



MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y SU GESTIÓN SUSTENTABLE

TRABAJO FINAL

“Energía solar fotovoltaica, estrategia para la incorporación en supermercados locales con financiamiento participativo”

Autor: Nahuel Filippini

Director: Dr. Jerónimo Ainchil

Codirector: Ing. Iván Tkacick

2025

CONTENIDO

GLOSARIO	5
1. RESUMEN	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. HIPÓTESIS	9
4. OBJETIVOS.....	9
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
4.2.1. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SUPERMERCADO.....	9
4.2.2. DETERMINACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	10
4.2.3. ELABORACIÓN DEL PLAN DE FINANCIAMIENTO PARTICIPATIVO	10
5. MARCO NORMATIVO	10
5.1. NORMATIVA NACIONAL	10
5.2. NORMATIVA PROVINCIAL.....	11
5.3. NORMATIVA LOCAL.....	11
6. MARCO TEÓRICO	12
6.1. GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA	12
6.2. EQUIPAMIENTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA SOLAR FOTOVOLTAICA	
13	
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
7.1. LOCALIDAD DE ANÁLISIS.....	14
7.2. MODELO DE FINANCIAMIENTO PARTICIPATIVO	17
7.3. PARTES DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	18
7.3.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	19

7.3.2.	INVERSOR	21
7.3.3.	ESTRUCTURA DE SOPORTE	22
7.3.4.	CABLEADO Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	23
7.3.5.	SISTEMA DE MEDICIÓN BIDIRECCIONAL.....	23
7.3.6.	SISTEMA DE MONITOREO	24
7.3.7.	CUADRO RESUMEN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES	24
8.	RESULTADOS	25
8.1.	EVALUACIÓN DEL CONSUMO.....	25
8.1.1.	DATOS DE CONSUMO.....	25
8.1.2.	ANÁLISIS DEL CONSUMO	26
8.1.3.	PROMEDIO DE CONSUMO Y VARIABILIDAD	28
8.1.4.	CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DEL CONSUMO	28
8.2.	PROYECTO DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	29
8.2.1.	DISPOSICIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS	29
8.2.2.	DIMENSIONAMIENTO	30
8.2.3.	PRODUCCIÓN ESTIMADA DE ENERGÍA.....	31
8.2.4.	COSTOS DEL SISTEMA.....	33
8.3.	APLICACIÓN DEL MODELO PARTICIPATIVO AL CASO DE ESTUDIO	36
8.3.1.	OBJETIVO DEL MODELO PARTICIPATIVO	36
8.3.2.	DISEÑO DEL PROGRAMA	37
8.3.3.	FLUJO ECONÓMICO DEL MODELO	38
8.3.4.	IMPACTOS ESPERADOS	39
9.	DISCUSIÓN	41
9.1.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	41

9.2. CAUSAS Y FACTORES EXPLICATIVOS	41
9.3. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES.....	41
9.4. CONTRIBUCIÓN A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	42
9.5. FORTALEZAS, LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES.....	42
10. CONCLUSIONES.....	43
11. BIBLIOGRAFÍA.....	44

GLOSARIO

Generación distribuida (GD)	Producción de electricidad a pequeña escala, ubicada cerca del punto de consumo e interconectada a la red.
Horas Pico de Sol (HSP)	Horas equivalentes al día con irradiancia de 1 kW/m ² ; sirve para estimar la producción fotovoltaica.
Kilovatio (kW)	kW = potencia (1 000 W).
Kilovatio-hora (kWh)	kWh = energía consumida o generada cuando 1 kW opera durante una hora.
LCOE	Refiere al costo nivelado de la energía, es el costo total por kWh generado a lo largo de la vida útil de un sistema (incluye inversión y operación).
Panel fotovoltaico	Módulo de células solares que convierte la radiación solar en corriente continua.
Inversor on-grid	Equipo que transforma la corriente continua de los paneles en corriente alterna sincronizada con la red.
Medidor bidireccional	Dispositivo que contabiliza en forma separada la energía consumida desde la red y la inyectada por el usuario-generador.
Autogeneración	Producción de electricidad para consumo propio, con opción a volcar excedentes a la re

1. RESUMEN

La urgente necesidad de mitigar el cambio climático ha puesto en primer plano la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la transición hacia fuentes de energía limpias. Las energías renovables, y en particular la solar fotovoltaica, ofrecen una solución eficaz al combinar disponibilidad técnica, beneficios ambientales y reducción de costos operativos a mediano y largo plazo. Sin embargo, el alto costo inicial y la falta de acceso al financiamiento siguen siendo barreras significativas, especialmente en localidades pequeñas y medianas.

Esta tesis propone y desarrolla un modelo de financiamiento participativo que permite a comercios de escala media instalar sistemas solares fotovoltaicos distribuidos sin recurrir a préstamos bancarios tradicionales. Mediante la convocatoria de microinversores locales, se agrupan aportes de la comunidad para financiar proyectos de mayor envergadura, y a cambio los participantes reciben rendimientos económicos y beneficios en sus propias compras.

El modelo diseñado busca derribar la percepción de que la energía solar es algo lejano en ciudades pequeñas, presentándose como una estrategia donde se contribuye a la transición energética, los inversores obtienen un retorno seguro, y los comercios, además de generar un ahorro, refuerzan la lealtad de sus clientes al ofrecerles oportunidades de inversión directa. El enfoque incluye un análisis del perfil de consumo, de generación energética y una evaluación financiera que demuestran un periodo de recuperación acortado y ahorros crecientes.

Además de los impactos económicos, este trabajo evalúa la contribución a la reducción de emisiones, cuantificándolas y resaltando el papel de este tipo de iniciativas en la consolidación de una matriz energética más sostenible y descentralizada.

Los resultados muestran que este esquema es viable y replicable en diversos sectores comerciales, abriendo una vía concreta para democratizar el acceso a la energía renovable en pequeñas comunidades y fortalecer el desarrollo local sostenible.

2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un país está hoy estrechamente ligado a la energía con la que pueda contar para desarrollar sus actividades productivas, de transporte y de construcción de infraestructuras, entre otras necesidades de la vida moderna. Pero no sólo hay que considerar la disponibilidad energética presente, sino que, para pensar en un desarrollo sostenible, es inevitable contar con un horizonte de abastecimiento confiable y que tenga en cuenta los incrementos en la demanda de energía que plantea una economía en crecimiento. En este sentido, implementar soluciones adaptadas a las realidades locales, especialmente en comunidades medianas o pequeñas, resulta estratégico y altamente necesario.

El cambio climático global, provocado por la incesante acumulación de gases de efecto invernadero (GEI), que son aquellos que absorben el calor del sol y lo dejan dentro de nuestra atmósfera, modificando la temperatura de nuestro planeta y provocando el cambio climático. Esta situación representa un riesgo para el equilibrio de los distintos ecosistemas y provoca una grave amenaza para millones de personas ya que conlleva un riesgo creciente de hambre, enfermedades, inundaciones y sequías. (Fundación ICBC, 2023)

El Servicio de Información Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés) ha confirmado que 2023 fue el año más caluroso en el planeta Tierra. Por otro lado, el último informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) reveló que en 2022 las emisiones de gases de efecto invernadero aumentaron un 1,2% con respecto a las emisiones de 2021. Asimismo, el informe realiza proyecciones de acuerdo con las políticas vigentes y establece que, de continuar por este sendero, el planeta alcanzaría un incremento de temperatura de 3 °C, dejando atrás los objetivos del Acuerdo de París de no superar los 1,5 y 2 °C. (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2024)

En este sentido, a nivel global, el sector que históricamente más ha contribuido con la emisión de GEI ha sido el energético, en especial el subsector de la electricidad, calefacción y transporte. En lo que respecta a la Argentina, el último Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) muestra que el sector energético contribuye con el 51% de las emisiones de GEI. En detalle, los subsectores que más aportan son las industrias de la energía (32%), asociadas a la producción de electricidad y calor, la fabricación de combustibles sólidos y la refinación de petróleo, seguidos por el transporte (27%) y otros sectores (17%), especialmente el residencial. (MAyDS, 2021)

Debemos reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo, el mundo está quemando más combustibles fósiles que nunca, las emisiones asociadas a la energía están aumentando y la demanda energética, cada vez mayor, no está siendo cubierta completamente con energía renovable. Esto está agravando la crisis climática y ralentizando la transición energética. El uso global de energía renovable aumentó en un 58% entre 2012 y 2022, pero la demanda energética general también creció un 16% durante este período. El aumento de la demanda ha sido cubierto principalmente por carbón, petróleo y gas fósil, que juntos representaron alrededor del 65% del crecimiento del consumo de energía entre 2012 y 2022. (Red de Política de Energía Renovable para el Siglo XXI, 2024)

Las energías renovables son nuestra mejor opción para una generación rápida de energía que genera beneficios sociales y económicos concretos. Esta situación lleva al sector energético a un proceso de cambio se pueden destacar varias tendencias, entre ellas, la electrificación, la descarbonización y la descentralización. Además, el avance en el desarrollo de nuevas tecnologías digitales (inteligencia artificial, internet de las cosas, nube y blockchain), prometen el desarrollo de nuevos modelos de negocio, la aparición de nuevos actores en el sector y la mejora de los niveles de rendimiento de las empresas existentes. Como consecuencia, el modelo de negocio de las compañías eléctricas tradicionales está en proceso de transformación, debido, entre otros, al desarrollo de la generación distribuida, que incluye la energía solar fotovoltaica y otras renovables. (Basterra Larrea, 2021)

La innovación es el motor que impulsa la transformación energética global, abarca más que solo la tecnología y no puede implementarse de manera aislada. Se necesita innovación en el diseño del mercado, el funcionamiento del sistema y los modelos de negocios para posibilitar con éxito la transformación del sector energético y, en última instancia, la transición energética.

Mitigar el cambio climático y garantizar seguridad energética son pilares fundamentales en esta transición, es motivo por el que la generación distribuida fotovoltaica aparece como una opción atractiva para los consumidores, sin embargo, el obstáculo recurrente es el acceso a capital. En la última década han surgido mecanismos de financiamiento participativo (crowdfunding y crowdlending) que trasladan parte de la inversión a la comunidad usuaria, reduciendo el riesgo para la empresa y democratizando el beneficio económico.

En este sentido, el presente trabajo, explora, desde una perspectiva técnico-económica, la viabilidad de un modelo participativo aplicado a un consumidor comercial de la provincia de Buenos Aires, evaluando

su impacto energético, económico y ambiental. Con esto, se busca aportar una visión alternativa que pueda acelerar la incorporación de energías renovables en el ámbito comercial y fortalecer la transición energética a escala local.

3. HIPÓTESIS

La implementación de un modelo de financiamiento participativo basado en crowdfunding permite a los comercios medianos adoptar energía solar fotovoltaica, optimizando el ahorro energético y reduciendo la inversión inicial, lo cual contribuye a la viabilidad de proyectos de transición energética en el ámbito local, fomenta la fidelización de clientes comprometidos con la sostenibilidad y genera beneficios económicos en el mediano y largo plazo.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo teórico que evalúe la viabilidad de implementar un sistema solar fotovoltaico en un supermercado local, utilizando un plan de financiamiento participativo que involucre a los clientes como inversores.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SUPERMERCADO

- **Recolección de Datos:** Se recopilarán datos sobre el consumo energético actual del supermercado.
- **Evaluación de la Demanda Energética:** Se realizará un análisis de los patrones de consumo energético.
- **Proyección de Costos Energéticos:** Se evaluarán las tarifas energéticas actuales y se proyectarán los costos a futuro bajo distintos escenarios, proporcionando una base para determinar el ahorro potencial que ofrecería un sistema fotovoltaico.

