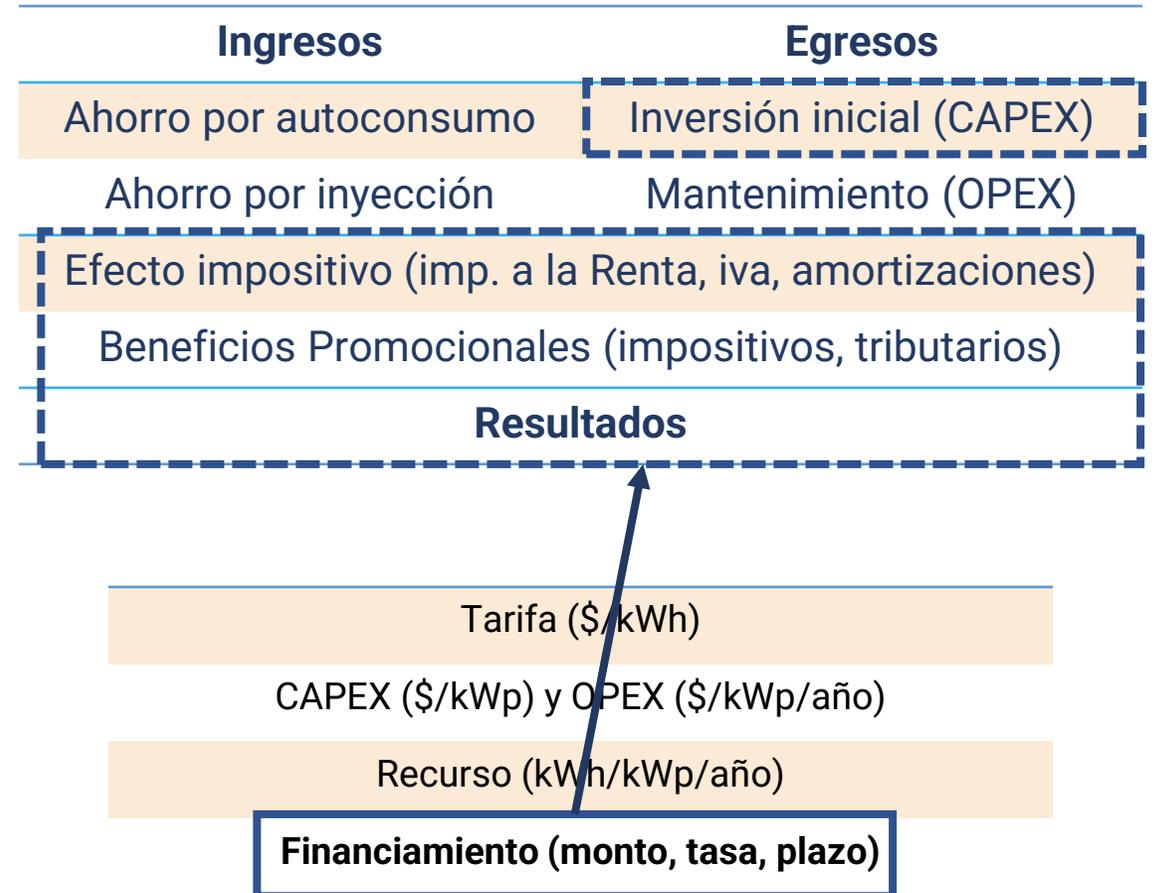
Análisis de viabilidad económica



- Flujo de fondos del proyecto
- Impuestos y beneficios
- Rentabilidad del proyecto

- Principales variables:

Las variables financieras (monto, tasa de interés y plazo) resultan determinantes para la rentabilidad del proyecto



Beneficios ambientales de la generación solar distribuida

La generación de energía mediante fuente solar fotovoltaica, reduce la emisión de gases de efecto invernadero provenientes de la actividad de generación de energía eléctrica.

- Factor de emisiones de carbono de Colombia (FE) – Año 2021:
ton CO₂/MWh = 0,12638 Fuente: Operador de Mercado XM ([enlace](#))
- **Cálculo de emisiones evitadas:**
Generación anual de energía eléctrica (MWh/año) x FE (ton CO₂/MWh)
 - ❖ *Un sistema de 5 kW (Residencial) genera 6.8 MWh y evita la emisión de **0,9 ton CO₂** cada año.*
 - ❖ *Un sistema de 20 kW (Comercial) genera 13.6 MWh y evita la emisión de **3,5 ton CO₂** cada año.*
 - ❖ *Un sistema de 250 kW (Industrial) genera 340.6 MWh y evita la emisión de **86 ton CO₂** cada año.*



Generación de empleo calificado en el sector de generación distribuida

La Generación Distribuida puede contribuir a la recuperación económica de Colombia en el escenario post COVID-19, siendo una fuente importante de generación de empleos con equidad de género.

