

Caracterización energética del Archipiélago de La Plata, Bahía Málaga, Colombia

Cartilla Apropiación Social del Conocimiento



Proyecto de investigación

"Modelo técnico, económico y financiero accesible en sistemas energéticos, basado en microrredes de fuentes renovables para la electrificación rural"



Autores

Ph. D. María Juliana Cardona Márquez
Ph. D. Yuri Ulianov López Castrillón
Ph. D. Gabriel Eduardo Escobar Arias

Afiliación

Universidad Autónoma de Manizales
Universidad Autónoma de Occidente
Universidad Autónoma de Manizales

Caracterización energética del Archipiélago de La Plata, Bahía Málaga, Colombia

Caracterización energética del Archipiélago de La Plata, Bahía Málaga, Colombia

Proyecto de investigación

**Modelo técnico, económico y financiero accesible en sistemas energéticos,
basado en microrredes de fuentes renovables para la electrificación rural.**

Ph. D. María Juliana Cardona Márquez

Ph. D. Yuri Ulianov López Castrillón

Ph. D. Gabriel Eduardo Escobar Arias

Caracterización energética del archipiélago de La Plata, Bahía Málaga, Colombia / María Juliana Cardona Márquez, Yuri Ulianov López Castrillón, Gabriel Eduardo Escobar Arias. — Cali : Universidad Autónoma de Occidente, 2025. 70 páginas ; 21,59 X 27,94 cm. Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-619-238-5 (PDF)

1. Energía sostenible — Colombia. 2. Electrificación rural. 3. Desarrollo sostenible.
4. Islas — Recursos energéticos. 5. Bahía Málaga (Valle del Cauca, Colombia).
6. Pacífico colombiano. I. Cardona Márquez, María Juliana. II. López Castrillón, Yuri Ulianov. III. Escobar Arias, Gabriel Eduardo. IV. Universidad Autónoma de Occidente.

Caracterización energética del archipiélago de La Plata, Bahía Málaga, Colombia

© Autores

María Juliana Cardona Márquez

Universidad Autónoma de Manizales

Yuri Ulianov López Castrillón

Universidad Autónoma de Occidente

Gabriel Eduardo Escobar Arias

Universidad Autónoma de Manizales

ISBN: 978-958-619-238-5 (PDF)

Primera edición: diciembre 2025

© **Universidad Autónoma de Occidente**

Km. 2 vía Cali-Jamundí, A.A. 2790

Cali, Valle del Cauca, Colombia.

El contenido de esta publicación no compromete el pensamiento de la Institución, es responsabilidad absoluta de sus autores. Tampoco puede ser reproducido por ningún medio impreso o digital sin permiso expreso de los dueños del Copyright.

Personería jurídica, Res. No. 0618, de la Gobernación del Valle del Cauca, del 20 de febrero de 1970. Universidad Autónoma de Occidente, Res. No. 2766, del Ministerio de Educación Nacional, del 13 de noviembre de 2003. Acreditación Institucional de Alta Calidad, Res. 23002 del 30 de noviembre de 2021, con vigencia hasta el 2025. Acreditación Internacional de Alta Calidad, acuerdo No. 85 del 26 de enero de 2022 del Cinda. Vigilada MinEducación.

Gestión editorial

Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Emprendimiento

Jesús David Cardona Quiroz

Vicerrector de Investigaciones, Innovación y Emprendimiento

José Julián Serrano Quimbaya

Jefe Unidad de Visibilización y Divulgación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación

Editor

jjherrano@uao.edu.co

Angélica María Bohórquez Borda

Coordinadora editorial

ambohorquez@uao.edu.co

Lucía Bernal-Cerquera

Diseño y diagramación

Contenido

7	Lista de abreviaturas
9	Introducción
10	Ubicación geográfica
11	Información sociodemográfica
13	Conformación sociopolítica
14	Caracterización energética básica
16	Percepción frente al uso de una tecnología renovable
18	Caracterización económico-productiva
22	Servicios públicos
22	Salud
22	Fuente de agua mejorada
22	Energía
23	Educación
23	Eliminación de desechos
23	Centros de acopio
24	Combustible para la cocción de alimentos
25	Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)
26	Caracterización ambiental
28	Caracterización cultural
31	Indicadores socioeconómicos
31	Índice de pobreza multidimensional (IPM)
39	Índice de pobreza monetaria
41	Indicadores productivos
46	Generación de energía
50	Demanda de energía



53	Sistemas de generación de energía
53	Microrred
57	Restricción de presupuesto
58	Sistema solar individual
61	Costos
61	Microrred
62	Sistema solar individual
66	Referencias

Lista de abreviaturas

AC: Corriente alterna

B-DEX: Base de Datos del Régimen de Excepción y Especial.

BDUA: Base de Datos Única de Afiliados

BM: Banco Mundial

CPRD: Centros poblados y rural disperso

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DC: Corriente continua

FV: Fotovoltaica

GEI: Gas de efecto invernadero

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IPM: Índice de pobreza multidimensional

IPS: Instituciones prestadoras de servicios de salud

NBI: Necesidades básicas insatisfechas

NNA: Proporción de niños, niñas y adolescentes

PEA: Población económicamente activa

SIN: Sistema Interconectado Nacional

SMMLV: Salario mínimo mensual legal vigente

SSS: Sistema de Seguridad Social

TIC: Tecnologías de información y las comunicaciones

ZNI: Zonas no interconectadas. Son áreas no conectadas al SIN.

Introducción

En esta cartilla se divulgan los resultados de investigación, obtenidos en desarrollo de la tesis de doctorado titulada “Modelo técnico, económico y financiero accesible en sistemas energéticos, basado en microrredes de fuentes renovables para la electrificación rural”, realizada por María Juliana Cardona y dirigida por el doctor Yuri López y Gabriel Escobar, en el Doctorado en Ingeniería de la Red Mutis. Este documento fortalece la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, en especial entre la comunidad caso de estudio, Archipiélago de La Plata, Bahía Málaga, Colombia, denominada zona no interconectada (ZNI), con alta vulnerabilidad y carencia de servicios públicos, y la academia.

Aquí se caracteriza, por una parte, la comunidad caso de estudio, según los conceptos ubicación, información sociodemográfica, conformación sociopolítica, caracterización energética, caracterización económica y productiva, servicios públicos, tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), caracterización ambiental y cultural. Por otra parte, se calculan indicadores de pobreza multidimensional, índice de pobreza monetaria e indicadores productivos, para finalmente caracterizar la generación de energía, calcular la demanda y diseñar dos tipos de sistemas de generación de energía (Microrred y Sistema solar individual). Por último, se exponen los costos de los sistemas.

El documento se desarrolla en quince secciones cortas. Debido a la metodología multicriterio desarrollada, las nueve primeras presentan los resultados del diagnóstico y la aplicación de la encuesta en territorio. Luego, la sección 10 presenta una profunda descripción de indicadores socioeconómicos en los cuales se selecciona el índice de pobreza multidimensional para ser aplicado en el estudio. En la 11, se analizan los resultados en actividades productivas, ingresos, gastos, entre otros, para identificar el perfil económico y productivo de la comunidad. Posteriormente, las secciones 12, 13 y 14 muestran el análisis de recurso energético, el consumo de energía y las tecnologías que pueden usarse para generar electricidad en la población aislada. Finalmente, en el apartado 15 se detallan los costos de generación de energía y las tarifas del uso de estas tecnologías.

Especiales agradecimiento a la comunidad, por su disposición y compromiso en esta investigación, y esperamos que los resultados aporten a su desarrollo, y al aumento de la probabilidad en la implementación de un proyecto para su electrificación.