4.2.2. DETERMINACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

- **Cálculo del Sistema:** Utilizando los datos de consumo energético, se calculará el tamaño óptimo del sistema fotovoltaico necesario para cubrir una parte significativa del consumo eléctrico del supermercado.
- **Producción de Energía:** Se proyectará la cantidad de energía que podría generar el sistema fotovoltaico en base a las condiciones ambientales de la zona.
- **Cuantificación del beneficio ambiental:** estimar la reducción anual de emisiones de CO₂-equivalente asociada a la generación fotovoltaica propuesta.

4.2.3. ELABORACIÓN DEL PLAN DE FINANCIAMIENTO PARTICIPATIVO

- **Desarrollo del Modelo de Financiamiento:** Se diseñará un modelo de financiamiento participativo, en el que los clientes del supermercado puedan invertir en la instalación del sistema solar y percibir un beneficio económico.
- **Análisis de los Inversores:** Se analizará la percepción del modelo frente a posibles inversores.

5. MARCO NORMATIVO

El desarrollo de este trabajo contempla un marco normativo que promueve y regula el uso de energías renovables y la generación distribuida en Argentina, con particular referencia a la Provincia de Buenos Aires.

5.1. NORMATIVA NACIONAL

- **Ley Nacional N.º 26.190 (2006) y su modificatoria Ley N.º 27.191 (2015):**
Estas leyes declaran de interés nacional el uso de fuentes renovables para la producción de energía eléctrica y establecen metas de incorporación en la matriz energética nacional. En particular, fijan un objetivo del 20% de energía renovable en el consumo eléctrico para 2025 y ofrecen incentivos fiscales para proyectos renovables, incluyendo la energía solar fotovoltaica. (Ley Nacional N.º 26.190, 2006) (Ley Nacional N.º 27.191, 2015)
- **Ley Nacional N.º 27.424 (2017):**

Regula la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública, permitiendo a los usuarios finales generar su propia electricidad a partir de fuentes renovables e inyectar excedentes a la red. (Ley Nacional N.º 27.424, 2017)

- **Decreto N.º 986/2018:**

Reglamenta la Ley N.º 27.424, definiendo los aspectos técnicos y administrativos para la implementación de la generación distribuida. (Decreto N.º 986/2018, 2018)

- **Resoluciones Complementarias de la Secretaría de Energía:**

- ✓ **Resolución 314/2018:** Establece los requisitos técnicos para conectar sistemas de generación distribuida a la red. (Resolución N.º 314/2018, 2018)

- ✓ **Resolución 7/2019:** Reglamenta los beneficios fiscales y operativos para usuarios-generadores. (Resolución N.º 7/2019, 2019)

5.2. NORMATIVA PROVINCIAL

- **Ley Provincial N.º 15.325 (2022):**

Adhiere la Provincia de Buenos Aires a la Ley Nacional N.º 27.424, permitiendo a usuarios residenciales, comerciales e industriales en el ámbito provincial convertirse en generadores distribuidos y aprovechar los incentivos previstos. (Ley Provincial N.º 15.325, 2022)

- **Decreto Provincial N.º 2371/2022:**

Reglamenta la implementación de la generación distribuida en la Provincia de Buenos Aires, estableciendo procedimientos para la inscripción, autorización y conexión de sistemas fotovoltaicos. (Decreto Provincial N.º 2371/2022, 2022)

- **Regulación por parte del OCEBA** (Organismo de Control de Energía Eléctrica de la Provincia de Buenos Aires):

El OCEBA define las normas técnicas específicas para la conexión de sistemas de generación distribuida en las redes eléctricas de distribución bajo su jurisdicción. (OCEBA, 2023)

5.3. NORMATIVA LOCAL

- **Normativa Municipal:**

Aunque no existen normativas específicas del tema en la ciudad de San Antonio de Areco, algunos municipios bonaerenses cuentan con ordenanzas que incentivan la instalación de

sistemas fotovoltaicos en viviendas, comercios y espacios públicos, contribuyendo al marco regulatorio local.

6. MARCO TEÓRICO

6.1.GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA

En el contexto de la transición hacia una matriz energética más limpia, la generación distribuida se ha consolidado como una herramienta clave. Este enfoque ha transformado las convenciones tradicionales de transmisión y distribución de electricidad, acercando los puntos de generación al consumidor final. La generación distribuida se refiere a la utilización de pequeñas fuentes de energía eléctrica, distribuidas a lo largo del territorio, conectadas a la red de baja o media tensión. Estas fuentes pueden estar ubicadas en edificios, viviendas, escuelas, empresas u otros tipos de instalaciones. (Testa & Gomel, 2016)

Desde el punto de vista del sistema eléctrico en su conjunto, la generación distribuida representa un alivio para las redes de transporte y distribución. Al generarse energía cerca del punto de consumo, se reducen las pérdidas asociadas con la transmisión de electricidad a largas distancias, lo que mejora la eficiencia general del sistema y reduce los costos operativos. En términos del sistema eléctrico local, la disminución del consumo de energía o la inyección de excedentes a la red contribuye a reducir la carga en los transformadores de distribución, lo que puede alargar su vida útil y, en algunos casos, facilitar la conexión de nuevos usuarios.

Como se mencionó en el Marco Normativo, en Argentina, la Ley Nacional N.º 27.424 habilita a los usuarios a implementar sistemas de generación distribuida renovable. Esta ley les permite cubrir parte de su demanda de energía eléctrica a través de fuentes renovables, reduciendo su dependencia de la red eléctrica y, por ende, sus costos. Este tipo de práctica, conocida como autoconsumo, permite a los usuarios generar y consumir su propia electricidad, evitando la compra de energía de la distribuidora. Además, cuando los usuarios generan más energía de la que consumen, el excedente se puede inyectar a la red, lo que no solo contribuye al sistema eléctrico, sino que también genera beneficios económicos para el usuario. El pago por este excedente se realiza a través de un sistema de compensación económica o créditos, lo que puede representar un ingreso adicional o un ahorro en la factura de electricidad.

Este modelo de generación distribuida permite que los usuarios se involucren activamente con su consumo energético, promoviendo la eficiencia energética, generando conciencia sobre el impacto

ambiental del uso ineficiente de la electricidad y fomentando una cultura de uso responsable de la energía en la vida cotidiana.

Además de los beneficios en términos de generación y distribución, la generación distribuida a partir de fuentes renovables, como la solar fotovoltaica, ofrece ventajas ambientales significativas. Esta tecnología contribuye a la mitigación del cambio climático al reducir la necesidad de generación de energía a partir de fuentes fósiles, como el carbón, el gas natural o el petróleo. La quema de estos combustibles emite gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂), lo que agrava el calentamiento global. (Navntoft et al., 2019)

6.2. EQUIPAMIENTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA SOLAR FOTOVOLTAICA

El sistema de generación distribuida fotovoltaica está compuesto principalmente por paneles solares, que convierten la luz solar en energía eléctrica. Además de los paneles, el sistema requiere de un inversor de conexión a la red. Este inversor gestiona la energía generada por los paneles solares y la suministra a los consumos eléctricos de la instalación, permitiendo que el excedente se inyecte a la red eléctrica pública. El inversor de conexión a red es fundamental para asegurar que la energía generada se integre de manera eficiente y segura al sistema de distribución.

A su vez, el sistema requiere de diversos componentes adicionales para su funcionamiento adecuado. Estos incluyen estructuras de soporte para los paneles solares, cables y conectores eléctricos, equipos de protección eléctrica y, finalmente, un sistema de medición bidireccional que permita a la distribuidora medir tanto el consumo como el excedente inyectado a la red. Este medidor es un elemento crucial para la correcta facturación y compensación de la energía inyectada.

En cuanto a los costos, un informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sobre la evolución futura de los costos de las energías renovables y el almacenamiento en América Latina, indica que existe una tendencia sostenida hacia la reducción de precios, impulsada por la disminución de los costos de los módulos fotovoltaicos y las mejoras en la eficiencia de los mismos. Es importante señalar que uno de los factores clave que afecta el costo total de los sistemas es el costo de la mano de obra, que representa aproximadamente el 40% de los costos totales del sistema. (Fonseca, Parikh, & Manghani, 2019)

7. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo plantea, desde un enfoque teórico que combina el análisis de datos disponibles con una revisión de la literatura específica, el desarrollo de un modelo innovador de financiamiento participativo. De esta manera, se integran conocimientos técnicos y económicos con el objetivo de evaluar la viabilidad de implementar un sistema solar fotovoltaico en un supermercado local.

La metodología se fundamenta en la construcción de escenarios hipotéticos y simulaciones con datos reales y actuales, que sirven como herramientas para explorar estrategias que promueven la transición energética en el sector comercial. De esta manera, se busca alcanzar un marco conceptual robusto que ofrezca una solución adaptada al contexto local y pueda ser replicable en otros entornos con características similares. A continuación, se detallan los materiales, técnicas y métodos empleados para el desarrollo.

7.1. LOCALIDAD DE ANÁLISIS

Para realizar el modelo, se plantea un trabajo sobre una sucursal de la cadena de supermercados “ECO”, ubicado en la ciudad de San Antonio de Areco, provincia de Buenos Aires ($39^{\circ}15'26.47''S$, $59^{\circ}28'45.62''O$). La elección es resultado de la búsqueda de un área urbana representativa del sector comercial de tamaño mediano en el interior de la provincia de Buenos Aires, con un contexto energético y social típico.



Figura 1. Ubicación de la localidad de San Antonio de Areco, Buenos Aires, Argentina.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales durante el año. El período más resplandeciente del año dura 3,5 meses, del 30 de octubre al 14 de febrero, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6,7 kWh. El periodo más oscuro del año dura 3,4 meses, del 1 de mayo al 14 de agosto, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 3,5 kWh. (NASA Power, s.f.)