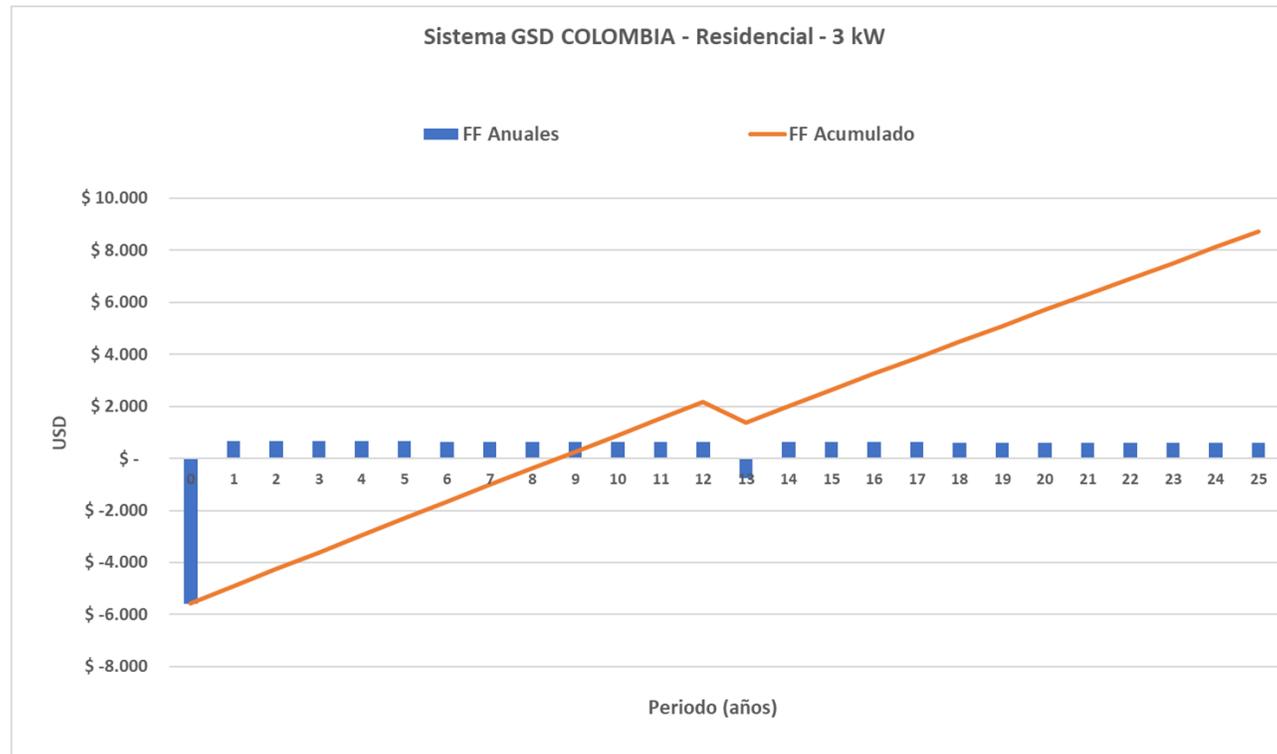




- Según estimaciones de la Cámara Panameña de Energía Solar (CAPES), los 40 MW instalados de generación distribuida al cierre del año 2020 emplearon más de 400 trabajadores en todo el país.
- En México se ha cuantificado un requerimiento de 11.320 empleos por cada GW de capacidad instalada de generación solar distribuida.
- A partir del análisis realizado por Generación SOLE, se ha estimado la necesidad de 85.000 nuevos empleos en diferentes regiones del país para desarrollar el potencial inmediato de 471.000 sistemas GSD por un total de 7.424 MW en Colombia.
- En términos promedio puede utilizarse el factor: 11,3 empleos/MW instalado.

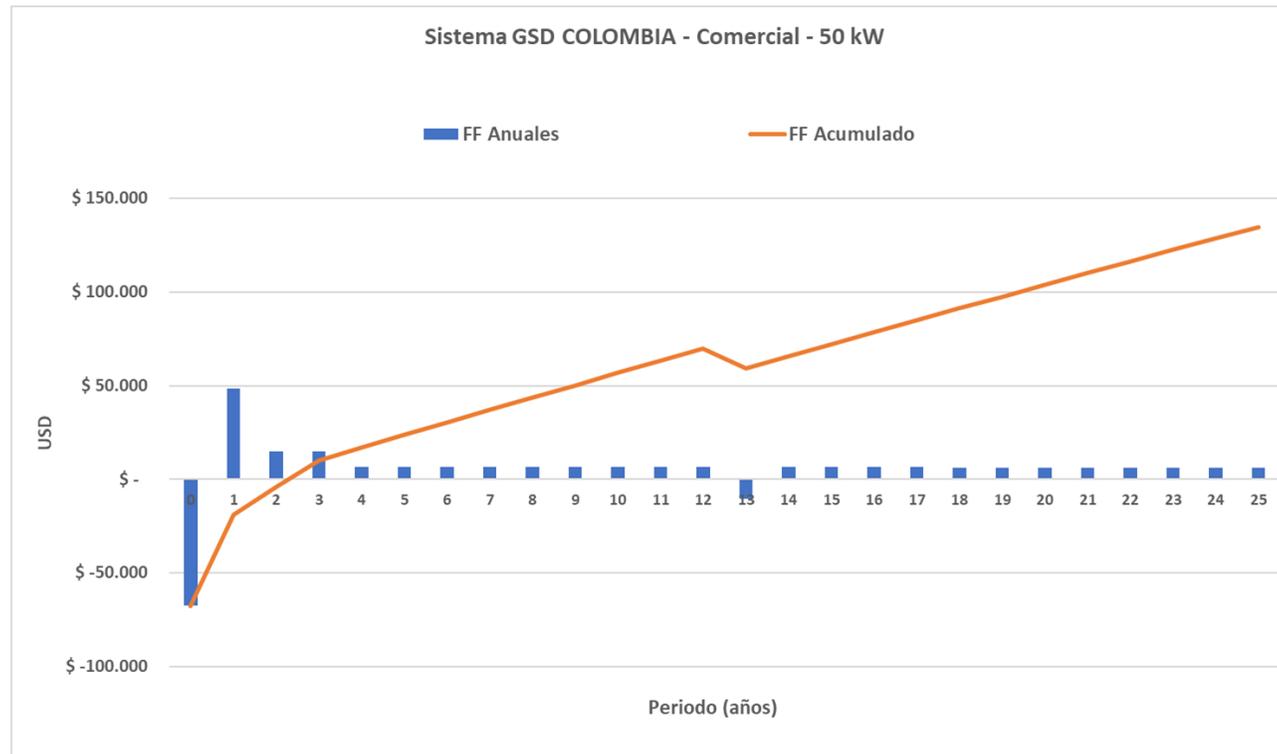
Escenarios de viabilidad económica: Proyecto RESIDENCIAL