Alcance temporal y metodológico de la información

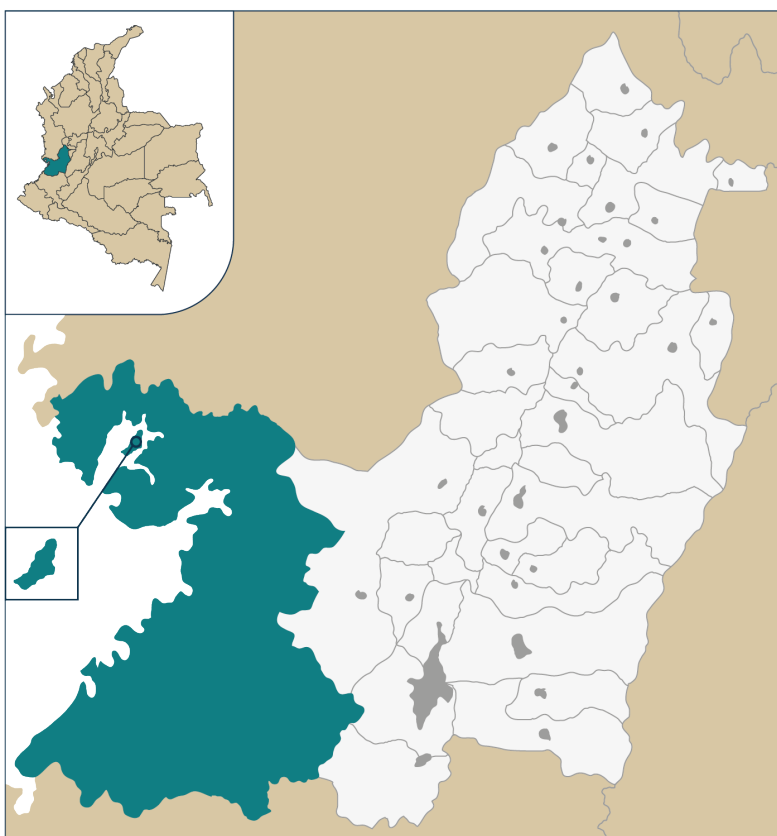
Los resultados presentados en esta cartilla fueron obtenidos durante diferentes etapas de la investigación. En 2018 se aplicó el Instrumento 1 a 18 viviendas de la comunidad y, en 2020, se aplicó el Instrumento 2 a 22 viviendas. Los instrumentos tuvieron alcances y preguntas diferentes; por esta razón, el número de respuestas válidas puede variar entre los análisis, tablas y figuras. En cada caso se debe considerar el año de recolección, el instrumento utilizado y el número de respuestas válidas.

Los costos de equipos, materiales, transporte, mano de obra e instalación se expresan en pesos colombianos corrientes de 2021. Los supuestos y ejercicios financieros fueron elaborados con información disponible en 2022. En consecuencia, los valores presentados son de carácter referencial y no corresponden a precios de mercado ni a condiciones de financiación vigentes a la fecha de publicación.

Ubicación geográfica

El archipiélago es una zona rural costera del Pacífico colombiano muy cerca de Buenaventura en el departamento del Valle de Cauca, a una altitud de 7 metros sobre el nivel del mar (msnm) y con acceso marítimo. Su ubicación geográfica en grados, según datos de navegador Google, es: latitud 4.034622 y longitud -77.228853. La Plata se considera un centro poblado y asentamiento de comunidad afrodescendiente.

Figura 1 Mapa de ubicación geográfica de La Plata, Bahía Málaga, Colombia



Fuente: [1].

Figura 2 Fotografía Archipiélago La Plata, Bahía Málaga, Colombia



Fuente: autores

Esta zona geográfica se caracteriza por ser un atractivo turístico y natural rodeada de manglares, paisaje vegetal y diversidad animal, y forma parte del Parque Nacional Natural Uramba, Bahía Málaga.

Información sociodemográfica

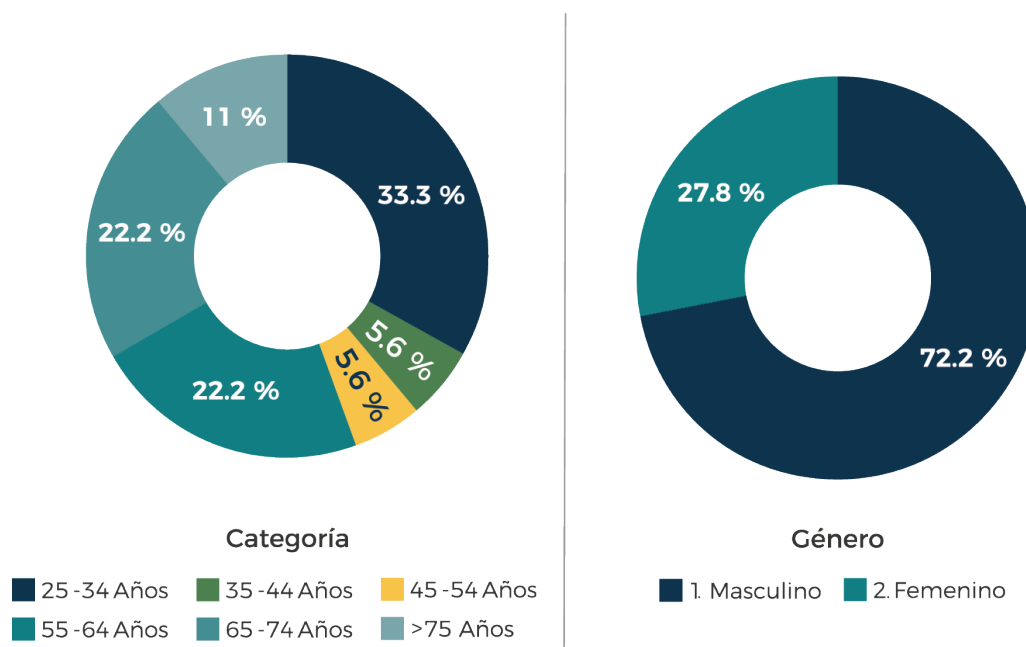
Su población es, aproximadamente, de 225 habitantes que residen en 45 viviendas. Los oriundos de La Plata son afrodescendientes, de actividad principalmente pesquera.

La distribución por edad se muestra en la figura 3, donde la mayor cantidad de la población está entre los 25 y 34 años, sin embargo, hay habitantes desde los 0 hasta los 90 años.

El número de habitantes por vivienda oscila entre dos y siete personas, con el 66 % entre dos y cuatro personas por vivienda. En los hogares, habita al menos un menor de edad, pero predominan los hogares con más de 3 niños, con el 72,2 %.

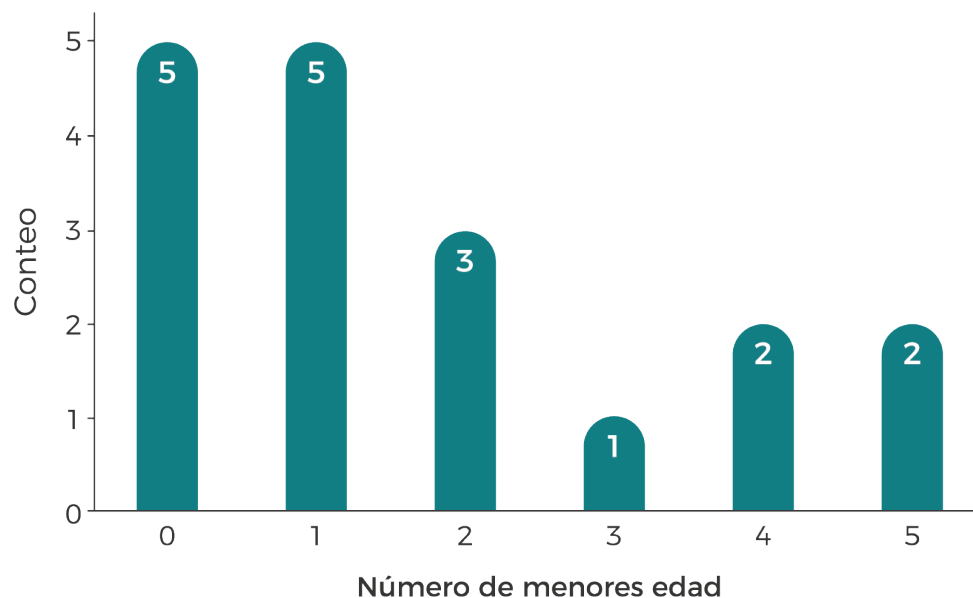
En el 55 % de los hogares, existen dos personas económicamente activas, y en un 27 % una sola persona. El estado civil de los jefes del hogar es mayormente unión libre, con varios hijos a su cargo. Al menos en el 72 % de los hogares, hay menores de edad en etapa escolar (figura 4), por lo que se evidencia la necesidad de educación formal en la zona.