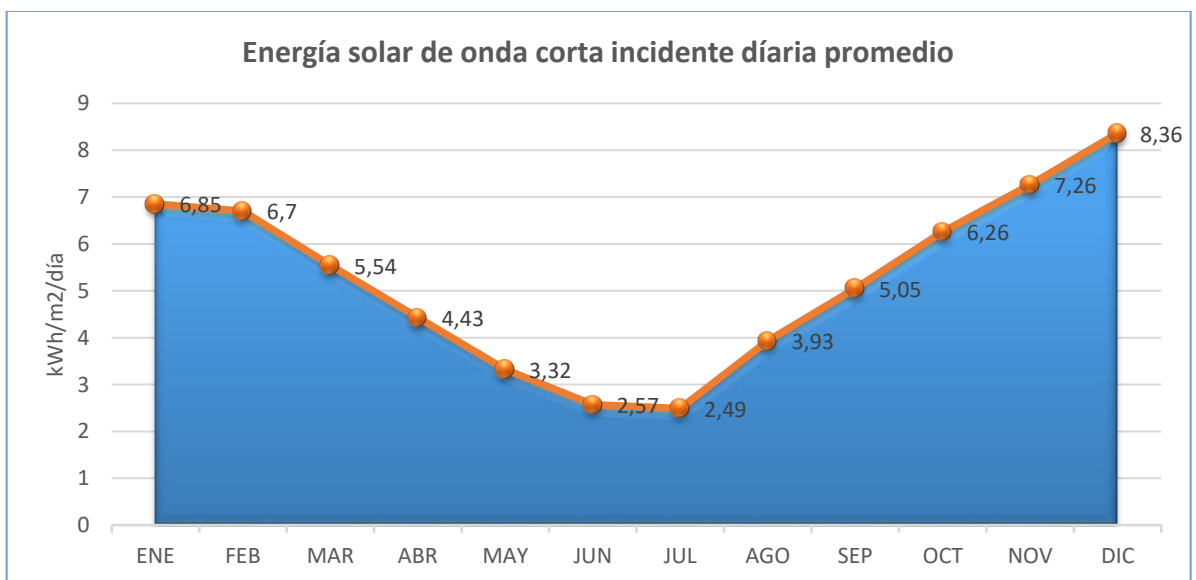


Figura 2. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio durante el 2022, en la ciudad de San Antonio de Areco.

Los datos del año 2022 indican que el promedio anual la energía diaria por metro cuadrado fue de 5,2 kWh, aunque si consideramos los datos de los últimos 10 años registrados (2012-2022), observamos que el promedio anual es de 4,9 kWh. Estos datos se obtuvieron del Proyecto POWER del Centro de Investigación Langley de la NASA (LaRC), financiado a través del Programa de Ciencias de la Tierra/Ciencias Aplicadas de la NASA.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANN
2012	7,8	6,2	5,5	4,3	2,7	2,5	3,1	2,8	4,5	5,1	6,8	7,3	4,9
2013	7,7	6,8	5,7	4,2	3,0	2,6	2,6	4,2	4,3	6,0	6,5	7,9	5,1
2014	7,3	5,2	5,5	3,6	2,5	2,6	2,5	3,9	4,6	5,5	6,8	7,6	4,8
2015	7,0	6,7	5,6	4,4	2,9	2,5	2,7	3,2	4,7	5,4	6,6	7,7	4,9
2016	7,0	6,8	5,3	2,9	2,7	2,5	2,2	3,7	4,7	5,3	7,2	7,8	4,8
2017	7,3	6,2	5,3	3,9	2,8	2,3	2,1	3,3	4,4	6,1	7,4	7,3	4,8
2018	7,5	7,4	6,1	3,3	2,5	2,8	2,2	3,6	4,4	5,7	6,4	7,4	4,9
2019	6,5	7,1	5,6	4,3	2,9	2,0	2,6	3,8	5,2	5,4	6,8	7,2	4,9
2020	7,6	7,1	5,1	4,2	3,2	2,5	2,7	3,6	4,9	5,8	7,5	8,2	5,2
2021	7,2	6,8	5,1	4,3	3,3	2,4	3,0	4,1	4,2	6,5	7,0	7,7	5,1
2022	6,9	6,7	5,5	4,4	3,3	2,6	2,5	3,9	5,1	6,3	7,3	8,4	5,2

Tabla 1. Energía solar de onda corta incidente diario promedio durante 10 años, en la ciudad de San Antonio de Areco.

En particular, el supermercado “Eco” de San Antonio de Areco es uno de 8 sucursales y está ubicado en la intersección de la ruta nacional número 8 y calle Alvear de la ciudad. Esta sucursal, se plantea la posibilidad de colocar un sistema solar fotovoltaico que pueda servir como cobertura para el estacionamiento de vehículos. Cabe destacar que el espacio para estacionar presenta una orientación norte, con inclinación hacia el este y, como se puede observar en la siguiente imagen, está libre de obstáculos que proyecten sombras. (Eco Supermercados, s.f.)



Figura 3. Sucursal ECO en San Antonio de Areco

7.2. MODELO DE FINANCIAMIENTO PARTICIPATIVO

El modelo busca integrar la inversión privada de los clientes, en este caso, de un supermercado con los beneficios económicos y ambientales que ofrece la implementación de un sistema solar fotovoltaico. Este esquema se basa en la cooperación entre la empresa y su base de clientes, generando una relación de mutuo beneficio que fomenta la sostenibilidad económica y ambiental del establecimiento.

En este caso, el supermercado desea instalar un sistema solar fotovoltaico con el objetivo de reducir su costo de energía, lo que se traduce en menor costo operativo, y contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Para financiar este proyecto, se abre la posibilidad a los clientes de participar como microinversores en la iniciativa.

Los clientes interesados pueden adquirir una fracción del parque solar fotovoltaico mediante una inversión inicial, que representa su contribución al proyecto. A cambio de esta inversión, el supermercado se compromete a pagarles rendimientos mensuales que se materializan en la forma de créditos exclusivos para utilizar en el propio supermercado. Este crédito puede emplearse para adquirir

los productos ofrecidos en el establecimiento, generando un ciclo económico que beneficia tanto al cliente como al comercio.

En este planteo se desprenden varios beneficios, entre ellos se pueden destacar:

- **Para el supermercado:**

- ✓ Reduce el monto de la inversión inicial requerida para instalar el sistema solar fotovoltaico, disminuyendo la presión financiera.
- ✓ Logra un ahorro significativo en la factura de energía eléctrica gracias al uso de energía renovable.
- ✓ Fideliza a los clientes inversores, ya que los rendimientos ofrecidos como crédito son canjeables exclusivamente en el supermercado, asegurando su retorno continuo al establecimiento.
- ✓ Refuerza su imagen como un negocio comprometido con la sostenibilidad, atrayendo a consumidores conscientes del medio ambiente.

- **Para los clientes inversores:**

- ✓ Obtienen un rendimiento tangible sobre su inversión, transformado en créditos para usar en el supermercado.
- ✓ Participan activamente en un proyecto que contribuye al desarrollo de energía limpia, apoyando la transición energética.
- ✓ Perciben el valor de formar parte de una iniciativa innovadora y comunitaria, fortaleciendo su vínculo con el comercio.

7.3. PARTES DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Un sistema solar fotovoltaico está compuesto por varios elementos que funcionan de manera integrada para convertir la energía solar en energía eléctrica utilizable. A continuación, se describen los principales componentes de un sistema fotovoltaico de conexión a red (on-grid), como el propuesto en este trabajo:

7.3.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Los módulos fotovoltaicos, también conocidos como paneles solares, son los componentes encargados de captar la radiación solar y convertirla en electricidad en forma de corriente continua (CC), mediante el efecto fotovoltaico. Tradicionalmente, cada panel solar está compuesto por distintos elementos que cumplen funciones específicas para captar, proteger y transportar la energía solar transformada:

- **Células fotovoltaicas:** Son el corazón del módulo. Están fabricadas principalmente de silicio (monocristalino o policristalino) y se encargan de convertir la luz solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico.
- **Encapsulante:** Es una capa de material plástico que protege las células solares contra la humedad, el polvo y los golpes. Garantiza la durabilidad y el rendimiento a lo largo del tiempo.
- **Vidrio templado:** Cubre la parte frontal del panel y lo protege de impactos y condiciones climáticas adversas. Es resistente y permite el paso eficiente de la radiación solar.
- **Lámina posterior:** Protege la parte trasera del panel y contribuye al aislamiento eléctrico y a la estabilidad estructural.
- **Marco de aluminio:** Aporta rigidez estructural al módulo y facilita su montaje en estructuras de soporte.
- **Caja de conexiones:** Ubicada en la parte trasera, contiene los terminales eléctricos del panel y a menudo diodos de bypass que ayudan a evitar pérdidas por sombreados parciales.

Esta configuración permite que el panel funcione de manera eficiente durante su vida útil, asegurando la generación de electricidad aún en condiciones ambientales exigentes

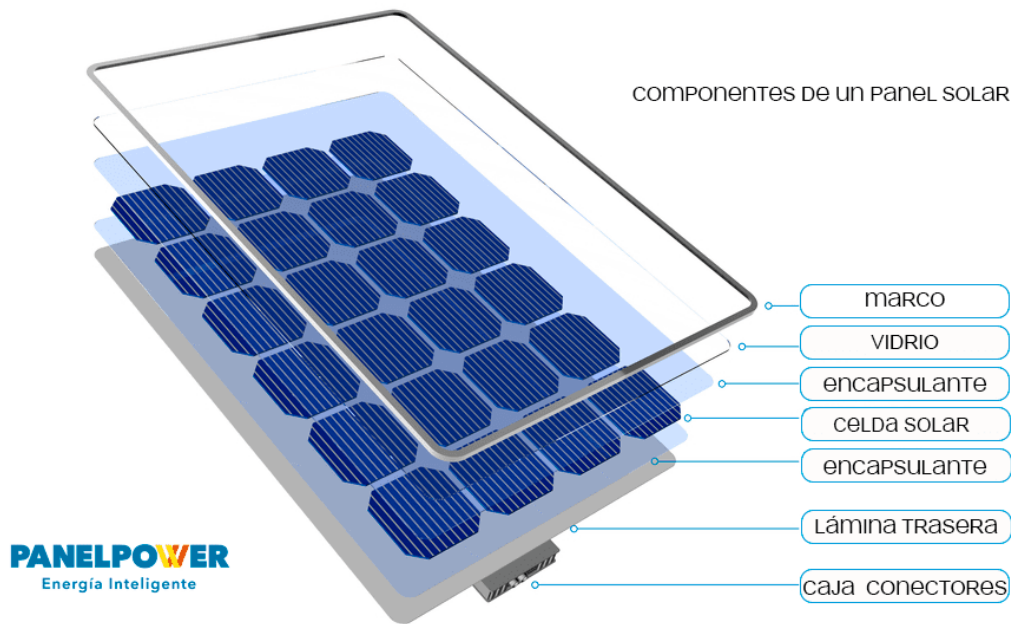


Figura 4. Partes de un panel solar fotovoltaico. (Motork, 2025)

La orientación e inclinación adecuadas de los módulos son fundamentales para maximizar la captación solar y minimizar pérdidas por sombras o reflexión. Su vida útil típica oscila entre 25 y 30 años. (Motork, 2025)

En los últimos años, la eficiencia de los paneles solares ha experimentado mejoras significativas. Actualmente, los modelos comerciales más eficientes alcanzan eficiencias superiores al 22%, como el SunPower Maxeon 6 AC (22,8%) y el REC Alpha Pure-RX (22,6%). Estas mejoras se deben al desarrollo de tecnologías avanzadas que optimizan la captación y conversión de la energía solar. (Motork, 2025)

Además, se están desarrollando tecnologías emergentes que prometen revolucionar la eficiencia de los módulos fotovoltaicos. Por ejemplo, Oxford PV ha establecido un nuevo récord mundial con paneles solares de perovskita y silicio, alcanzando una eficiencia del 26,9%. Asimismo, LONGi ha logrado una eficiencia del 34,6% en células solares de silicio-perovskita, demostrando el potencial de estas tecnologías para superar los límites de eficiencia de las células solares convencionales. (Longi, 2024)

Estos avances indican una tendencia hacia módulos más eficientes y compactos, lo que permitirá generar más energía en menos espacio y reducir los costos asociados a la instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.