- Proyecto residencial de **3 kW** – Distribuidora Celsia Valle (tarifa promedio); Cliente Estrato 4.
- Se considera **90%** de autoconsumo.
- Se considera exención de IVA sobre compra e instalación de equipos. No considera beneficio fiscal.
- Precio por capacidad instalada: 1,86 USD/W
- **PBP: 9 años**



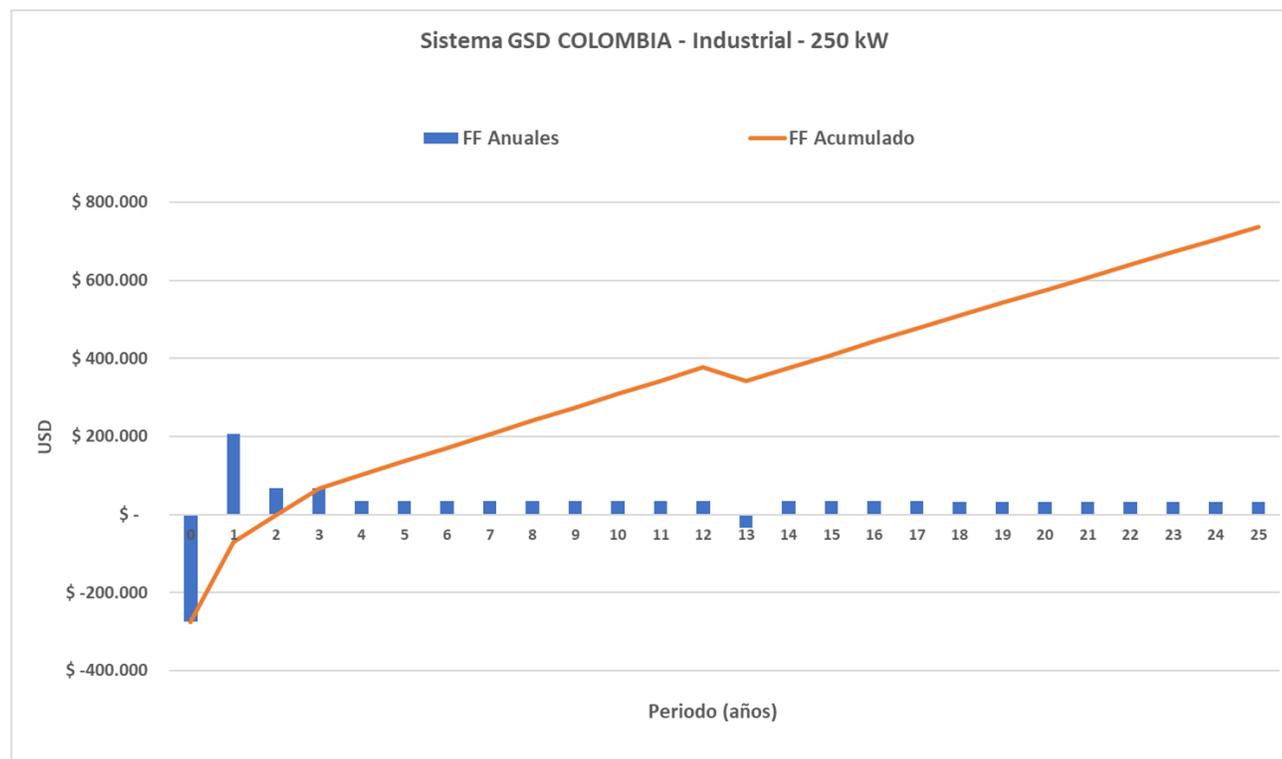
Escenarios de viabilidad económica: Proyecto COMERCIAL

- Proyecto comercial de **50 kW** – Distribuidora Enel (tarifa debajo del promedio).
- Se considera **60%** de autoconsumo.
- Se considera exención de IVA sobre compra e instalación de equipos. Se considera beneficio fiscal (50% SIR).
- Precio por capacidad instalada: 1,35 USD/W
- **PBP: 3 años**