Figura 3 Gráfica de edad y género en La Plata, Bahía Málaga



Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica para ZNI en Colombia” 2016; UAO

Figura 4 Menores de edad por vivienda. La Plata, Bahía Málaga



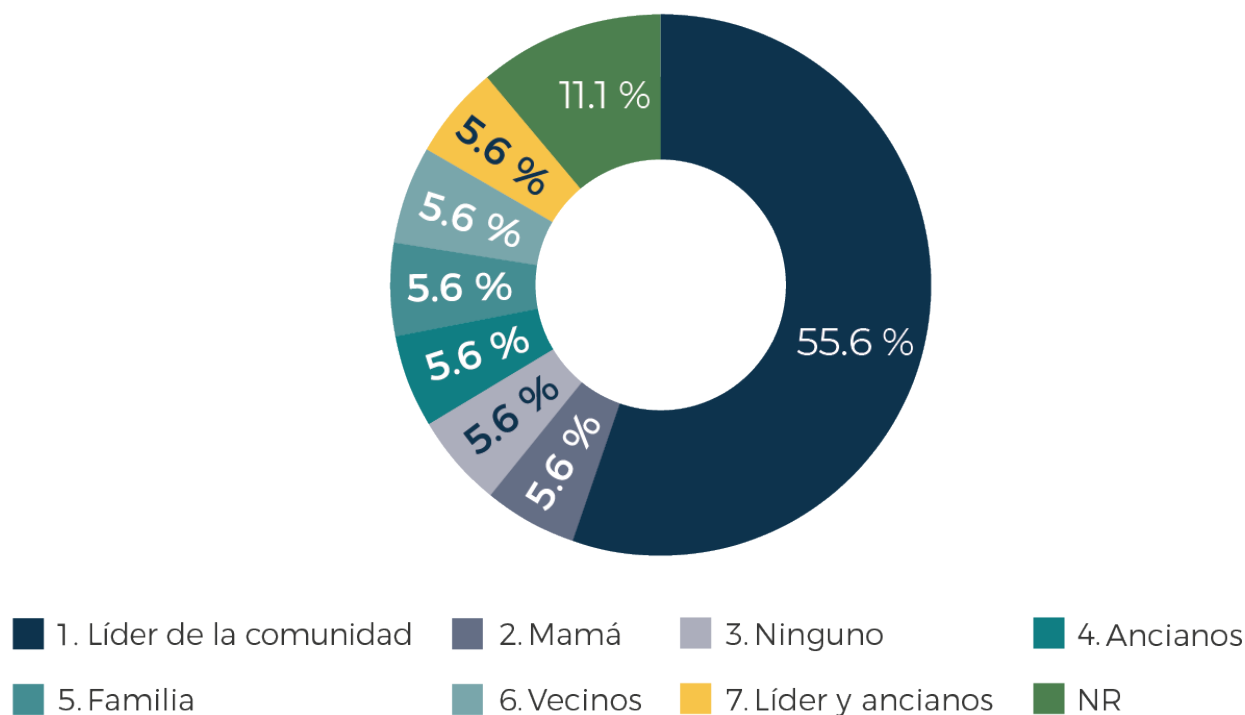
Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica para ZNI en Colombia” 2016; UAO

Conformación sociopolítica

La comunidad de La Plata se considera un asentamiento en la zona rural de Buenaventura. El archipiélago está atado políticamente a la conformación sociopolítica del municipio y cabecera municipal; no obstante, está representada por un líder social y la Fundación Comunitaria Ecomanglar.

Los habitantes son muy unidos y organizados, quienes se reúnen frecuentemente para hablar, con especial énfasis, de los proyectos que emprenden para mejorar su calidad de vida, la productividad y el fortalecimiento de sus actividades económicas. Internamente, tiene pequeñas asociaciones lideradas por personas con amplia experiencia en áreas como la pesca, la piangua y el turismo. Según las encuestas realizadas, se pudo observar que las personas más importantes para la comunidad y en las cuales generalmente confían los habitantes son el líder social y los jefes del hogar (figura 5).

Figura 5 Personas más importantes en las que los habitantes confían



Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica para ZNI en Colombia” 2016; UAO

Caracterización energética básica

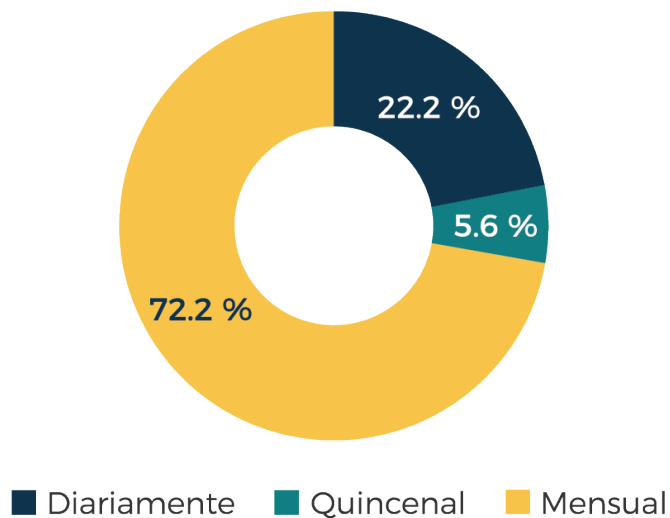
La Plata clasifica como zona no interconectada (ZNI) en Colombia, es decir, no está conectada al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Sus habitantes obtienen energía eléctrica a partir de una planta de generación diésel con una capacidad máxima de 12 kW. El combustible que requiere la planta se obtiene a través de un subsidio gubernamental de 200 gal/mes. Con este subsidio, la comunidad tiene un suministro de energía eléctrica de 4 horas al día (de las 18:00 a las 22:00 horas). Aun así, el combustible se agota antes de finalizar el mes y los habitantes deben pagar por el combustible adicional que requieren para abastecerse las mismas 4 horas/día por los días que faltan. Con un promedio de 5 habitantes por vivienda, la demanda de energía promedio de la comunidad es 596,9 kWh/día.

Los costos que el centro poblado debe asumir por la obtención del combustible corresponden a costos logísticos (figuras 6 y 7) para el traslado del combustible subsidiado hasta el archipiélago. Este traslado implica el transporte en lancha, el cual tiene una duración promedio de 1 hora (por trayecto), costo de transporte y movilidad en el municipio de Buenaventura, y costo de hospedaje y alimentación para el encargado de esa actividad. Para esto, cada vivienda de la isla debe pagar, aproximadamente, COP20 000 al mes para subsidiar esta actividad. El dinero se reúne diariamente y un delegado del comité de energía pasa casa por casa recibiendo el dinero.

Para cubrir la falta de combustible, cuando este se agota, los habitantes pagan entre COP1000 y COP4000 por familia, por el resto de los días que deben cubrirse. Adicionalmente, la población debe pagar la reparación de la planta diésel cuando ha sufrido averías, sin considerar los costos de oportunidad por los días en que no se posee el servicio de la energía y se limitan las actividades como el turismo, pesca, elaboración de artesanías, así como la iluminación nocturna.

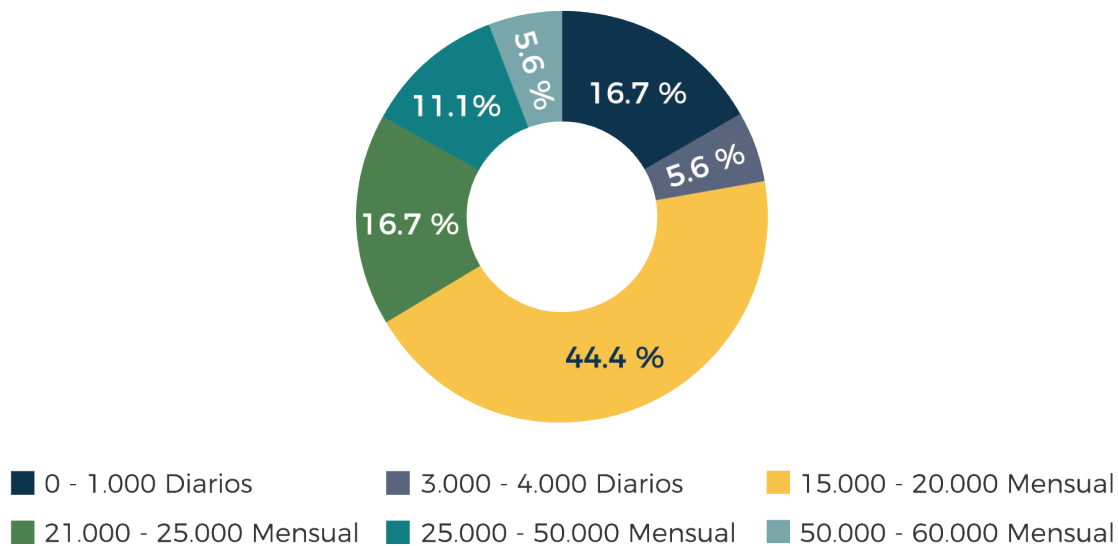
Los principales recursos energéticos utilizados para la cocción de alimentos y necesidades de calefacción son la biomasa natural a partir de la combustión de leña de la región, cortando árboles y especies naturales como el mangle. Sin embargo, esta se considera un área protegida del Valle del Cauca, y el corte de mangle está restringido, puesto que es un ecosistema valioso e importante para la conservación de la región. Esta formación vegetal posee propiedades como su capacidad para el control de la erosión, purificación del agua y del aire, pesca, formación de suelo, paisajismo y espiritualidad; sin embargo, su tala excesiva afecta la biodiversidad y reduce las capacidades productivas de la misma región.