7.3.2. INVERSOR

El inversor es un componente esencial en los sistemas fotovoltaicos, ya que se encarga de convertir la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada por la mayoría de los dispositivos eléctricos y compatible con la red eléctrica convencional.

Además de esta función principal, los inversores modernos incorporan tecnologías avanzadas que optimizan el rendimiento del sistema. Una de estas tecnologías es el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), que ajusta constantemente la carga eléctrica para maximizar la producción de energía de los paneles solares, incluso en condiciones de sombra parcial o variaciones en la irradiación solar.

Los inversores también desempeñan un papel crucial en la gestión y monitoreo del sistema fotovoltaico. Proporcionan datos en tiempo real sobre la producción de energía, permiten la detección de fallos y facilitan el mantenimiento preventivo. Además, en sistemas conectados a la red, los inversores aseguran la sincronización con la red eléctrica, gestionan la inyección de energía y garantizan la seguridad mediante funciones como la desconexión automática en caso de interrupciones en la red. (Lorenzo, 2025)

Existen diferentes tipos de inversores fotovoltaicos, cada uno adecuado para distintas configuraciones y necesidades:

- **Inversores de conexión a red (on-grid):** Diseñados para sistemas que están conectados a la red eléctrica pública. Permiten inyectar el excedente de energía producida a la red y, en algunos casos, recibir compensaciones económicas por ello.
- **Inversores aislados (off-grid):** Utilizados en sistemas que no están conectados a la red eléctrica. Requieren el uso de baterías para almacenar la energía generada y suministrarla cuando sea necesario.

- **Inversores híbridos:** Combinan las funciones de los inversores on-grid y off-grid. Pueden operar conectados a la red eléctrica y, al mismo tiempo, gestionar sistemas de almacenamiento con baterías, ofreciendo mayor flexibilidad y autonomía.
- **Microinversores:** Se instalan individualmente en cada panel solar, lo que permite optimizar el rendimiento de cada módulo de forma independiente. Son especialmente útiles en instalaciones donde los paneles pueden estar sujetos a sombras o diferentes orientaciones.



Figura 5. Ejemplos de distintos inversores. (Roca, 2024)

La elección del tipo de inverter adecuado depende de diversos factores, como el tamaño del sistema, la ubicación, la disponibilidad de la red eléctrica y los objetivos específicos del proyecto. (Roca, 2024)

7.3.3. ESTRUCTURA DE SOPORTE

Las estructuras de montaje sostienen y fijan los paneles solares buscando la posición óptima para captar radiación. A continuación, se mencionan cuatro posibles configuraciones:

- **Montaje en techos inclinados:** Se utilizan rieles y soportes ajustables que permiten regular la inclinación de los módulos según la latitud y deben contar con anclajes certificados para cargas de viento.
- **Montaje en cubiertas planas:** Se emplean estructuras con contrapesos (sin perforar el techo) o anclajes mecánicos, garantizando estanqueidad y permitiendo acceso para mantenimiento.
- **Montaje en suelo:** Se utilizan cimentaciones en zapatas de hormigón o pilotes atornillados al terreno, adecuados para grandes instalaciones. Deben diseñarse para soportar cargas de viento locales y permitir la limpieza y el reemplazo de paneles.

- **Cubiertas vehiculares:** Estructuras elevadas que combinan estacionamiento y generación fotovoltaica. Además de los requisitos anteriores, deben incluir pendientes mínimas para escurrimiento de lluvias ($\geq 2\%$) y recorridos de mantenimiento seguros debajo de la estructura.

En todos los casos, la estructura debe proporcionar ventilación entre el panel y su base para disipar calor, reduciendo pérdidas de eficiencia. (Pelayo, 2016)



Figura 6. Algunos sistemas de soporte para placas fotovoltaicas. (Lorenzo, 2025)

7.3.4. CABLEADO Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS

El cableado conecta los paneles entre sí, y los enlaza con el inversor y posteriormente con el tablero general. Se utilizan cables de corriente continua entre los módulos y el inversor, y de corriente alterna entre el inversor y el punto de inyección.

Además, se deben instalar protecciones como fusibles, seccionadores, interruptores termomagnéticos y diferenciales, para asegurar la seguridad del sistema ante sobrecargas o fallas eléctricas.

7.3.5. SISTEMA DE MEDICIÓN BIDIRECCIONAL

En los sistemas conectados a red es posible instalar un medidor bidireccional, provisto por la distribuidora eléctrica. Este dispositivo mide tanto la energía consumida desde la red como la energía inyectada por el usuario generador. Es un elemento esencial para acceder al régimen de generación distribuida establecido por la Ley 27.424 y su decreto reglamentario 986/2018.

7.3.6. SISTEMA DE MONITOREO

Los sistemas de monitoreo permiten supervisar el rendimiento del sistema en tiempo real. Pueden incluir plataformas web o aplicaciones móviles que muestran la producción diaria, mensual y acumulada, así como alertas ante fallos o disminución de la eficiencia. Este componente es clave para el mantenimiento preventivo y para evaluar el desempeño económico del sistema.



Figura 7. Sistema de monitoreo para instalaciones fotovoltaicas. (Lorenzo, 2025)

7.3.7. CUADRO RESUMEN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

Componente	Función principal
Módulos fotovoltaicos	Captación de radiación solar y generación de energía CC
Inversor	Conversión de CC a CA e integración con la red
Estructura de montaje	Sostenimiento de los paneles con la inclinación adecuada
Cableado y protecciones	Conducción y seguridad eléctrica del sistema
Medidor bidireccional	Medición de energía consumida e inyectada
Sistema de monitoreo	Control y visualización del funcionamiento del sistema

8. RESULTADOS

8.1. EVALUACIÓN DEL CONSUMO

La evaluación del consumo energético se realizó utilizando los datos correspondientes a las últimas 23 facturas de energía eléctrica del supermercado Eco, desde mayo de 2023 hasta marzo de 2025. Este análisis incluye un ciclo anual completo, proporcionando una visión integral del comportamiento del consumo energético a lo largo del tiempo.

8.1.1. DATOS DE CONSUMO

El consumo de energía se divide en tres bloques horarios que se facturan de manera diferenciada: **Pico**, **Resto** y **Valle**. Los horarios correspondientes a cada uno son los siguientes:

- **Pico:** De 18 a 23 horas.
- **Resto:** De 5 a 18 horas.
- **Valle:** De 23 a 5 horas.

A continuación, se presenta un resumen del consumo mensual de energía del supermercado Eco durante el período evaluado:

Periodo	Consumo Pico (kWh)	Consumo Resto (kWh)	Consumo Valle (kWh)	Energía Total (kWh)
may-23	7885,62	18824,70	6372,84	33083,16
jun-23	7550,4	17703,9	5970,3	31224,6
jul-23	7135,5	16291,08	5522,22	28948,8
ago-23	7547,58	17385,96	5761,8	30695,34
sept-23	7385,76	17331	5861,46	30578,22
oct-23	8017,56	18761,64	6228,48	33007,68
nov-23	9179,4	21616,62	7231,08	38027,1
dic-23	10274,94	23230,2	8263,56	41768,7
ene-24	10647,84	23410,86	8917,86	42976,56
feb-24	14128,32	31423,86	9202,86	54755,04
mar-24	11108,22	23765,7	7790,7	42664,62
abr-24	9167,7	20960,7	7293,78	37422,18
may-24	7167,9	15857,7	5840,7	28866,3
jun-24	8294,82	17940,54	6085,38	32320,74
jul-24	10577,52	22044,54	5826	38448,06
ago-24	10896,9	23389,86	6091,5	40378,26
sept-24	8630,34	18615,6	6260,64	33506,58
oct-24	8699,82	20414,64	6932,58	36047,04
nov-24	10585,74	26107,8	8128,62	44822,16

dic-24	10498,38	24905,52	7427,52	42831,42
ene-25	13557,72	31125,84	8562,42	53245,98
feb-25	13763,82	30408,36	9015,66	53187,84
mar-25	10375,44	23818,02	7549,02	41742,48

Tabla 2. Consumo energético mensual del supermercado ECO.

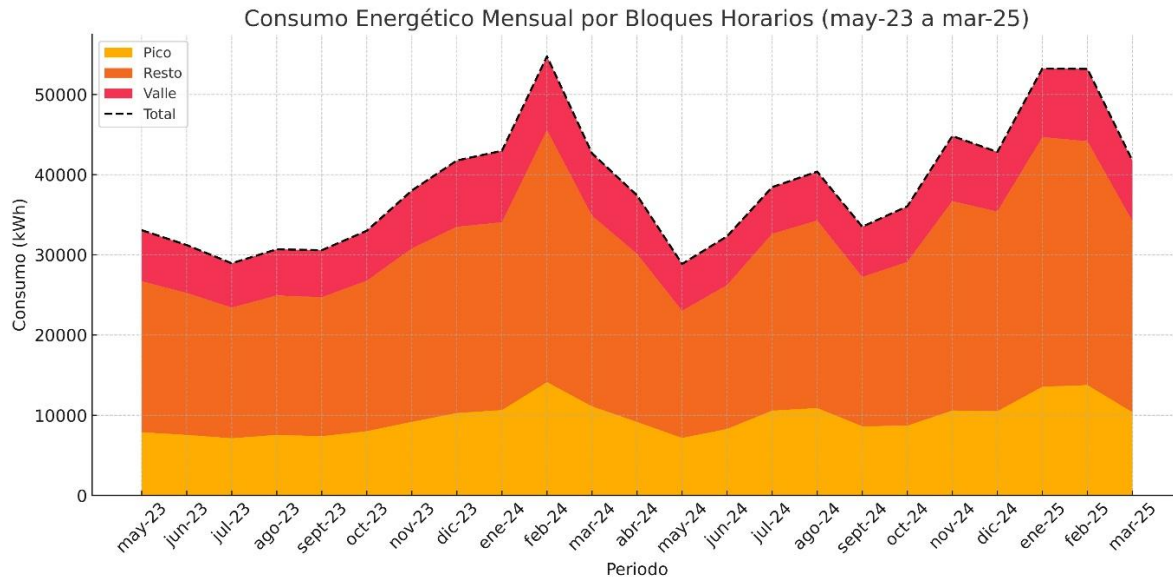


Figura 8. Gráfico del consumo energético mensual de los datos disponibles

8.1.2. ANÁLISIS DEL CONSUMO

El análisis del consumo energético del supermercado Eco, basado en los datos del período **abril 2024 a marzo 2025**, permite identificar tendencias estacionales y hábitos de uso energético diferenciados según los bloques horarios: Pico (18 a 23 h), Resto (5 a 18 h) y Valle (23 a 5 h).