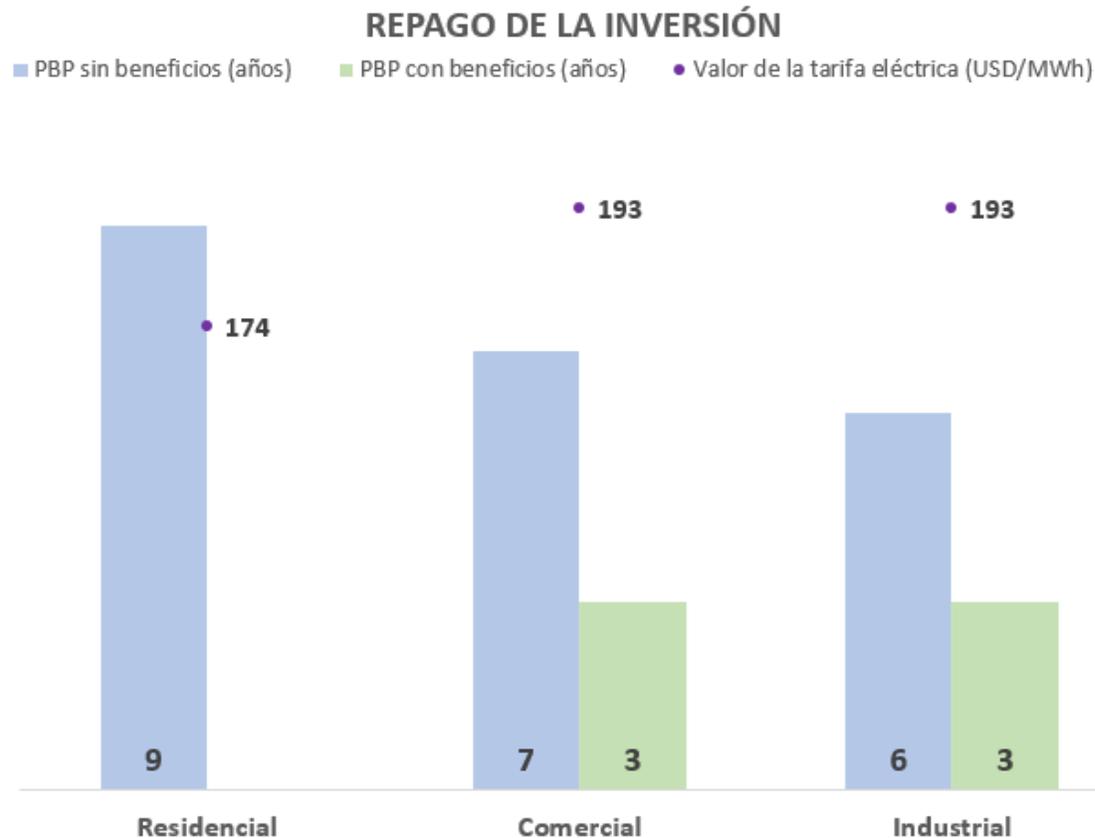


Escenarios de viabilidad económica: Proyecto INDUSTRIAL

- Proyecto industrial de **250 kW** – Distribuidora Enel (tarifa debajo del promedio).
- Se considera **100%** de autoconsumo.
- Se considera exención de IVA sobre compra e instalación de equipos. Se considera beneficio fiscal (50% SIR).
- Precio por capacidad instalada: 1,1 USD/W
- **PBP: 3 años**



Escenarios de viabilidad económica: Períodos de repago



Se considera:

- Distribuidor de tarifa promedio nacional.
- Residencial: Estrato 4 – SGD de 3 kWp
- Comercial: SGD de 50 kWp
- Industrial: SGD de 250 kWp
- Capex: IVA exento
- Comercial e industrial: Beneficio 50% ISR



Módulo 4.

Práctica y actividad final



Principales variables del análisis de viabilidad económica



	Ingresos	Egresos
● Generación de energía	Ahorro por autoconsumo	Inversión inicial (CAPEX)
	Ahorro por inyección	Mantenimiento (OPEX)
● Impuestos	Impuestos	
	Beneficios Promocionales (opcional)	
	Resultados	
● Variables influyentes:	Tarifa (\$/kWh)	
	CAPEX (\$/Wp) y OPEX (\$/Wp/año)	
	Recurso (kWh/kWp/año)	
	Tasa de descuento, otros impuestos	
● Vida útil del proyecto ~25 años (+ generación)		

Tarifas de energía eléctrica en Colombia

Tarifas al usuario final - Julio 2022						
Distribuidora	ESTRATO 1	ESTRATO 2	ESTRATO 3	ESTRATO 4	ESTRATO 5	ESTRATO 6, Com, Ind
CEDENAR S.A. E.S.P.	314,1	392,6	667,5	785,3	942,3	942,3
CELSIA COLOMBIA S.A. E.	305,6	382,0	649,4	764,0	916,7	916,7
CELSIA COLOMBIA S.A. E.	318,8	398,5	677,4	797,0	956,4	956,4
CENS S.A. E.S.P.	294,8	368,4	626,3	736,9	884,2	884,2
CEO S.A.S. E.S.P.	345,3	431,6	733,7	863,2	1035,8	1035,8
CE TSA S.A. E.S.P.	297,4	371,7	631,9	743,4	892,1	892,1
CHEC S.A. E.S.P.	277,3	346,6	589,2	693,1	831,8	831,8
ENEL COLOMBIA S.A. E.S.	281,9	352,3	599,0	704,7	845,6	845,6
DISPAC S.A. E.S.P.	312,9	391,1	664,8	782,2	938,6	938,6
EBSA S.A. E.S.P.	303,9	379,89,03	645,8	759,8	911,7	911,7
EDEQ S.A. E.S.P.	290,2	362,8	616,7	725,5	870,6	870,6
EE PUTUMAYO S.A. E.S.P.	343,7	429,6	730,3	859,1	1031,0	1031,0
EEBP S.A. E.S.P.	340,2	425,3	722,9	850,5	1020,6	1020,6
EEP S.A. E.S.P. (Pereira)	310,6	388,3	660,1	776,6	931,9	931,9
AIR-E S.A.S. E.S.P.	341,8	427,3	726,4	854,5	1025,5	1025,5
CARIBEMAR DE LA COSTA	317,6	397,0	675,0	794,1	952,9	952,9
ELECTROCAQUETÁ S.A. E.	309,3	386,6	608,0	715,3	858,3	858,3
ELECTROHUILA S.A. E.S.P.	299,7	374,6	636,8	749,2	899,1	899,1
EMCALI E.I.C.E. E.S.P.	320,4	400,5	680,8	801,0	961,2	961,2
EEP S.A. E.S.P. (Cartago)	288,2	360,2	612,4	720,5	864,5	864,5
EMEESA S.A. E.S.P.	271,6	339,5	577,1	679,0	814,8	814,8
EMEVASI S.A. E.S.P.	381,0	476,2	809,5	952,4	1142,9	1142,9
EMSA S.A. E.S.P.	290,3	362,8	616,8	725,6	870,7	870,7
ENELAR S.A. E.S.P.	289,4	361,8	615,1	723,6	868,3	868,3
ENERCA S.A. E.S.P.	277,7	347,2	590,2	694,4	833,2	833,2
ENERGUIARE E.S.P.	276,3	345,6	567,1	690,7	828,8	828,8
EPM E.S.P.	293,3	366,7	623,4	733,4	880,0	880,0
ESSA S.A. E.S.P.	309,3	386,7	657,4	773,4	928,0	928,0
RUITOQUE S.A. E.S.P.				736,8	884,1	884,1