Figura 6 Frecuencia de pagos por electricidad



Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica para ZNI en Colombia” 2016; UAO

Figura 7 Costo de la electricidad



Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica para ZNI en Colombia” 2016; UAO

Los resultados de las encuestas arrojaron que el 50 % de los hogares encuestados cocinan con leña, madera, material de desecho y carbón vegetal; además, el 45,8 % de esos mismos hogares cocinan, también, con gas propano, y solamente el 4,2 % cocinan con petróleo. Cuando las personas de La Plata no utilizan la leña, utilizan cilindros de gas, que cuestan aproximadamente COP75 000 al mes (Tabla 1).

Tabla 1 Combustible para cocinar en La Plata

Tipo de fuente	Porcentaje (%)
Gas en cilindro o pipeta	45,8
Petróleo	4,2
Leña, madera, material de desecho, carbón vegetal	50,0
Total	100,0

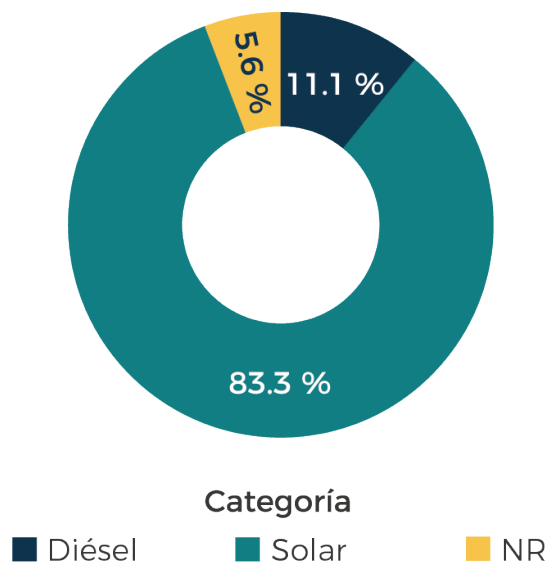
Fuente: autores.

Percepción frente al uso de una tecnología renovable

En las visitas de campo y los encuentros con la comunidad, se indagó sobre la opinión que tienen los habitantes de la energía renovable, en especial la energía solar fotovoltaica (FV). Se halló que el 100 % de las personas saben qué es un panel solar. Adicional a esto, la comunidad tiene claridad frente a los beneficios y a los problemas que causa el uso de combustibles fósiles para cubrir las necesidades energéticas, como contaminación ambiental y emisión de gases de efecto invernadero, ruido, mal olor, deforestación e impacto sobre la diversidad ambiental. De igual manera, ante la pregunta sobre el tipo de energía que más beneficios trae para la comunidad, el 83 % de la población encuestada respondió que esta es la solar FV, y comentaron que el sol es gratis, no es ruidoso, costos más bajos, es permanente y es una tecnología limpia (figura 8).

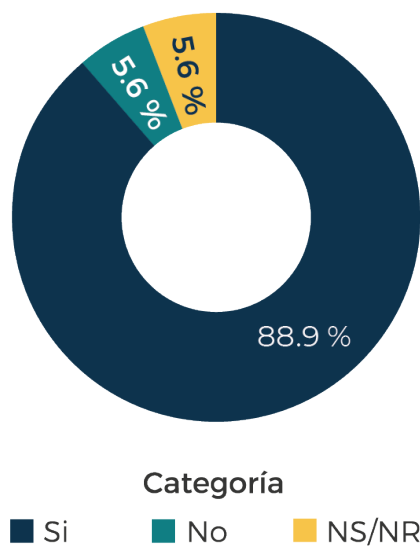
Los resultados indican que el 88 % de la población quiere más cobertura de energía eléctrica para acceder a las telecomunicaciones (23,53 %), poseer alumbrado por más tiempo (17,65 %), mayor recreación (17,65 %), electrodomésticos (11,76 %), mejorar la calidad de vida (11,11 %), mayor tiempo de conservación de los productos frescos (5,88 %), escuchar música (6,25 %), mejorar el proceso artesanal (5,88 %) e incrementar su economía (5,56 %) (figuras 9 y 10)

Figura 8 Tipo de energía más beneficioso para la comunidad



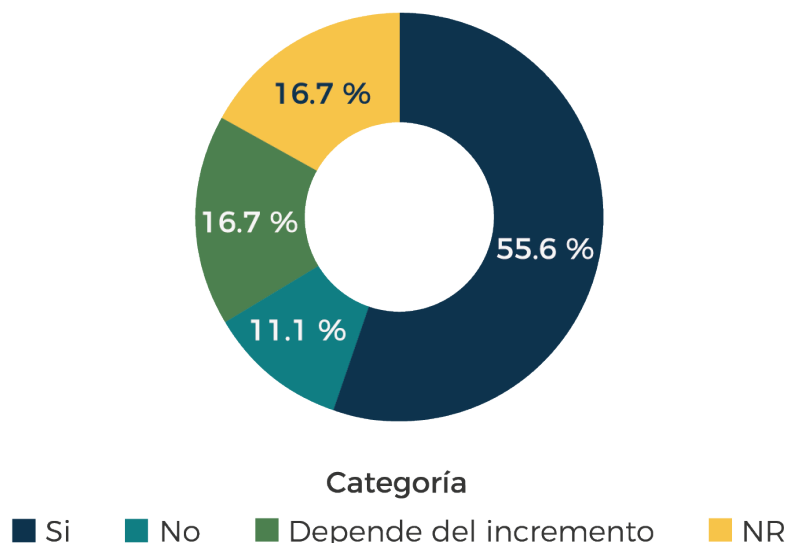
Fuente: autores.

Figura 9 Interés de la comunidad por tener más horas de energía al día



Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica sostenible para ZNI en Colombia” 2016; UAO.

Figura 10 Disposición de la comunidad en pagar un poco más por más horas de energía



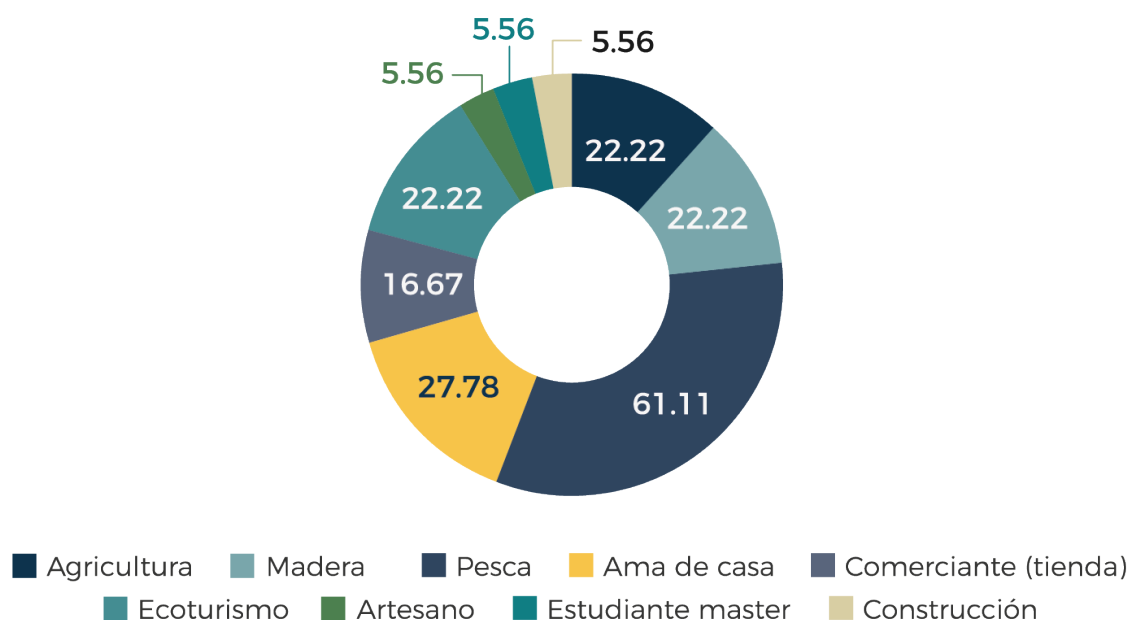
Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica sostenible para ZNI en Colombia” 2016; UAO.

En términos generales, el uso de la tecnología solar FV se percibe positivamente en los habitantes. La mayoría estarían dispuestos a pagar un poco más por mayor cobertura de energía, y encuentran más ventajas que desventajas con el uso de la tecnología.

Caracterización económico-productiva

Los platenses realizan actividades productivas principalmente derivadas de los recursos naturales que tienen a disposición, tales como la pesca, la piangua, actividades turísticas, artesanales y comerciales. Con base en las encuestas, se encontró que el mayor porcentaje de la comunidad depende de actividades productivas como la pesca, con el 61,11 %. Los habitantes en edades productivas tienen múltiples ocupaciones, pues combinan tareas de pesca y elaboración de productos derivados de la madera, o actividades turísticas y artesanales. Esta distribución, en orden de importancia, se muestra en la figura 11.