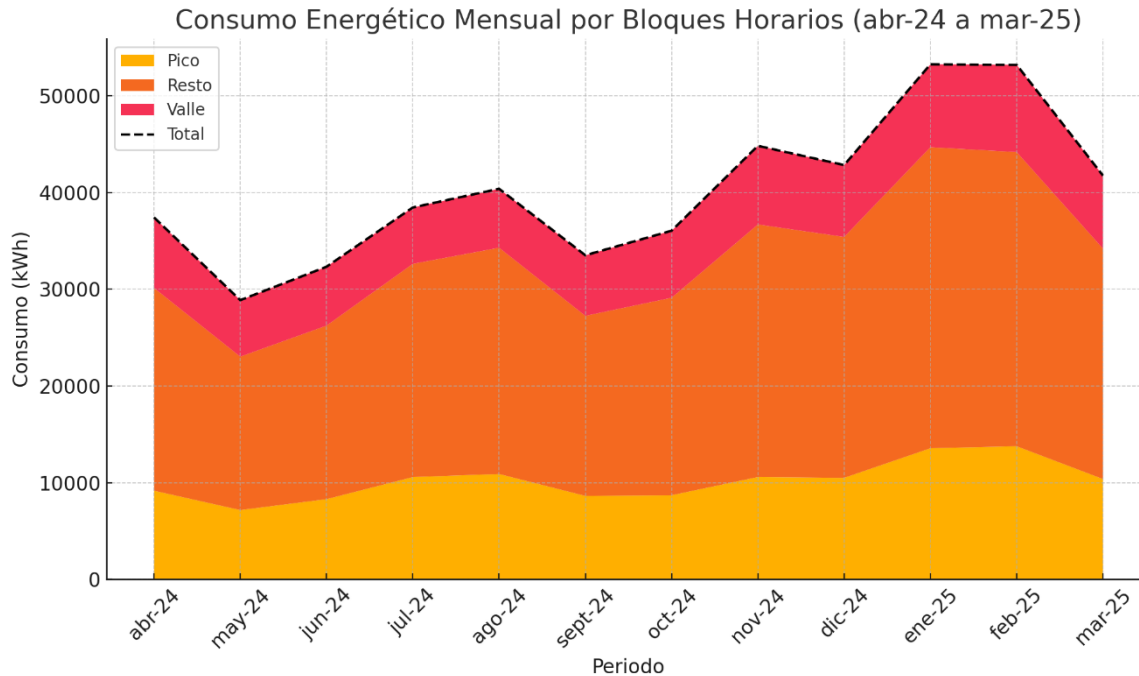


Figura 9. Gráfico del consumo energético mensual de abr-24 a mar-25

El gráfico de consumo mensual por bloques horarios (ver Figura 9) muestra claramente la distribución de la demanda energética y permite observar los meses de mayor exigencia energética, así como el comportamiento de cada franja horaria.

- **Consumo en Horario Pico (18 a 23 h):** Este bloque presenta una variabilidad marcada, con valores mínimos cercanos a los 7.100 kWh (mayo 2024) y máximos superiores a los 13.700 kWh (febrero 2025). Estos picos coinciden con los meses de verano, donde el uso intensivo de sistemas de climatización y refrigeración incrementa la carga energética, en especial hacia el final del día, cuando la temperatura ambiente es aún elevada y el supermercado continúa en funcionamiento.
- **Consumo en Horario Resto (5 a 18 h):** Es el bloque horario de mayor consumo absoluto, correspondiente al horario habitual de operación comercial. Durante este período, la demanda se mantiene elevada y relativamente constante, con valores mensuales que oscilan entre los 15.800 y los 31.100 kWh. Se observa un aumento progresivo desde mediados de 2024, alcanzando el máximo en enero 2025, lo que indica un patrón estacional probablemente vinculado a la mayor afluencia de público y a la necesidad de mayor refrigeración de productos frescos.

- **Consumo en Horario Valle (23 a 5 h):** Aunque es el bloque de menor consumo, los valores en este horario siguen siendo significativos. Esto se debe a que, fuera del horario comercial, muchos equipos permanecen en operación continua: cámaras de frío, iluminación de seguridad, sistemas de monitoreo y servidores. El consumo en este bloque oscila entre los 5.800 y los 9.000 kWh mensuales, siendo más alto en verano, posiblemente por la demanda constante de refrigeración.
- **Tendencia Global:** El consumo total mensual de energía del supermercado osciló entre 28.800 kWh (mayo 2024) y 53.200 kWh (enero 2025). Se verifica una tendencia estacional clara, con mayor consumo en los meses de verano (diciembre a febrero), coincidiendo con el uso intensivo de sistemas de refrigeración. En contraposición, los valores más bajos se registran en otoño e invierno.

Al observar los datos de meses anteriores (por ejemplo, febrero 2024 con 54.755,04 kWh), se puede confirmar que el patrón de consumo estacional ya se encontraba presente, lo que refuerza la necesidad de estrategias de eficiencia energética, como la instalación de un sistema solar fotovoltaico, para compensar estos picos de demanda.

8.1.3. PROMEDIO DE CONSUMO Y VARIABILIDAD

Durante el período abril 2024 – marzo 2025, el consumo promedio mensual del supermercado fue de aproximadamente 40.660 kWh. Si bien este valor es inferior al promedio registrado en el ciclo mayo 2023 – abril 2024 (estimado en 54.850 kWh), se mantiene una marcada variabilidad estacional, con incrementos notables en los meses de verano, cuando la demanda energética se ve intensificada por el uso de sistemas de refrigeración y climatización.

El mes de mayor consumo fue enero de 2025, con 53.245,98 kWh, mientras que el mes de menor demanda fue mayo de 2024, con 28.866,3 kWh. Esta oscilación representa una variación del 84% entre ambos extremos, lo que sugiere la necesidad de estrategias de gestión energética más eficientes y adaptadas a la estacionalidad.

8.1.4. CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DEL CONSUMO

A partir del análisis de las facturas de energía eléctrica, se destacan las siguientes observaciones clave:

- **Variabilidad Estacional:** El comportamiento energético responde a un patrón estacional predecible, con incrementos en verano y valores mínimos en otoño/invierno.
- **Carga Diurna Significativa:** La mayor parte del consumo se concentra en los bloques Resto y Pico (entre las 5 y las 23 h), lo que representa una ventaja estratégica para la instalación de un sistema fotovoltaico conectado a red. Esta coincidencia entre la disponibilidad del recurso solar (mayor irradiancia en horas diurnas) y el momento de mayor demanda energética permite un autoconsumo instantáneo elevado, mejorando la rentabilidad del sistema.
- **Estabilidad en Horario Valle:** A pesar de su menor peso, el bloque Valle mantiene consumos constantes relacionados con cargas permanentes como cámaras frigoríficas y sistemas de seguridad.
- **Oportunidades de Optimización:** La distribución detallada del consumo entre bloques horarios abre la posibilidad de evaluar acciones de eficiencia, como la reducción de cargas en horario Pico o la gestión más inteligente del encendido de equipos.

8.2.PROYECTO DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

8.2.1. DISPOSICIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

La elección y disposición de la superficie destinada a la instalación de paneles solares es un factor crítico para garantizar un alto rendimiento del sistema fotovoltaico. Para maximizar la captación de energía, la superficie debe estar completamente libre de obstáculos como árboles, edificaciones u otros elementos que generen sombras parciales, ya que incluso estas pueden reducir significativamente la producción energética. Asegurar una exposición solar directa y prolongada es esencial para optimizar la eficiencia del sistema. (IRENA, 2023)

Dado que la instalación se proyecta en la ciudad de San Antonio de Areco, Argentina, ubicada en el hemisferio sur, la orientación e inclinación de los paneles deben responder a las condiciones geográficas del lugar. Existen dos configuraciones principales que pueden considerarse para la disposición de los módulos:

- **Orientación Norte:** La orientación hacia el norte es la más recomendada en el hemisferio sur, ya que permite captar la mayor cantidad de radiación solar durante las horas centrales del día, cuando la irradiancia es más intensa. Esta disposición contribuye a maximizar la producción

energética diaria y anual, además es la más eficiente en términos de cantidad y calidad de la radiación captada. Además, ajustar la inclinación del sistema a la latitud local (aproximadamente 33°) favorece una mejor absorción y reduce pérdidas por reflexión.

- **Orientación Este-Oeste:** Como alternativa, la disposición Este-Oeste divide los paneles en dos grupos: uno orientado al este (mejor rendimiento por la mañana) y otro al oeste (máxima captación por la tarde). Aunque el volumen total de generación puede ser ligeramente inferior al de una orientación norte óptima, esta configuración permite una producción más equilibrada a lo largo del día, lo que puede mejorar la adaptación del perfil de generación al perfil de consumo. Además, presenta beneficios aerodinámicos, reduce el calentamiento por acumulación de calor y facilita la instalación sobre techos planos o estructuras livianas.
- **Aprovechamiento del espacio en estacionamientos:** En este proyecto, se propone instalar los paneles sobre una estructura elevada ubicada en el estacionamiento del supermercado, lo cual representa un aprovechamiento dual del espacio. Esta solución no solo evita el uso de terrenos adicionales, sino que además brinda sombra y protección a los vehículos estacionados, mejorando la experiencia de los clientes y reduciendo el efecto de isla de calor. Este tipo de instalación, conocida como solar carport, es una tendencia creciente en instalaciones comerciales, por su bajo impacto ambiental y su capacidad para combinar funcionalidad con generación distribuida. (enlight, 2020)

8.2.2. DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento adecuado de un sistema fotovoltaico es esencial para garantizar que se cubran las necesidades energéticas del proyecto de manera eficiente y económica. En este caso, se propone un módulo solar fotovoltaico de 50 kWp, lo que responde a criterios combinados del análisis de la curva de demanda energética del comercio y al objetivo de establecer una inversión inicial manejable para una primera etapa demostrativa. Este sistema es de tipo on grid, lo que significa que está conectado a la red eléctrica, permitiendo tanto la generación de energía para el consumo propio como la inyección de excedentes a la red. El sistema se dimensiona de acuerdo con las características específicas del lugar, la orientación de los paneles, las horas de sol disponibles y los requerimientos energéticos estimados.

Dado que la potencia del sistema es de 50 kWp, y considerando un rendimiento promedio de los paneles fotovoltaicos disponibles en el mercado (aproximadamente 585 Wp por panel), se estima que el sistema requerirá la instalación de aproximadamente 86 paneles solares.

$$\text{Paneles} = \frac{50000}{585} \cong 85,47 \rightarrow 86 \text{ Paneles}$$

Para determinar la superficie que ocuparán estos paneles, es importante considerar las dimensiones de los mismos. Cada panel tiene dimensiones de 2278 mm × 1134 mm × 30 mm, es decir, 2,58 m². La superficie total ocupada por los 86 paneles será aproximadamente:

$$\text{Superficie Total} = 86 * 2,58m^2 \cong 221,88m^2$$

Esta superficie es la que se ocuparía en el caso de que se instalen los paneles de manera horizontal o alineados de forma compacta. Esta medida debe ser considerada al momento de planificar el espacio donde se instalarán los paneles.

Por su parte, el sistema requiere de un inversor, que es el componente del sistema encargado de transformar la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma en que la electricidad se utiliza en las instalaciones domésticas e industriales. En este caso se considera un inversor Growatt comercial de 50.000 W, modelo trifásico, que permite una generación máxima de hasta 75.000 W en momentos de alta radiación. Esta selección garantiza un funcionamiento eficiente en condiciones normales y suficiente capacidad para gestionar picos de generación sin pérdidas significativas por limitación.

El uso de un inversor sobredimensionado en potencia pico respecto a la potencia instalada mejora la confiabilidad del sistema, asegura una mayor captura de energía en días soleados y permite ampliar el sistema en el futuro sin necesidad de reemplazo del inversor.