Costo Unitario de Prestación de Servicio - CU

$$CU_{n,m} = G_m + T_m + D_{n,m} + C_{v,m} + PR_{n,m} + R_m$$

Generación 30% Transmisión 7% Distribución 40% Comercialización 13% Pérdidas 7% Restricciones 3%

Estrato / Segmento	Tarifa en función de CU
Residencial – Estrato 1	CU * (1-0,60)
Residencial – Estrato 2	CU * (1-0,50)
Residencial – Estrato 3	CU * (1-0,15)
Residencial – Estrato 4	CU
Residencial – Estrato 5	CU * (1+0,20)
Residencial – Estrato 6	CU * (1+0,20)
Comercial	CU * (1+0,20)
Industrial	CU * (1+0,20)
Oficial	CU

Tarifa de inyección (Autoconsumo diferido):

AGPE hasta 100 kW: CU - Cv

AGPE > 100 kW: CU – (T + D + Cv + PR + R)

Tarifa de inyección (Créditos de excedente):

Precio Bolsa (Prom 2021/2022)

Autoconsumo típico por segmento

%	Residencial	Comercial	Industrial
Autoconsumo	50%	70%	90%
Inyección (Autoconsumo diferido)	40%	30%	10%
Inyección (excedente)	10%	0%	0%

Minimizar (dimensionar el sistema para autoconsumo)

Costos de instalación y mantenimiento de referencia

Tamaño de sistema	CAPEX (USD/Wp) c/IVA	OPEX (USD/kWp/año)	
0 a 5 kW	\$ 1,86	1,5% del CAPEX	(cada 3 años)
<5 – 10> kW	\$ 1,65	1,5% del CAPEX	Anualmente
<10 – 50> kW	\$ 1,54	1,5% del CAPEX	Anualmente
<50 – 250> kW	\$ 1,35	1,5% del CAPEX	Anualmente
<250 – 500> kW	\$ 1,10	1,5% del CAPEX	Anualmente
>500 kW	\$ 1,00	1,5% del CAPEX	Anualmente

Recurso Solar y generación específica.

Departamento	Ubicación	Irradiación (kWh/m ²)	Generación específica (kWh/kWp/y)
Amazonas	Leticia	4,61	1.235
Antioquia	Medellín	5,13	1.402
Arauca	Arauca	5,21	1.406
Atlántico	Barranquilla	5,61	1.537
Bogotá	Bogotá	4,5	1.270
Bolívar	Cartagena	5,61	1.526
Boyacá	Tunja	5,62	1.585
Caldas	Manizales	4,28	1.191
Caquetá	Florencia	4,58	1.233
Casanare	Yopal	5,27	1.454
Cauca	Popayán	4,45	1.249
Cesar	Valledupar	5,85	1.542
Chocó	Quibdó	4,39	1.192
Córdoba	Montería	5,16	1.359
Cundinamarca	Bogotá	4,5	1.270
Guainía	Inírida	5,12	1.359
Guaviare	San José del Guaviare	4,9	1.306
Huila	Neiva	5,09	1.424
La Guajira	Riohacha	5,83	1.600
Magdalena	Santa Marta	5,8	1.627
Meta	Villavicencio	4,53	1.267
Nariño	Pasto	4,42	1.262
Norte de Santander	Cúcuta	5,14	1.405
Putumayo	Mocoa	3,97	1.113
Quindío	Armenia	4,3	1.212
Risaralda	Pereira	4,44	1.229
San Andrés y Providencia	San Andrés	5,52	1.536
Santander	Bucaramanga	4,61	1.269
Sucre	Sincelejo	5,26	1.399
Tolima	Ibagué	4,64	1.289
Valle del Cauca	Cali	5,11	1.427
Vaupés	Mitú	4,67	1.252
Vichada	Puerto Carreño	5,65	1.494
Promedio Nacional		4,96	1.361

Fuente: Generación SOLE, UNEP.