Figura 11 Distribución de actividades productivas de los habitantes de La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

Como ya se mencionó, los habitantes de La Plata, en especial los hombres, se dedican a las actividades de pesca en las horas de la mañana, y eligen otras actividades productivas en las horas de la tarde, como el ecoturismo, la elaboración de productos de madera (remos, botes, casa, entre otros). Por su parte, las mujeres se dedican al cuidado del hogar y de los hijos, y ejercen algunas actividades productivas, como elaboración de artesanías y dulces, atención de comercios en casa (tiendas) y el ecoturismo. Entre estas actividades, una de las dificultades en la pesca es la baja conservación del pescado fresco para la venta, porque, al carecer de congeladores y energía para su funcionamiento, el pescado se descompone rápidamente; por tanto, debe consumirse o secarse al sol para la venta como pescado seco, perdiendo gran parte de la utilidad (figura 12). Una de las soluciones que brindaría un sistema de generación de energía sería el aumento en la productividad de esta actividad principal.

Figura 12 Pescado seco en La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

Otra de las actividades productivas y turísticas más destacadas de esta comunidad es la piangua (figura 13) y la *Ruta de la piangua*. En esta actividad ancestral, las piangueras se dirigen a remo hacia los manglares cercanos de la zona, y buscan manualmente este molusco. Esta actividad tiene gran valor para la comunidad, pues se ha realizado por las comunidades negras a lo largo del Pacífico colombiano. La recolección de la piangua genera ingresos por comercialización del molusco, así como ingresos turísticos a través de la Ruta de la piangua que les ofrecen a los visitantes. El molusco se almacena vivo en un centro de acopio (figura 14) que ha construido la comunidad, para utilizarse en diversas preparaciones, cuando se requiera. Otro beneficio que traería la ampliación de la cobertura de energía sería la conservación de la piangua en otras presentaciones, para comercializarse en otras regiones.

Figura 13 Piangua. La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

Figura 14 Centro de acopio de la piangua, en La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

Durante el trabajo de campo realizado en la zona, se encontraron fuentes naturales de frutos como la piña, el algodón, entre otros. Estos recursos, utilizados en el consumo local, son potenciales productivos que, mediante una buena capacitación y adecuación de cultivos, podría generar ingresos adicionales para los platenses.

Servicios públicos

El Archipiélago de La Plata carece del acceso a los servicios públicos, no solo de energía eléctrica sino de los demás indispensables para el bienestar humano; no obstante, esta comunidad ha generado maneras prácticas de obtener lo que necesitan.

Salud

Los habitantes se encuentran vinculados al régimen subsidiado y son atendidos en las instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) de Buenaventura, cuando ellos lo requieren. Sin embargo, la distancia con la cabecera municipal hace que el transporte en lancha hasta el lugar de atención sea difícil y costoso, por lo que este acceso es muy bajo. Cuando se presenta alguna emergencia vital, los habitantes se trasladan a la Estación Naval Málaga, donde los atienden. En La Plata no existe una institución de salud que atienda ocasionalmente a los habitantes.

Fuente de agua mejorada

El agua para el consumo humano la obtienen de botellas o bolsas de agua que comercializan algunos habitantes, así como del agua lluvia. Algunas personas poseen filtros para purificar el agua.

Energía

En la comunidad existe una planta eléctrica de combustible diésel de 12 kW, para cubrir las necesidades energéticas; sin embargo, el combustible que es subsidiado por el gobierno alcanza a cubrir, en promedio, 4 horas de energía al día, que utilizan entre las 18:00 y las 22:00 horas del día.

Educación

En La Plata, se cuenta con un jardín escolar y una escuela primaria llamada Institución Educativa Rosa Zárate de Peña, a la que asisten los niños más pequeños hasta el año escolar 5.º; a partir de este grado, los estudiantes continúan sus estudios en la Institución Educativa Rosa Zárate de Peña, en una comunidad cercana. Durante las visitas de trabajo de campo, los habitantes de La Plata han manifestado: baja calidad del sistema educativo en esta comunidad, ya que la escuela no cuenta con la totalidad de los cursos necesarios para culminar sus estudios; su infraestructura es precaria; y hay deficiencia de docentes. Esta situación produce deserción escolar o migración de los jóvenes a otras ciudades, como Buenaventura, para finalizar sus estudios y, por lo general, no regresan.

Eliminación de desechos

Los desechos orgánicos e inorgánicos se eliminan principalmente a través de la quema de estos. La eliminación de excretas se realiza en inodoro conectado a pozo séptico (tabla 2). En el territorio no hay alcantarillado, lo cual es muy común en estas regiones costeras.

Tabla 2 ¿Cómo eliminan principalmente la basura en esta vivienda?

Respuesta	Porcentaje (%)
La entierran.	25,0
La queman.	41,7
La tiran a un patio, lote, zanja, baldío.	33,3
Total	100,0

Fuente: autores.

Centros de acopio

Existe un centro de acopio para la piangua, construido hace algunos años por la comunidad. Allí se almacenan estos moluscos vivos. Este alimento se comercializa y consume por los habitantes. No hay centros de acopio para el pescado; algunos habitantes poseen sus propios congeladores para conservar estos productos, sin embargo, es necesario comprar hielo en una comunidad cercana (Punta Soldado) para verter en los congeladores, por la falta de

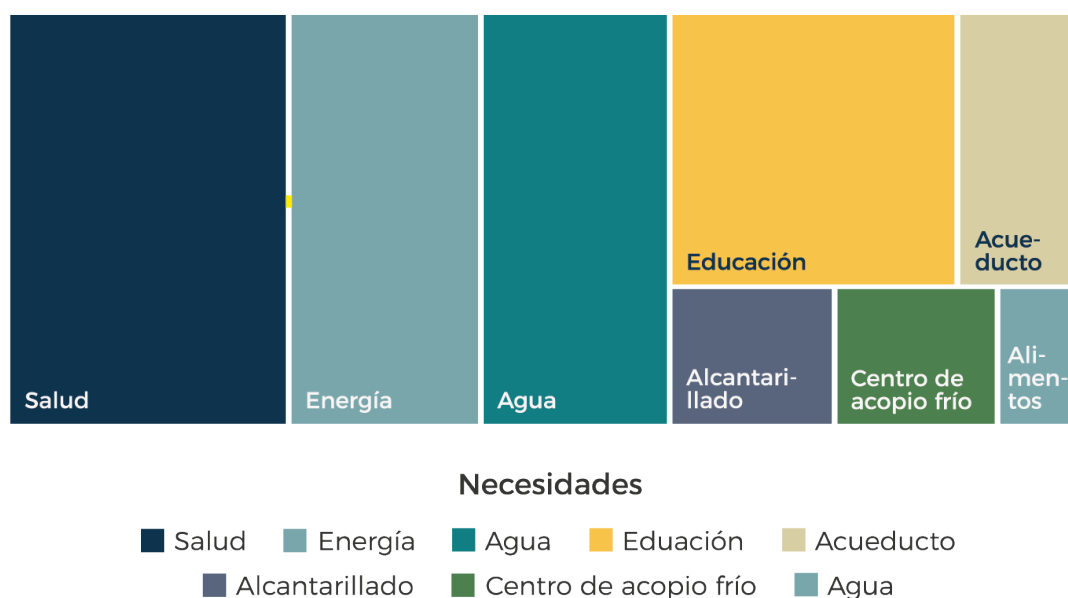
energía. Los habitantes que no tienen estas posibilidades secan el pescado al sol, para comercializarlo en este estado.

Combustible para la cocción de alimentos

Los alimentos se cocinan con leña, carbón vegetal, o, en los mejores casos, con cilindros de gas que compran en Buenaventura. El uso de estas fuentes naturales de energía para cocinar produce afectaciones respiratorias en los usuarios, ya que solamente los habitantes con más ingresos económicos pueden acceder a fuentes de gas propano.

Los habitantes de La Plata han priorizado sus necesidades de servicios públicos, tal como se observa en la figura 15, según la cual los servicios de salud resultan los más importantes con el 58,82 %, seguido por la energía eléctrica, el agua potable y la educación con iguales porcentajes (41,18 %).

Figura 15 Priorización de necesidades de servicios públicos por los habitantes de La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)

El acceso a las TIC es supremamente limitado en estas zonas costeras. En La Plata no hay conexión a internet, y la señal de teléfono es muy débil. A pesar de esto, los habitantes poseen celulares y en algunos momentos pueden recargar de minutos y datos para acceder a información. En las encuestas realizadas, se indagó sobre el acceso y uso que se les da a estas tecnologías, y se encontró que el 66 % de los encuestados afirman que entre dos y tres personas en el hogar saben manejar un computador, y el uso que le dan principalmente es para comunicarse con otras personas (tabla 3).