8.2.3. PRODUCCIÓN ESTIMADA DE ENERGÍA

La producción de energía de un sistema fotovoltaico depende de varios factores, entre ellos la ubicación geográfica, la inclinación de los paneles, las horas de sol promedio y las condiciones climáticas. Para estimar la producción energética del sistema propuesto en San Antonio de Areco, se utilizaron datos del

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), una herramienta desarrollada por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. (Comisión Europea, 2024)

En el PVGIS se insertaron los siguientes parámetros:

- Ubicación: San Antonio de Areco, Buenos Aires, Argentina
- Potencia instalada: 50 kWp
- Tipo de panel: AmeriSolar 585 Wp
- Cantidad de paneles: 86 unidades
- Inclinación de los paneles: 35°
- Orientación (azimut): 0° (orientación norte)
- Pérdidas estimadas del sistema: 14% (incluye pérdidas por temperatura, cables, inversor, suciedad, etc.)

Según los datos obtenidos de PVGIS, la producción energética estimada es la siguiente:

- Producción diaria promedio: 225 kWh/día
- Producción mensual promedio: 6.750 kWh/mes
- Producción anual estimada: 82.125 kWh/año

Estos valores representan una estimación basada en condiciones climáticas promedio y, como se mencionó anteriormente, pueden variar según factores como la nubosidad, la temperatura ambiente y el mantenimiento del sistema.

Considerando que durante el último año el consumo energético mensual promedio del supermercado Eco es de aproximadamente 40660 kWh, la producción de este sistema fotovoltaico cubriría cerca del 17% de la demanda energética mensual (ver Figura 10). Esta contribución representa un ahorro significativo en la factura eléctrica y una reducción en la huella de carbono de la instalación.

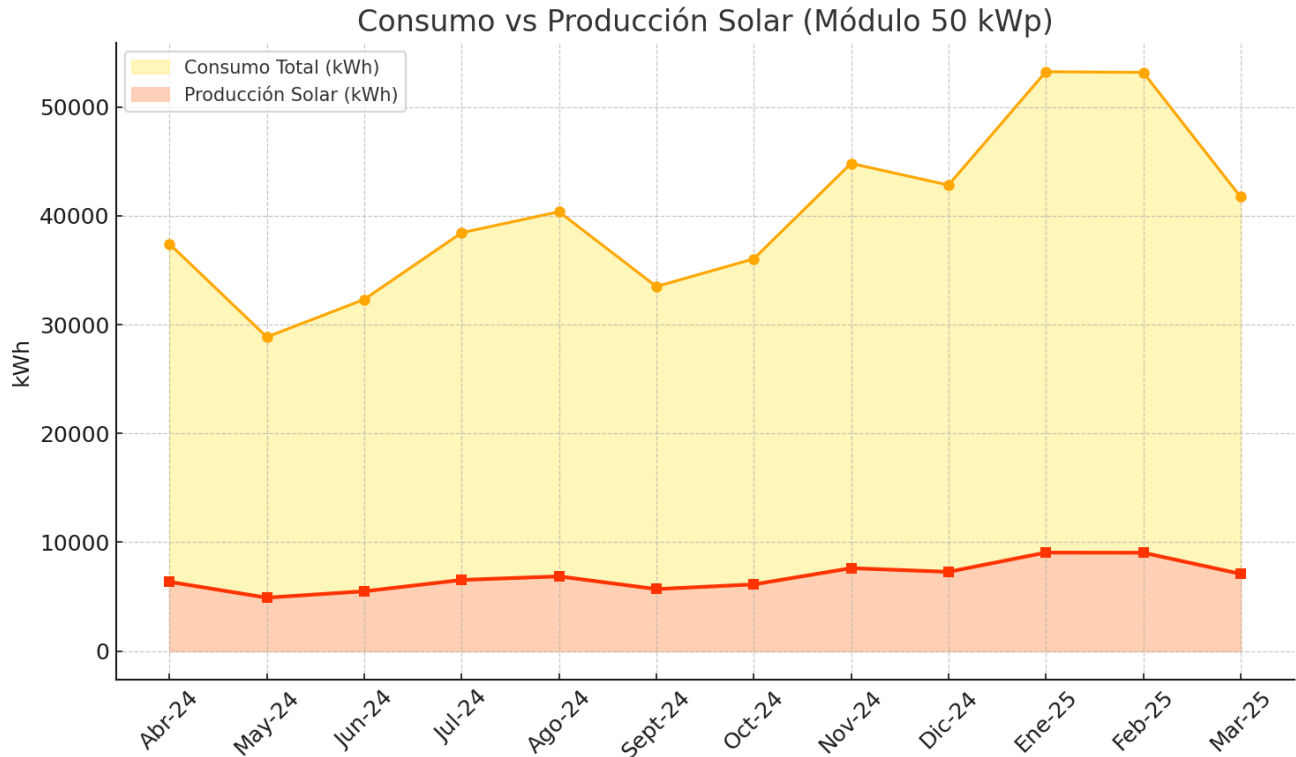


Figura 10. Relación entre consumo energético y producción solar.

8.2.4. COSTOS DEL SISTEMA

Para evaluar la viabilidad económica del sistema propuesto de 50 kWp sin aplicar un modelo participativo, se realizó un análisis financiero clásico basado en el costo total del sistema, la energía generada, la tarifa eléctrica vigente y los costos operativos estimados.

Es necesario aclarar que para saber el costo energético que tiene actualmente el supermercado, se analizaron las facturas eléctricas del local correspondientes a los últimos 12 meses. En dichas facturas, se identificaron los valores del cargo variable por energía según los tres bloques horarios de facturación: Pico (82,6391 \$/kWh), Resto (81,3263 \$/kWh) y Valle (80,2809 \$/kWh). A fin de obtener un valor unificado que representara el costo promedio real de la energía, se calculó un promedio ponderado en función del consumo de cada franja horaria. Posteriormente, este valor en pesos fue convertido a dólares estadounidenses utilizando un tipo de cambio de referencia de 1 USD = 1160 ARS, correspondiente al valor del dólar financiero vigente al momento del análisis. El resultado fue una tarifa eléctrica promedio

estimada de 0,07 USD/kWh, que se empleó como base para calcular el ahorro económico anual derivado de la generación fotovoltaica.

Por otro lado, se calculó el costo nivelado de energía (LCOE), que es una métrica para calibrar el costo promedio de la generación de electricidad a lo largo de la vida útil de un activo energético, este dato ayuda a determinar la viabilidad y competencia de un proyecto de generación de electricidad. Entonces, podemos decir que el LCOE representa el costo promedio por kilovatio-hora generado a lo largo de toda la vida útil del sistema. (Alice & Alexandra, 2024)

Si consideramos los siguientes datos:

- **Costo total de inversión:** 25.000 USD
- **Vida útil esperada:** 25 años
- **Costos de operación y mantenimiento (O&M):** $375 * 25 = 9375$ USD
- **Producción de energía estimada:** $82125 * 25 = 2053125$ kWh

$$LCOE = \frac{34375}{2053125} \cong 0,0167 \text{ USD/kWh}$$

Se obtiene un LCOE de aproximadamente 0,0167 USD/kWh, es decir, 1,67 centavos de dólar por kWh generado, muy por debajo de la tarifa de red vigente, que se mencionó anteriormente y es de 0,07 USD/kWh, por lo que el sistema permitiría un ahorro económico anual aproximado de:

$$\text{Ahorro Anual} = 82125 * 0,07 \cong 5748,75 \text{ USD}$$

Descontando los costos de O&M, el ahorro neto anual es de aproximadamente 5.373,75 USD. Con estos valores, se entiende que el sistema se amortiza completamente en menos de 5 años, y a partir de allí genera ahorro neto durante el resto de su vida útil. Al final de los 25 años, el beneficio acumulado supera los 100.000 USD. (Ver Figura 11)

Cabe destacar que este valor no contempla posibles incentivos fiscales, beneficios impositivos ni programas de financiación específicos, los cuales podrían mejorar considerablemente la viabilidad económica del proyecto.

Ahorro en USD

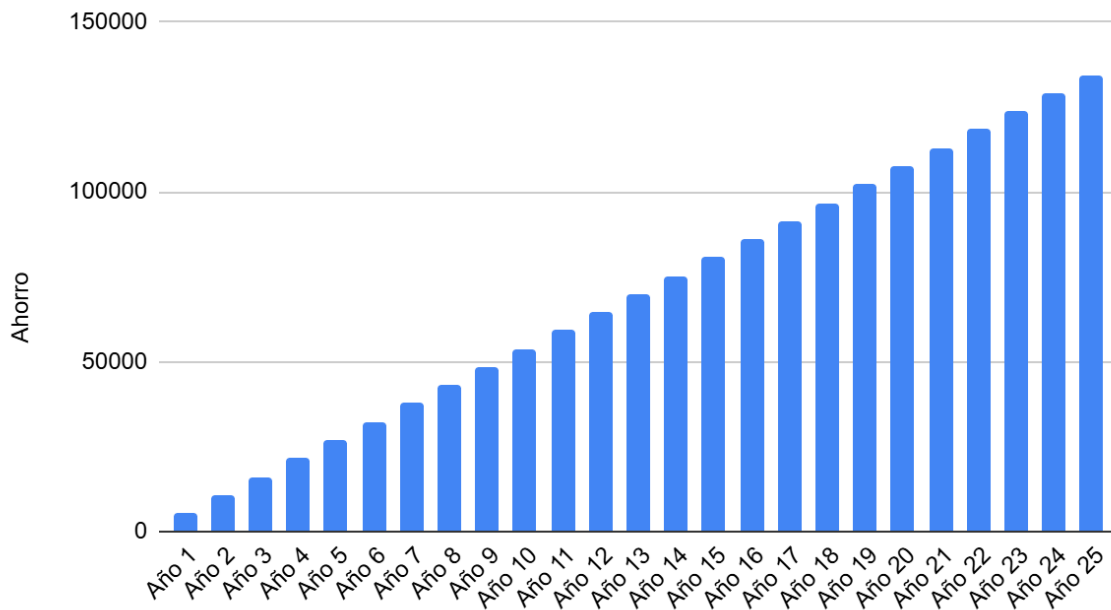


Figura 11. Ahorro a lo largo de la vida útil del sistema fotovoltaico.

En conclusión, el análisis económico demuestra que el sistema fotovoltaico de 50 kWp propuesto es técnica y financieramente viable. Cabe señalar que esta evaluación se basa en un solo módulo de generación, que representa una cobertura estimada del 17% del consumo energético mensual del supermercado. Este análisis abre la puerta a posibles escalamientos del sistema, con la incorporación de uno o más módulos adicionales que podrían elevar la cobertura energética renovable al 50% o incluso al 60%, dependiendo de la disponibilidad de espacio e inversión. Una estrategia de expansión progresiva permitiría al establecimiento reducir de forma sostenida su dependencia energética externa, disminuir sus costos operativos a largo plazo y fortalecer su posicionamiento ambiental en la comunidad.

No obstante, el acceso al capital inicial continúa siendo un obstáculo relevante para la implementación de este tipo de tecnologías en el sector comercial. Por ello, en el siguiente apartado se presenta un modelo innovador de financiamiento participativo, que permite involucrar directamente a los clientes en la instalación del sistema, compartiendo los beneficios y reduciendo la carga financiera del supermercado.