Escenarios de viabilidad económica: Selección e ingreso de datos

Generación Solar Distribuida en Colombia	
Análisis de viabilidad económica	
	
Datos del Usuario	
Departamento	Bogotá
Distribuidor	ENEL COLOMBIA S.A. E.S.P.
Tipo de usuario	Industrial
Tipo de tarifa	Industrial
Consumo anual estimado (MWh/año)	152,80
Tarifa de demanda (\$/MWh)	193,1
Tarifa de inyección (aut.diferido) AGPE hasta 100 kW (\$/MWh)	179,1
Tarifa de inyección (aut.diferido) AGPE > 100 kW (\$/MWh)	101,7
Créditos - Precio bolsa PROM (\$/MWh)	44,8
Datos del sistema	
Recurso solar (kWh/kWp/año)	1.270,0
Capacidad instalada (kW)	250,0
Costo de instalación sin IVA (\$/W)	1,10
Costo de mantenimiento sin IVA (\$/W/año)	4.125,0
Autoconsumo (%)	100%
Degradación anual SFV (%MWh/año)	0,4%
Costo del equipamiento + instalación (\$)	275.000,0
Generación anual neta (MWh/año)	317,50
Variables económicas/ impositivas	
Tasa de cambio (COP/\$)	4.380
IVA (%)	19%
ISR (%)	35%
Amortización (años)	3
Tasa de descuento (%)	8%
Beneficio: CERTIFICADO DE CRÉDITO FISCAL	50%

Seleccionar:

- . Departamento
- . Empresa Distribuidora
- . Tipo de usuario
- . Tarifa



→ Ajustar consumo anual de ser necesario

→ Seleccionar tamaño de sistema

→ Seleccionar autoconsumo

→ Ajustar tasa de cambio

→ Ajustar tasa de descuento

Escenarios de viabilidad económica: Flujo de fondos del proyecto

(...)

Flujo de Fondos del Proyecto								
Periodo anual	0	1	2	25				
Generación de energía cada año (MWh/año)		317,50	316,23	288,38				
Emissiones anuales evitadas (tonCO ₂ /año)		40,13	39,97	36,45				
INGRESOS								
Ahorro por autoconsumo de energía SFV	\$	61.297	\$	61.052	\$	55.676		
Ahorro por inyección de energía SFV (Autoconsumo diferido)	\$	-	\$	-	\$	-		
Ahorro por inyección de energía SFV (créditos de excedentes)	\$	-	\$	-	\$	-		
EGRESOS								
Compra e instalación de equipamiento	\$	-275.000						
Mantenimiento	\$	-4.125	\$	-4.125	\$	-4.125		
IMPUESTOS								
IVA	\$	-	\$	-	\$	-		
Impuesto a la renta	\$	10.629	\$	10.715	\$	-19.486		
BENEFICIOS PROMOCIONALES								
Certificado de Crédito Fiscal	\$	137.500						
TOTAL								
Saldo de Caja (USD)	\$	-275.000	\$	205.301	\$	67.642	\$	32.064
Saldo Acumulado (USD)	\$	-275.000	\$	-69.699	\$	-2.056	\$	736.576

- Años de vida útil del sistema
- Generación de Energía
- Ahorro por autoconsumo
- Ahorro por autoconsumo diferido
- Ahorro por créditos excedentes
- CAPEX
- OPEX
- Impuestos
- Incentivos
- RESULTADOS

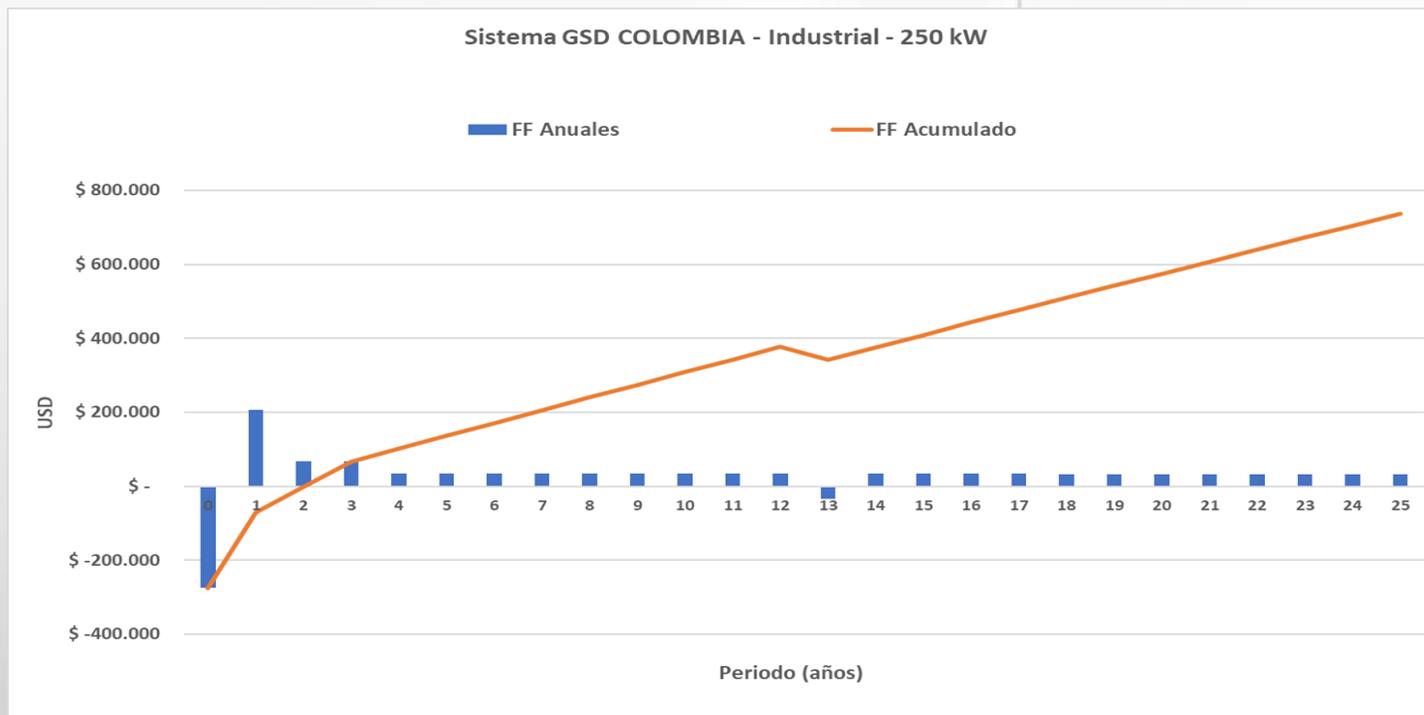
Escenarios de viabilidad económica: Análisis de resultados