Tabla 3 ¿Para cuáles de las siguientes actividades usa el computador?

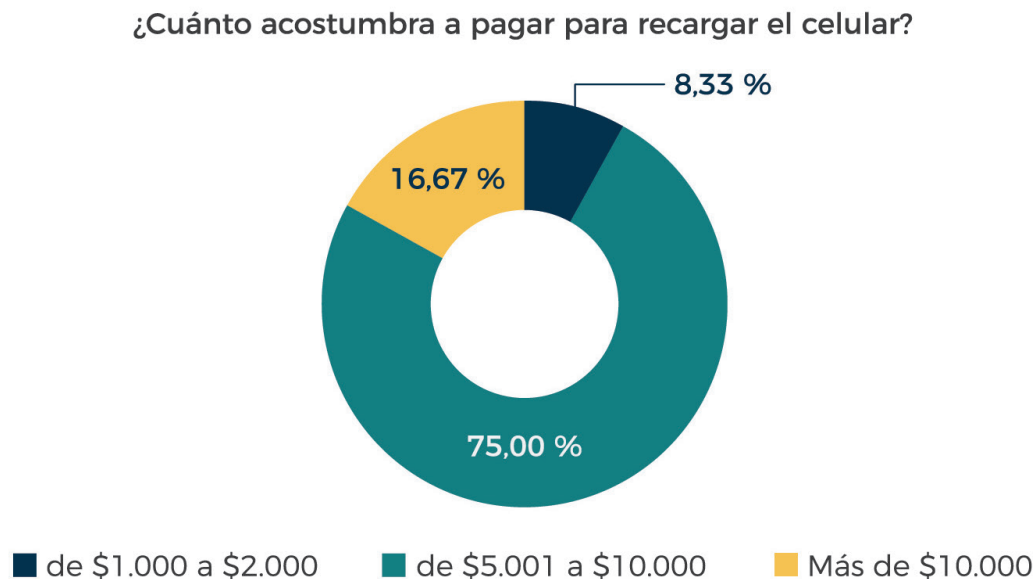
Respuestas	Porcentaje (%)
Realizar tareas propias de su trabajo.	7,1
Entretenimiento (series, redes sociales).	28,6
Comunicarse con otras personas.	35,7
Realizar tareas propias de su educación.	28,6
Total	100,0

Fuente: autores.

El 75 % de los habitantes encuestados afirman que la calidad del internet en la zona es regular; una hora de internet cuesta COP1000 y el principal operador es Hughesnet. En cuanto a la telefonía móvil, el principal operador es Movistar; los habitantes poseen planes prepagados que recargan con COP5000 a COP10 000 en el 75 % de los casos (figura 16).

El restringido acceso a los servicios de internet y señal de teléfono es una limitación para la comunidad en muchos aspectos, por ejemplo, el acceso a toda la información disponible en internet y a la educación hacen obsoletos los sistemas de recaudo de dinero y las transacciones bancarias. El sistema de generación de energía tendría limitaciones para capturar información en tiempo real.

Figura 16 ¿Cuánto acostumbra a pagar para recargar el celular?



Fuente: autores.

Caracterización ambiental

La Plata, Bahía Málaga, forma parte del Parque Natural Nacional Uramba, cuya extensión es de 47 092 ha. Sus parámetros meteorológicos le han dado una categoría de clima tropical húmedo, con una temperatura ambiental de aproximadamente 27°C, humedad relativa del 80 % y promedio anual de precipitaciones mayor a 6000 mm, zona muy lluviosa durante más de 300 días al año¹. Este parque natural destaca a nivel mundial por su especial concentración en biodiversidad de flora y fauna; por sus aguas cálidas y calmadas es un destino con mayor concentración de migración gestacional de la ballena jorobada [2].

Los resultados de la evaluación de los criterios e indicadores ambientales realizados en [2] arrojaron que la implementación de sistemas solares individuales representa la opción con menor impacto ambiental en la comunidad, comparada con un sistema solar centralizado o la cobertura con fuente diésel. La investigación se basó en el análisis de cuatro criterios ambientales para evaluar el impacto que puede tener un sistema de generación de energía

¹ Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga: <https://www.parquesnacionales.gov.co/nuestros-parques/pnn-uramba-bahia-malaga/>

en el medio ambiente de la zona. Estos cuatro criterios fueron: área intervenida, afectación de especies, cambio climático y emisiones contaminantes.

Respecto al área intervenida, el sistema solar individual y la generación diésel poseen un valor más positivo, y es menor que uno, ya que el área total de una base (torre) que soportaría aproximadamente dos paneles solares por vivienda sería 1,13, y el área total de la planta diésel 2, mientras el área intervenida para un sistema solar centralizado ocuparía un área aproximada de 240.

En este ejercicio, el sistema solar centralizado se consideró en una ubicación sobre el nivel del mar en muelle flotante, por lo que la afectación a las especies es clave, ya que restringiría el paso de la luz solar hacia el fondo del mar e impediría la fotosíntesis y el normal desarrollo de la vida marina. En cuanto al sistema solar individual y la planta diésel, no habría mucho impacto sobre la afectación a las especies ya que, por el tránsito de las personas, los animales no suelen frecuentar la zona residencial.

En este tipo de proyectos, el cambio climático se mide con dos indicadores: la vulnerabilidad del sistema de generación por las características del ambientales de la zona y el impacto del sistema sobre las condiciones meteorológicas. En este caso, el impacto del sistema solar sobre el cambio climático se evalúa en cero, ya que no produce ningún tipo de gas de efecto invernadero (GEI), y la planta diésel se valora negativamente.

Por último, las emisiones de gases contaminantes se calcularon con base en las emisiones generadas en el transporte de los equipos hasta la zona de estudio, porque el sistema solar individual o centralizado no genera dióxido de carbono a la atmósfera en su funcionamiento; la planta diésel es supremamente contaminante, y genera un total de 21 201,74, con un factor de emisión para este combustible de 2,79, si se considera que la comunidad consume 20,81 litros/día.

Para cubrir el total de la demanda de energía con combustible diésel, se necesitarían alrededor de 58,13 gal/día, con eficiencia en la planta diésel de 0,0974 (para plantas con una potencia de 12 kW). Eso equivaldría a un total de 221 048,49 en emisiones contaminantes a la atmósfera.

$$Emisión = 79\,228,85 \frac{\text{L}}{\text{año}} * 2,79 \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{CO}_2}{\text{L} \cdot \text{diésel}} = 221\,048,49 \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{CO}_2}{\text{año}}$$

Donde $2,79 \frac{\text{kg} \cdot \text{CO}_2}{\text{L} \cdot \text{diésel}}$ es el factor de emisión extraído de la guía práctica para el cálculo de las emisiones efecto invernadero GEI [3].

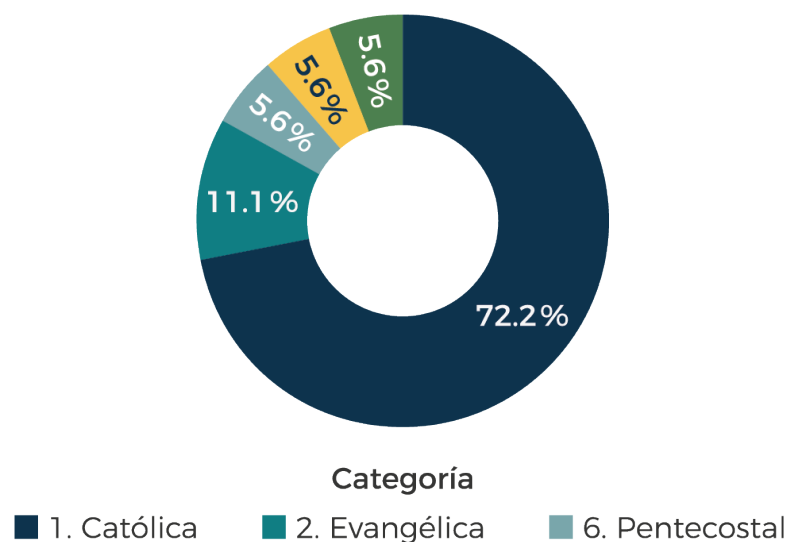
Por tanto, se concluye que, ambientalmente, la alternativa que menor impacto traería al ecosistema es el sistema solar individual.

Caracterización cultural

La comunidad de La Plata, Bahía Málaga, es una población de etnias indígena embera-wounaan, mestiza y negra. Los habitantes son mayormente católicos (figura 17), de actividad pesquera, con múltiples hábitos culturales, dinámicos, democráticos e interesados por el desarrollo económico y productivo, siempre teniendo en cuenta la protección del medio ambiente y su rico ecosistema.