8.3. APLICACIÓN DEL MODELO PARTICIPATIVO AL CASO DE ESTUDIO

8.3.1. OBJETIVO DEL MODELO PARTICIPATIVO

El presente modelo propone un esquema de financiamiento alternativo, que para este caso de estudio se denominará “Club Eco”, pensado para viabilizar la instalación de un sistema fotovoltaico en el supermercado sin recurrir a financiamiento bancario tradicional. El modelo se basa en la participación activa de los propios clientes como inversores, quienes aportan un monto inicial que permite financiar la instalación del sistema solar, y a cambio reciben una rentabilidad del 10% anual en dólares durante tres años, acreditada mensualmente como crédito exclusivo para consumo en el supermercado (ver Figura 12).

Desde el punto de vista del supermercado, este modelo representa una solución innovadora para financiar tecnología renovable sin comprometer su liquidez, mientras que fortalece la relación con sus clientes y mejora su posicionamiento institucional como comercio sustentable. Por su parte, los clientes acceden a una inversión con rentabilidad garantizada, en una iniciativa de impacto ambiental positivo, aún en casos donde no puedan o no quieran instalar paneles solares en sus propios hogares. La propuesta se enmarca en una lógica de economía circular local, en la que los recursos se generan y consumen dentro de la misma comunidad.

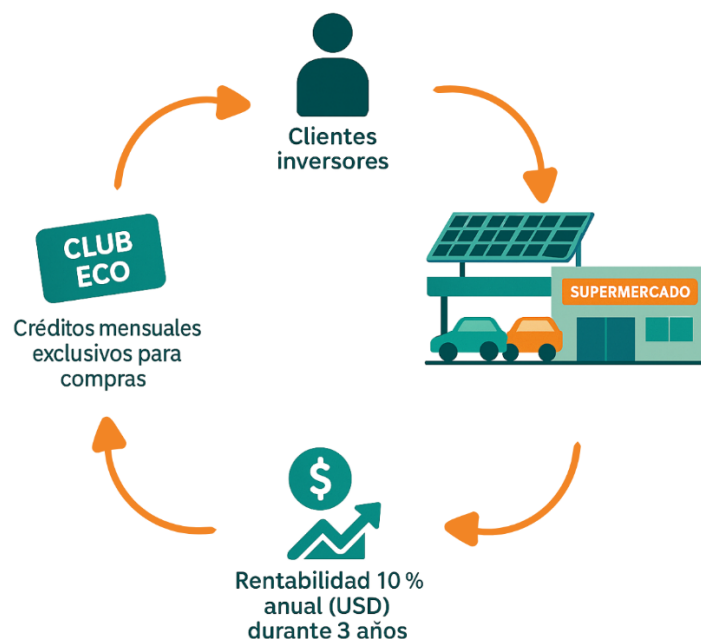


Figura 12. Esquema de funcionamiento del modelo “Club Eco”.

8.3.2. DISEÑO DEL PROGRAMA

El programa Club Eco estará abierto a la participación voluntaria de clientes del supermercado que deseen convertirse en inversores del sistema solar fotovoltaico. La inversión se realizará en pesos argentinos, pero todos los cálculos se expresarán y ajustarán en dólares estadounidenses, utilizando como referencia el tipo de cambio vendedor del Banco Nación al momento de cada transacción. De esta forma, se resguarda el valor del capital invertido frente a la inflación local y se asegura previsibilidad para ambas partes.

No se establece un monto mínimo obligatorio para participar; sin embargo, se propone una clasificación orientativa según el monto invertido, a modo de membresía:

- **Club Eco Común:** inversión entre 200 y 500 USD
- **Club Eco Gold:** inversión entre 501 y 1.000 USD
- **Club Eco Black:** inversión superior a 1.000 USD

A cambio de su aporte, los miembros del Club Eco recibirán un retorno del 10% anual en dólares, que se acredita mensualmente como crédito exclusivo para usar en compras dentro del supermercado. El pago mensual se realiza durante un período de tres años, lo que equivale a un 30% de retorno total sobre el capital invertido. Por ejemplo, un cliente que invierte 1.000 USD recibirá 1.300 USD en 36 cuotas mensuales de aproximadamente 36,11 USD cada una, convertidas al tipo de cambio vigente y depositadas en su cuenta Club Eco.

El crédito no utilizado en el mes se acumula y no vence, generando un sistema de incentivos alineado con el consumo en el establecimiento. Además del beneficio financiero, los socios del Club Eco accederán a promociones especiales, descuentos exclusivos y otras ventajas diferenciadas, con mayores beneficios según el nivel de membresía.

El programa será gestionado por el propio supermercado, quien administrará las cuentas, las acreditaciones mensuales y la comunicación con los inversores-clientes. Esto permitirá mantener el vínculo directo, fomentar la fidelización y consolidar una comunidad comprometida con la transición energética.

8.3.3. FLUJO ECONÓMICO DEL MODELO

El diseño financiero del modelo participativo Club Eco se estructura para que el supermercado no deba realizar una inversión inicial, sino que obtenga los fondos necesarios a través de aportes voluntarios de sus propios clientes. A cambio de esta inversión, el supermercado se compromete a devolver el capital inicial con un retorno total del 30% en dólares, distribuido en 36 pagos mensuales equivalentes, durante un período de tres años.

Este esquema transforma lo que en un modelo tradicional sería un préstamo bancario en un sistema de financiamiento circular, donde los fondos no salen de la comunidad, sino que se reinyectan como crédito en el propio supermercado, fortaleciendo así la fidelización y el vínculo con sus clientes. A continuación, se muestra ejemplificado:

- **Inversión inicial total:** 25.000 USD (aportada por los clientes)
- **Retorno total acordado:** 32.500 USD (capital + 30%)
- **Pago mensual estimado:** 902,78 USD
- **Duración del pago:** 3 años

Simultáneamente, el supermercado se beneficia desde el inicio con un ahorro energético neto de 5.373,75 USD anuales, gracias a la energía generada por el sistema fotovoltaico, que reduce el consumo proveniente de la red. Este ahorro compensa parcialmente los pagos mensuales, lo que reduce el flujo negativo efectivo durante los primeros tres años.

A partir del año 4, finalizados los pagos a los inversores, el supermercado pasa a retener el 100% del ahorro energético neto, lo que representa ingresos indirectos de más de 5.300 USD anuales durante al menos 22 años más. El punto de equilibrio del modelo, es decir, el momento en que el flujo acumulado pasa a ser positivo, se alcanza en el año 7 del proyecto, como se puede observar en la Figura 13, luego del cual todos los beneficios son netamente favorables para el supermercado.

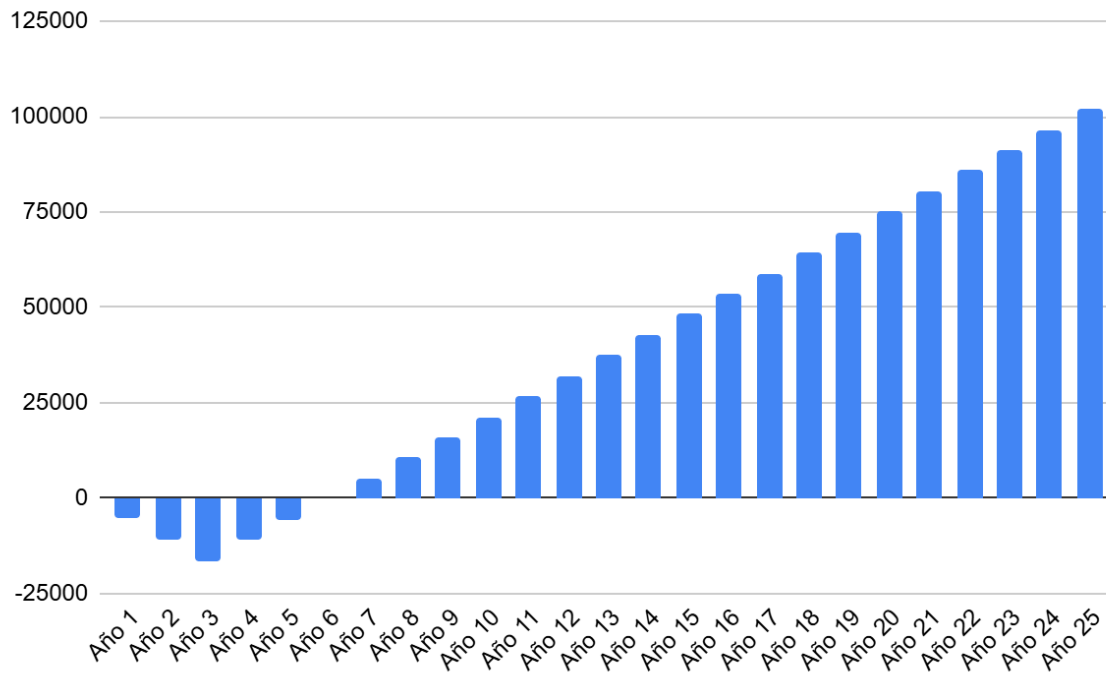


Figura 13. Punto de equilibrio económico del modelo.

Este modelo financiero, además de viable, es más accesible y conveniente que un préstamo bancario, ya que no requiere garantías, no genera endeudamiento formal y permite una administración flexible y directa por parte del establecimiento. Además, los pagos realizados retornan en forma de consumo dentro del mismo local, reforzando el círculo virtuoso de sostenibilidad económica y social.

8.3.4. IMPACTOS ESPERADOS

La aplicación del modelo participativo Club Eco presentaría una serie de impactos esperados significativos desde el punto de vista económico, ambiental y comercial.

Comenzando con la parte económica, se considera que para la inversión objetivo inicial estimada en 25.000 USD, se requerirían aproximadamente 50 clientes que aporten en promedio 500 USD cada uno, lo que resulta realista y accesible. Esta participación directa genera inmediatamente un vínculo estrecho y continuo entre los clientes y el supermercado, potenciando la fidelización. Dado que los retornos mensuales se acreditan como créditos para compras exclusivas en el supermercado, los inversores no

sólo recuperan su dinero con rentabilidad, sino que incrementan su frecuencia de compra y el ticket promedio. Además, la inclusión de promociones y beneficios exclusivos mejora el rendimiento de su inversión, potencia la atracción de nuevos clientes y fomenta el crecimiento progresivo del Club Eco.

En términos ambientales, cada módulo fotovoltaico de 50 kWp instalado generará aproximadamente 82.125 kWh anuales de energía limpia, lo que implica una reducción significativa de emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar energía procedente de fuentes convencionales. Considerando el factor de emisión promedio del sistema eléctrico argentino, estimado por la Secretaría de Energía en aproximadamente 0,4 toneladas de CO₂ por cada MWh producido, se lograría evitar anualmente alrededor de 32,85 toneladas de CO₂ por módulo instalado. Este beneficio ambiental, fácilmente escalable con nuevos módulos, aporta de manera concreta y cuantificable al compromiso ambiental local y regional.

Comercialmente, un programa como el del Club Eco puede tener una rápida escalabilidad. Por ejemplo, el supermercado podría iniciar con un módulo fotovoltaico de 50 kW el primer año, y una vez finalizado el periodo inicial de tres años, utilizar parte del ahorro generado por el primer módulo para financiar nuevos módulos, creando progresivamente un sistema autosostenible. De esta manera, a mediano plazo, la inversión inicial de futuros módulos podría autoabastecerse a través de los ahorros obtenidos por los módulos existentes, reduciendo significativamente la necesidad de fondos externos.