Resultados financieros del proyecto sin financiamiento

VAN	\$ 277.350,96	\$
TIR	30,77%	%
Periodo de Repago	3	AÑOS

Resultados ambientales del proyecto

Emisiones evitadas	40,13	ton CO ₂ /año
Emisiones evitadas en vida útil	956	ton CO ₂

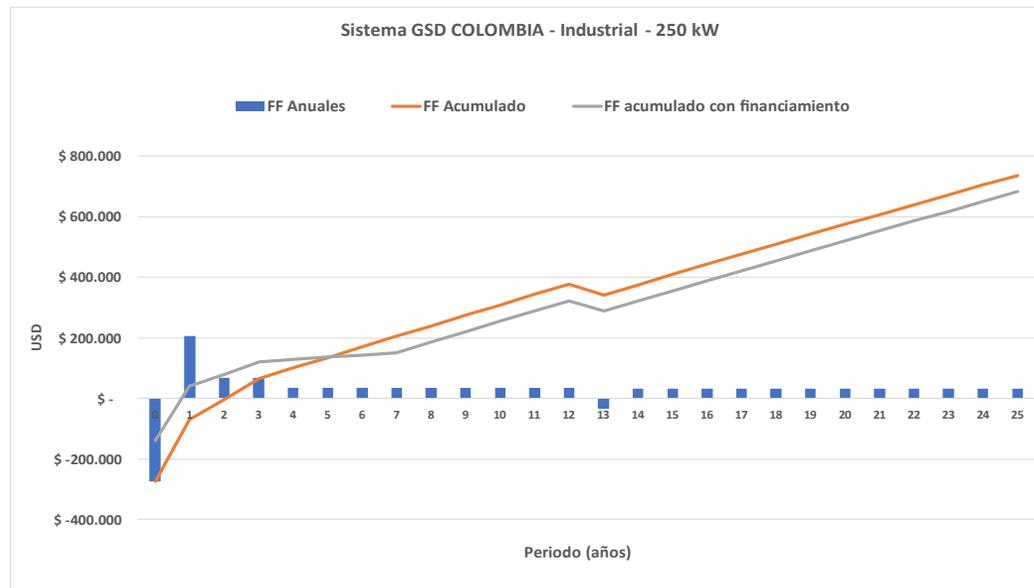


Escenarios de viabilidad económica: Ejemplo con FINANCIAMIENTO

Características financieras del proyecto

Monto a financiar (%)	50%
Tasa de financiamiento (TEA) (%)	9%
Plazo de financiamiento (años)	7
Monto de la inversión financiada (\$)	137.500,0

→ Ingresar condiciones de financiamiento (Monto, tasa, plazo)



Resultados financieros del proyecto financiado

VAN	\$ 272.613,21	\$
TIR	63,21%	%
Periodo de Repago	1	AÑOS

Resultados ambientales del proyecto

Emisiones evitadas	40,13	ton CO ₂ /año
Emisiones evitadas en vida útil	956	ton CO ₂

Ejercicio 1

1. Calcular el periodo de repago de un sistema comercial de generación solar distribuida de 5 kW ubicado en Bogotá (Distribuidora ENEL). Considerar un autoconsumo del 80%.

Ejercicio 2

2. Calcular el periodo de repago de un sistema residencial de generación solar distribuida de 5 kW ubicado en Bogotá (Distribuidora ENEL). Considerar un autoconsumo del 50%, y un cliente de Estrato 5. Comparar los resultados con el ejercicio anterior.



Ejercicio 3

3. Calcular el ahorro económico mensual promedio en la factura de un cliente residencial de Medellín (Distribuidora EPM) con tarifa Estrato 5 que instala un sistema de generación solar distribuida de 5 kW. Considerar 60% de autoconsumo.



Ejercicio 4

4. Estimar la tasa de interés máxima a pagar por un crédito por el 60% del CAPEX a 10 años, tal que permita al cliente residencial del *ejercicio 3* el pago de la cuota anual del préstamo con el ahorro causado por el sistema de generación solar distribuida.

Ejercicio 5

5. Estimar el período de repago para un cliente comercial de Santander (Distribuidora ESSA), al instalar un sistema de 50 kW con un autoconsumo del 100%. Luego, ¿Cuál sería el período de repago en caso de financiar el 50% de la inversión con un préstamo a 7 años a una tasa efectiva anual del 12%?



Modelos financieros comúnmente utilizados: financiamiento de capital, leasing y ESCO

El capital necesario para este tipo de instalaciones hace que una gran cantidad de usuarios no logren acceder a su sistema, ya que se requiere un desembolso significativo al inicio del proyecto para la compra e instalación de equipos.