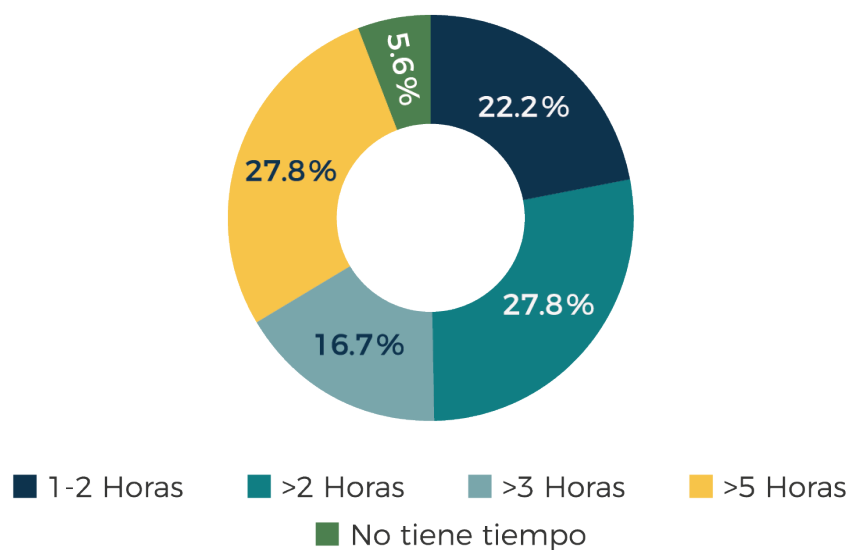
Algunos rasgos culturales destacados son las celebraciones que festejan, el tiempo libre (figura 18), la música, las rutinas (figura 19), los lugares importantes, entre otros.

Figura 17 Religión en La Plata, Bahía Málaga



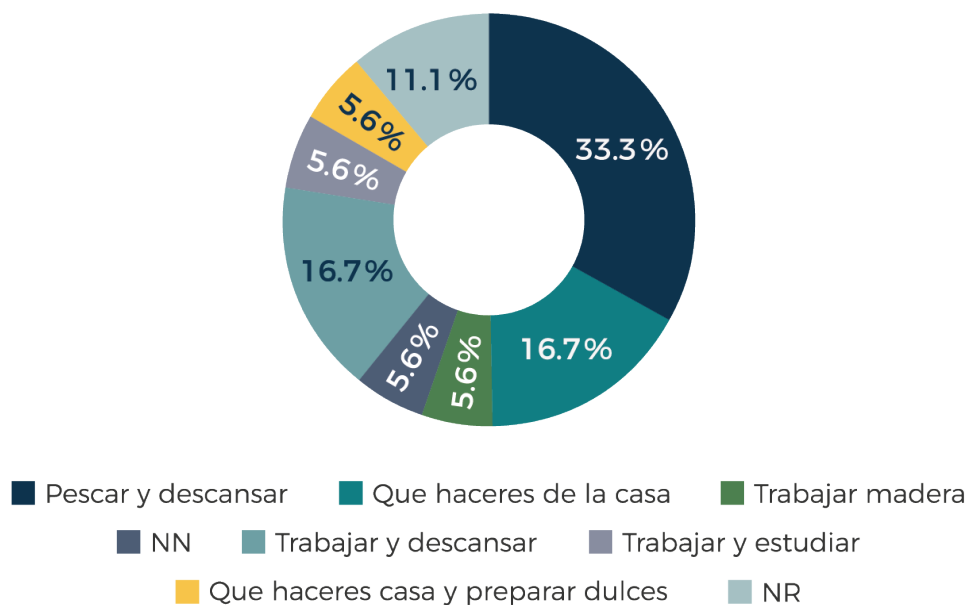
Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica sostenible para ZNI en Colombia” 2016; UAO.

Figura 18 Tiempo libre en La Plata, Bahía Málaga



Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica sostenible para ZNI en Colombia” 2016; UAO.

Figura 19 Rutinas de los habitantes de La Plata, Bahía Málaga.

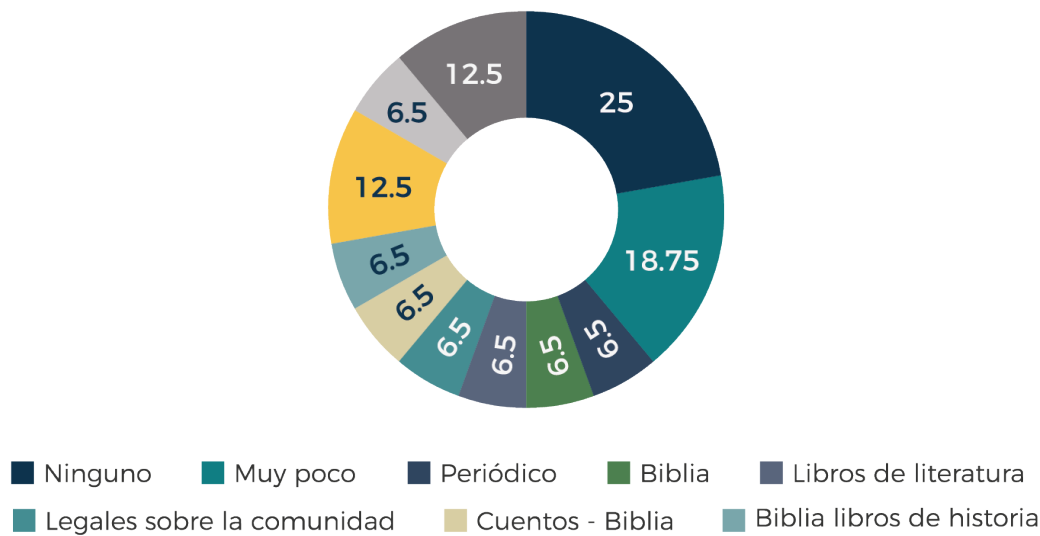


Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica sostenible para ZNI en Colombia” 2016; UAO.

Entre las celebraciones más importantes para los platenses sobresalen aquellas asociadas a la Virgen del Carmen, las fiestas decembrinas, San Buenaventura, Tumbará y los evangelios. Las creencias religiosas giran alrededor de Dios y Jesús, la tunda, el duende o Riviel y el mal de ojo.

Las actividades de ocio más comunes incluyen escuchar música vallenata, salsa y merengue, y el arrullo de las cantoras. También interpretan y escuchan música folclórica típica de la región. Los platenses leen la Biblia, especialmente, y literatura (figura 20). Ven televisión y escuchan radio, principalmente Caracol y Marina Estéreo.

Figura 20 Lectura en La Plata, Bahía Málaga



Fuente: Programa de investigación “Generación y suministro de energía eléctrica sostenible para ZNI en Colombia” 2016; UAO.

El licor típico de la región viche es elaborado por los propios habitantes, con este amenizan las fiestas y celebraciones. En el tiempo libre las mujeres juegan parques y bingo, se reúnen con la comunidad o con sus amigas y realizan artesanías o trabajos manuales. Los hombres dedican su tiempo libre a jugar al dominó, futbol, bingo y parques con sus amigos, y hacen reparaciones y actividades caceras. Por otro lado, los niños de la comunidad dedican este tiempo a jugar en la calle, en el mar o ayudar a sus padres en actividades pesqueras.

Los lugares naturales más importantes para los habitantes de La Plata son, el mar, los manglares, las cascadas, la montaña y la selva, es curioso ver,

como la casa no es reconocida como un lugar importante. Por otro lado, los lugares culturales más importantes son el muelle, la iglesia, la casa de los vecinos, el centro de acopio y la tienda. Dentro de los sonidos que más recuerdan y resaltan son los que producen las aves y los animales, el mar, los motores, la brisa y la gente hablando.

Al analizar estas respuestas, se puede concluir que los habitantes de La Plata son muy religiosos y sociales. Siempre están en la búsqueda de encontrarse con la comunidad a practicar actividades culturales y sociales, así como también la importancia que tiene el medio ambiente natural que se convierte en su un aspecto de vital importancia en el reconocimiento como habitantes de La Plata.

Indicadores socioeconómicos

A continuación, se describen las características económico-productivas de la comunidad del Archipiélago La Plata, Bahía Málaga, mediante el cálculo de indicadores productivos y económicos elaborados con los resultados de la tabulación de la información recolectada en la comunidad. El objetivo fue definir el posible impacto en el comportamiento económico de la población, al poseer y utilizar un sistema de generación de energía que aumente el porcentaje de cobertura actual que tiene un promedio de 4 horas diarias.