Asimismo, esta propuesta no se limita exclusivamente a la sucursal estudiada; Eco podría replicar fácilmente el modelo en otras sucursales presentes en diferentes ciudades, potenciando así la visibilidad de su compromiso ambiental y beneficiándose de economías de escala. En este sentido, grandes cadenas de supermercados con infraestructura y personal, podrían adoptar rápidamente el modelo gracias a sus sistemas preexistentes de tarjetas y programas de fidelización. De la misma manera, el modelo podría aplicarse exitosamente en otros sectores comerciales como estaciones de servicio, establecimientos recreativos (bingos, casinos) o grandes superficies comerciales con espacios amplios que permitan la instalación efectiva y visualmente atractiva de paneles solares.

9. DISCUSIÓN

9.1. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El análisis de producción energética muestra que un solo módulo de 50 kWp es capaz de generar alrededor de 82.125 kWh anuales, lo que cubre aproximadamente el 17 % de la demanda eléctrica del supermercado. Ello se traduce en un costo nivelado de la energía solar fotovoltaica de apenas 0,0167 USD/kWh, frente a la tarifa actual de red cercana a 0,07 USD/kWh, la diferencia confirma la competitividad de la fuente solar.

En cuanto al desempeño financiero, el escenario convencional (inversión directa del supermercado) muestra una recuperación de la inversión inferior a cinco años, seguido de dos décadas de ahorro neto. El modelo participativo Club Eco modifica esa curva: durante los tres primeros años los pagos mensuales a los clientes-inversores superan el ahorro que el sistema aporta, de modo que el flujo neto resulta negativo; sin embargo, a partir del cuarto año el supermercado retiene el ahorro total, y el saldo acumulado se torna positivo en el séptimo ejercicio.

9.2. CAUSAS Y FACTORES EXPLICATIVOS

En primer lugar, la estacionalidad juega a favor, ya que los meses de mayor irradiancia (diciembre-febrero) coinciden con los picos de consumo y con las tarifas más elevadas, maximizando el ahorro. Segundo, la combinación de módulos de alta potencia (585 Wp) y un recurso solar medio de 4,5 HSP/día en San Antonio de Areco garantiza una producción estable y un LCOE particularmente bajo. Por último, el diseño financiero convierte cada dólar devuelto en compras dentro del local, garantizando que los fondos nunca abandonan la economía del supermercado, lo que refuerza la fidelización y amplifica el beneficio comercial.

9.3. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

No se han documentado en Argentina experiencias que integren generación distribuida comercial y micro-inversión de clientes; sí existen, en cambio, antecedentes internacionales de comunidades solares y esquemas de crowdlending energético. Los informes de REN21 (2023) y de la IEA (2022) coinciden

en que la participación ciudadana reduce la barrera de capital inicial y acelera la adopción de renovables. Los resultados de este estudio confirman esa tendencia: al redistribuir el coste de la instalación entre los clientes, se evita la búsqueda de crédito bancario y se mantiene un periodo de recuperación razonable.

9.4. CONTRIBUCIÓN A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

El trabajo demuestra que un comercio mediano puede incorporar energía solar sin recurrir a préstamos tradicionales, gracias a la inyección de capital de sus propios clientes, lo que responde directamente a la limitación planteada en la introducción, la escasez de financiamiento asequible para proyectos de generación distribuida, y responde al objetivo general de evaluar la viabilidad de un modelo participativo.

9.5. FORTALEZAS, LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES

Entre las fortalezas más relevantes se destacan el triple impacto logrado, debido al ahorro económico, la reducción de emisiones ($\approx 32,8$ t CO₂/año) y el fortalecimiento del vínculo con los clientes. Como limitaciones aparecen el riesgo cambiario, inherente a la conversión mensual de dólares a pesos, y la necesidad de una gestión administrativa rigurosa para el Club Eco, acompañada por campañas de comunicación constantes. Al mismo tiempo, el proyecto abre oportunidades adicionales, como la posibilidad de acceder a incentivos provinciales o municipales por la incorporación de renovables, replicación en otras sucursales y en otros sectores. Además, también se destaca la opción de financiar futuros módulos con el ahorro generado por los primeros, avanzando gradualmente hacia una mayor autosuficiencia energética del supermercado.

Por último, resulta clave señalar el contexto tarifario actual, que está impulsado por una política nacional de “sinceramiento” de la tarifa eléctrica, lo que ha producido y seguirá produciendo incrementos reales en el costo del kWh de red. Este factor externo refuerza la conveniencia del sistema fotovoltaico y del modelo participativo, pues cada suba de tarifa incrementa automáticamente el ahorro mensual y, en consecuencia, reduce el período de recuperación efectivo. Así, la ventaja competitiva del modelo se mantiene y tiende a ampliarse en escenarios de mayores costos de la energía convencional.

10. CONCLUSIONES

Este trabajo buscó demostrar que la combinación de generación solar distribuida con un esquema de financiamiento participativo puede transformar un supermercado mediano en actor directo de la transición energética local. El dimensionamiento de un sistema fotovoltaico de 50 kWp, instalado sobre el estacionamiento y, por lo tanto, sin ocupar suelo adicional, cubre alrededor del 17 % del consumo anual, evita la emisión de unas 33 t CO₂ por año y entrega un costo nivelado de la energía muy inferior a la tarifa de red. El ahorro que genera la planta, además, se fortalece a medida que las tarifas eléctricas continúan sincerándose, reduciendo el período de recuperación económica.

El modelo Club Eco, eje innovador de la propuesta, traslada la inversión inicial a los propios clientes-inversores y convierte el pago de intereses en crédito de compra dentro del establecimiento. De este modo se evita el endeudamiento bancario, se recircula el dinero en la economía del negocio y se incrementa la fidelidad del público. El flujo financiero proyectado muestra un saldo acumulado positivo a partir del séptimo año y un beneficio neto superior a 80 000 USD durante la vida útil restante de la instalación, todo ello sin requerir subsidios ni incentivos externos.

Una gran fortaleza del modelo radica en su flexibilidad: pueden ajustarse las distintas variables e iniciarse con un único módulo, escalándolo según se requiera, incluso, permite financiar los nuevos con el ahorro de los anteriores cubriendo un porcentaje mayor del consumo. Esa misma lógica permite replicarlo en otras sucursales o rubros (estaciones de servicio, centros comerciales, casinos), usando las mismas herramientas y tecnológicas.

Más que introducir dispositivos desconocidos, la tesis ensambla herramientas ya disponibles y las reordena desde una perspectiva integral, con base en el territorio y respondiendo a necesidades reales como, en este caso, el acceso a capital para energías renovables, reducción de costos operativos y construcción de vínculos comunitarios. La innovación, por lo tanto, no surge de una novedad tecnológica aislada, sino del ejercicio de mirar los recursos cotidianos y articularlos de un modo distinto.

En síntesis, este trabajo demuestra que es posible generar nuevas dinámicas que colaboren en la transición energética, nutriéndose de modelos sencillos, escalables y socialmente inclusivos. El desafío futuro será validar el desempeño real de la primera instalación, documentar la experiencia de los clientes-inversores y, a partir de allí, perfeccionar la propuesta para que más comercios y comunidades adopten este tipo de soluciones colaborativas que conjugan finanzas, territorio y sostenibilidad.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alice, G., & Alexandra, J. (2024). *IBM*. Obtenido de <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/levelized-cost-of-energy>
- Basterra Larrea, M. (2021). *Nuevos Modelos de Negocio en Electricidad para la Transición Energética*.
- Comisión Europea. (2024). *SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA FOTOVOLTAICA*. Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Decreto N.º 986/2018*. (2018). Obtenido de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-986-2018-319309/texto>
- Decreto Provincial N.º 2371/2022*. (2022). Obtenido de Sistema de Información Normativa y Documental: <https://normas.gba.gob.ar/ar-b/decreto/2022/2371/336602>
- Eco Supermercados. (s.f.). *Eco Supermercados*. Obtenido de <http://www.ecosupermercados.com.ar>
- enlight. (2020). *enlight*. Obtenido de https://www.enlight.mx/blog/carport-solar?utm_source=chatgpt.com
- Fundación Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Recomendaciones para una transición energética justa en la Argentina: una mirada integral*.
- Fundación ICBC. (2023). *Cambio Climático, Mitigación y Transición Energética, Oportunidades para la Argentina*.
- Ignacio Contreras, D. C. (2018). *Guía para la financiación de proyectos sostenibles*. España: Enerinvest. Obtenido de <https://www.ecoserveis.net/wp-content/uploads/2019/04/guia-para-la-financiacion-de-proyectos-de-energia-sostenible-2a-edicion.pdf>
- IRENA. (2023). *Innovation landscape for smart electrification*. Obtenido de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_Innovation_landscape_smart_electrification_2023.pdf

- Ley Nacional N.º 26.190.* (2006). Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-26190-2006>
- Ley Nacional N.º 27.191.* (2015). Obtenido de Argentina.gob.ar:
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27191-2015>
- Ley Nacional N.º 27.424.* (2017). Obtenido de Argentina.gob.ar:
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27424-2017>
- Ley Provincial N.º 15.325.* (2022). Obtenido de Sistema de Información Normativa y Documental:
<https://normas.gba.gob.ar/ar-b/ley/2022/15325/293039>
- Longi. (2024). *Longi*. Obtenido de <https://www.longi.com/br/news/2024-snec-silicon-perovskite-tandem-solar-cells-novo-recorde/>
- Lorenzo, J. A. (2025). *Sunfields*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/autoconsumo/funcionamiento-inversor-fotovoltaico/>
- MAYDS. (2021). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Argentina 2021*. Obtenido de <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/files/Booklet%20INGEI%202022%20digital.pdf>
- Motork. (2025). *Motork Noticias*. Obtenido de <https://motork.es/las-placas-solares-mas-eficientes-en-2025>
- NASA Power. (s.f.). *Proyecto Power*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- OCEBA. (2023). Obtenido de https://oceba.gba.gov.ar/nueva_web/noticia.php?id=137
- Panel Power. (2025). *Panel Power, Energía Inteligente*. Obtenido de <https://www.panelpower.com.mx/como-funcionan-los-paneles-solares#EficienciadelosPaneles>
- Pelayo, M. (2016). *Diseño de una Estructura Soporte para un Módulo Integrado de Placa Fotovoltaica*. Obtenido de https://oa.upm.es/44696/1/TFM_MONICA_HUIDOBRO_PELAYO.pdf

Red de Política de Energía Renovable para el Siglo XXI. (2024). *Comunidado de Prensa REN21*. París. Obtenido de https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/Press-Release_GSR2024_SPANISH.pdf

Resolución N.º 314/2018. (2018). Obtenido de Argentina.gob.ar:
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolucion-314-2018-317948/texto>

Resolución N.º 7/2019. (2019). Obtenido de Argentina.gob.ar:
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolucion-7-2019-317963/texto>

Roca, P. A. (2024). *Konery*. Obtenido de <https://konery.com/que-es-un-inversor-fotovoltaico-y-por-que-es-esencial/>