- **Financiamiento de capital:** financiamiento con monto, tasa y plazo determinado.
- **Leasing:** modelo de alquiler de equipamiento a cuota fija. El usuario no es dueño del sistema pero aprovecha sus beneficios.
- **ESCO** (*Energy Service Company* Empresa de Servicios de Energía): la empresa vende energía a un precio menor a la tarifa mediante la instalación del equipamiento en el sitio del usuario a cambio de una determinada cuota en función del rendimiento del sistema (aceptación de riesgo).



Eliminan barreras de entrada para el despliegue de las tecnologías de transición



Crean un flujo de ingresos y dinamizan el mercado y la actividad



Con diseño flexible se ajustan a diferentes clientes y sectores

Recomendaciones para la creación de productos financieros

1

Optimizar el proceso de evaluación de riesgo técnico de los proyectos, para facilitar el proceso de evaluación y otorgamiento de créditos, disminuyendo el riesgo percibido para la banca.



2

Aprovechar las sinergias con productos financieros existentes mejorando las condiciones crediticias, y manteniendo al mismo tiempo que una sólida estructura de garantías.

3

Crear nuevos canales de venta y optimizar canales existentes, que aumenten llegada a clientes finales, disminuyendo riesgo y los costos de transacción de los proyectos.

4

Disminuir la exposición al riesgo de la banca mediante **implementación de herramientas probadas**, incorporando mecanismos utilizados en otros mercados.

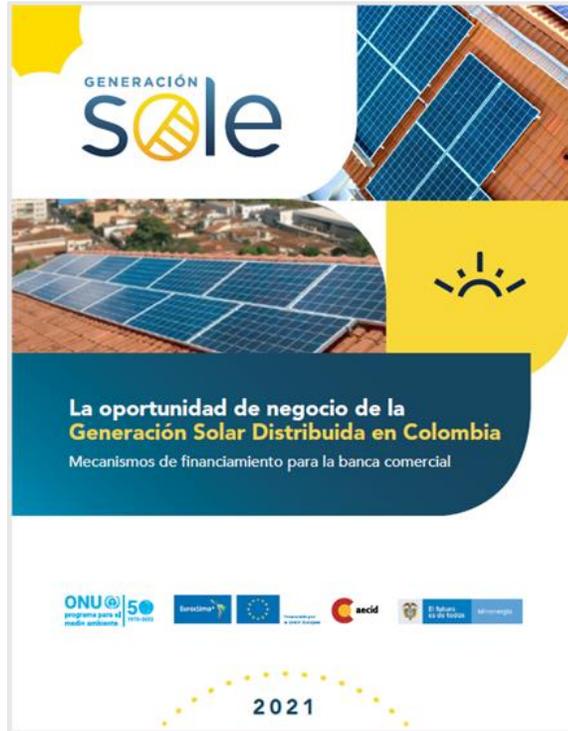
5

Colaborar con el proceso de **concientización y educación de los usuarios acerca de los beneficios** económicos, ambientales y sociales de los sistemas de GSD.



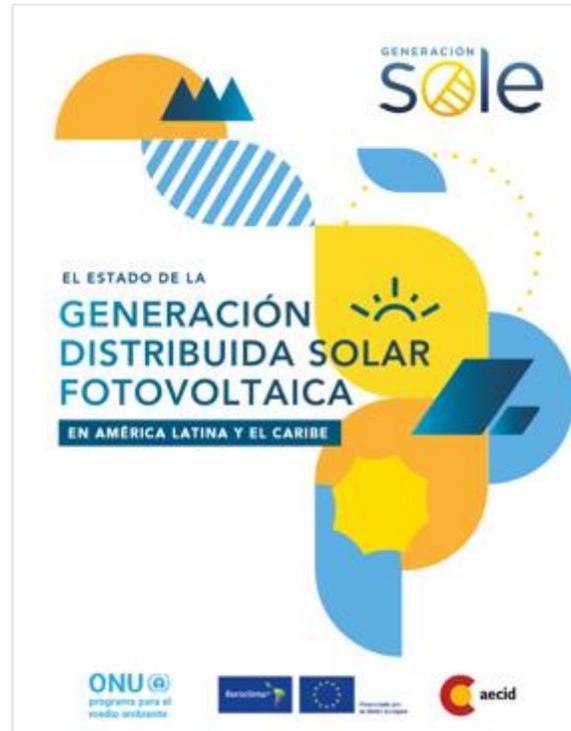


Bibliografía complementaria y enlaces de interés



La oportunidad de negocio de la GSD en Colombia. UNEP, Generación SOLE, 2021.

[enlace](#)



El estado de la Generación Distribuida Solar Fotovoltaica en América Latina y el Caribe". UNEP, 2022.

[enlace](#)



Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Colombia, 2020.

[enlace](#)

Bibliografía complementaria



Ministerio de Minas y Energía
de Colombia, Misional.

[enlace](#)



Marco Regulatorio para la
Autogeneración a Pequeña
Escala, CREG.

[enlace](#)



Plan Estratégico Sectorial
2019-2022. Ministerio de
Energía y Minas

[enlace](#)

Bibliografía complementaria

ONU 
programa para el
medio ambiente

GENERACIÓN
SOLE

Preguntas

Auspicia:



Invitan:



El futuro
es de todos

Minenergía



MINISTERIO DE MINAS Y
ENERGÍA



www.generacionsole.org