Índice de pobreza multidimensional (IPM)

Se utilizó la metodología del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) como guía, en el cálculo de este indicador de la población de La Plata, Bahía Málaga [4].

Las dimensiones educación, condiciones de la niñez y la juventud, trabajo, salud, servicios públicos y vivienda se calcularon con base en la información recolectada en la comunidad, la cual se muestra en la tabla 4. Los hogares se consideran pobres multidimensionalmente cuando no cuentan, por lo menos, con el 33 % de los indicadores definidos.

La fuente de información para el cálculo del IPM en la población de La Plata fueron las 40 encuestas realizadas a los habitantes en los años 2018 y 2020 (elaboración y aplicación propia), puesto que no se encontró información

Tabla 4 Dimensiones e indicadores del índice de pobreza multidimensional. La Plata, Bahía Málaga

Dimensión y ponderación	Indicador y ponderación	Descripción	Puntos de corte para la privación	Fuente de información	Resultado
1. Condiciones educativas del hogar (0,2)	1.1 Bajo logro educativo (0,1)	Escolaridad promedio de las personas de 15 años y más del hogar.	Menor que 9 años.	Resultados encuesta aplicada. Pregunta n.º 5: ¿Cuál es su nivel de escolaridad?	50 %
	1.2 Analfabetismo (0,1)	Porcentaje de personas del hogar de 15 años y más que no saben leer y escribir.	Mayor que 0 (al menos una persona no sabe leer y escribir).	Resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	26,5 %
	2.1 Inasistencia escolar (0,05)	Proporción de niños, niñas y adolescentes (NNA) entre 6 y 16 años en el hogar que no asisten al colegio.	Mayor que 0 (al menos un NNA no asiste al colegio).	Resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	7,8 %
2. Condiciones de la niñez y la juventud (0,2)	2.2 Rezago escolar (0,05)	Proporción de NNA (7-17 años) dentro del hogar con rezago escolar (según la norma nacional).	Mayor que 0 (al menos un NNA tiene rezago escolar).	Resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	32,5 %
	2.3 Barreras a servicios para cuidado de la primera infancia (0,05)	Proporción de niños de cero a cinco años en el hogar sin acceso a servicios de salud o que pasa la mayor parte del tiempo con su padre o madre en el trabajo, en casa solo, o está al cuidado de un pariente menor de 18 años de edad.	Mayor que 0 (al menos un niño(a) tiene barreras de acceso a salud o cuidado).	Resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	10,5 %
	2.4 Trabajo infantil (0,05)	Proporción de niños, niñas y adolescentes entre 12 y 17 años en el hogar, que se encuentran ocupados.	Mayor que 0 (al menos un NNA se encuentra ocupado).	Resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	3,7 %
3. Trabajo (0,2)	3.1 Tasa de dependencia económica (0,1)	Número de personas por miembro ocupado en el hogar.	Mayor o igual que 3.	Resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	13,40 %

Dimensión y ponderación	Indicador y ponderación	Descripción	Puntos de corte para la privación	Fuente de información	Resultado
4. Salud (0,2)	3.2 Trabajo informal (0,1)	Proporción de la población económicamente activa (PEA) del hogar que son ocupados y no cotizan a fondo pensiones. Para la construcción del indicador, se utilizó información del registro de la PILA teniendo en cuenta que el Censo Nacional de la Población de 2018 no contó con información de afiliación en pensiones	Mayor que 0 (al menos una persona ocupada que no está afiliada a pensión).	Resultados encuesta realizada. Pregunta n.º 35: ¿Cuáles son las actividades productivas de su hogar, de las cuales obtiene un ingreso? Y resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	94,2 %
	4.1 Sin aseguramiento en salud (0,1)	Proporción de miembros del hogar mayores de cinco años sin aseguramiento a Seguridad Social en Salud. Para el cálculo de este indicador, se tomó la información de registros administrativos del BDUA-BDEX 3, teniendo en cuenta que el CENSO NACIONAL DE POBLACION 2018 no incluyó esta información. El indicador genera privación para los estados de afiliación: desafiado, retirado e interrumpido por viaje al exterior. Para las personas que no fue posible extraer la información del estado de afiliación desde la BDU A Y BDEX no se genera privación con excepción de aquellos que cuentan con documento de identificación consistente registrado en el Censo Nacional de Población (CNPV, 2018.	Mayor que 0 (al menos una persona que no está asegurada en el SSS).	Resultados encuesta realizada. Pregunta n.º 14: ¿Existe una institución de salud que atienda ocasionalmente La Plata? Resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	100 % 27,7 %

Dimensión y ponderación	Indicador y ponderación	Descripción	Puntos de corte para la privación	Fuente de información	Resultado
5. Vivienda y servicios públicos (0,2)	4.2 Barreras de acceso a servicios de salud (0,1)	Proporción de personas del hogar que no acceden a servicio institucional de salud ante una enfermedad que no requiere hospitalización, en los últimos 30 días	Mayor que 0 (al menos una persona que tuvo un problema de salud que no requiere hospitalización en los últimos 30 días, y no recurrió a servicio institucional).	Resultados encuesta realizada. Pregunta n.º 14: ¿Existe una institución de salud que atienda ocasionalmente La Plata?	6,9 % 100 %
	5.1 Sin acceso a fuente de agua mejorada (0,04)	Hogar urbano: se considera como privado si no tiene servicio público de acueducto en la vivienda Hogar rural: se considera privado cuando obtiene el agua para preparar los alimentos de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carrotanque, aguatero, agua embotellada o en bolsa.		Resultados Censo 2018 DANE-IPM Buenaventura centros poblados y rural disperso.	
	5.2 Inadecuada eliminación de excretas (0,04)	Hogar urbano: se considera como privado si no tiene servicio público de alcantarillado. Hogar rural: se considera como privado si tiene inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tiene servicio sanitario.		Resultados encuesta realizada. Pregunta n.º 12: ¿De dónde obtiene principalmente este hogar el agua para beber o preparar alimentos?	100 %
	5.3 Material inadecuado de pisos (0,04)	Se consideran en privación los hogares que tienen pisos de tierra.		Resultados encuesta realizada. Pregunta n.º 11: ¿Cómo es el servicio sanitario?	8,3 %
	5.4 Paredes exteriores inadecuadas (0,04)	Hogar urbano: se considera privado si el material de las paredes exteriores es madera burda, tabla, tablón, guadua, otro vegetal, zinc, tela, cartón, deshechos o sin paredes. Hogar rural: se considera privado si el material de las paredes exteriores es guadua, caña, otro vegetal, zinc, tela, cartón, desechos o sin paredes.		Resultados encuesta realizada. Pregunta n.º 8: ¿Cuál es el material predominante de los pisos?	0 %
5.5 Hacinamiento crítico (0,04)		Número de personas por cuarto para dormir excluyendo cocina, baño y garaje e incluyendo sala y comedor.	Urbano: 3 o más personas por cuarto. Rural: Más de 3 personas por cuarto	Resultados encuesta realizada. Pregunta n.º 7: ¿Cuál es el material predominante de las paredes exteriores?	0 %
				Resultados encuesta realizada. Pregunta n.º 2: Número de habitantes en el hogar, 6. ¿Cuántas familias viven en su casa? 36. ¿Qué otros usos tienen su vivienda?	8,9 %

Fuente: autores, a partir de [6] y [7] una iniciativa del Departamento Nacional de Planeación basada en la metodología de Alkire y Foster (AF).

específica del DANE en esta comunidad, con excepción del indicador de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) para el municipio de Buenaventura y su zona rural, calculado con base en el censo de 2005, con un porcentaje de 47,32 % (NBI para la zona rural) [5].

Los indicadores sobre trabajo infantil, analfabetismo, rezago escolar, inasistencia escolar y barreras a servicios para cuidado de la primera infancia se tomaron del reporte del DANE censo 2018, para el municipio de Buenaventura centros poblados y área rural dispersa.

Una vez calculados cada uno de los 15 indicadores que componen el IPM, se realiza una ponderación anidada, en la que cada dimensión tiene el mismo peso (0,2), así como cada indicador al interior de la dimensión. El punto de corte se define en el indicador dependiendo de la característica analizada; por ejemplo, el bajo logro educativo tiene un límite de al menos 9 años de educación para no considerarse privado en este indicador. Y el segundo punto de corte k se define con el número o porcentaje mínimo para considerar un hogar multidimensionalmente pobre, definido por el DANE como cinco indicadores de 15 (5/15) o cuando en este hogar hay privación en al menos 5 (33 %) indicadores.

Al realizar el cálculo de la tasa de incidencia de la pobreza multidimensional, considerando las ponderaciones establecidas en la metodología de cálculo del DANE, se obtiene como resultado que el 42,01 % de los habitantes de La Plata son multidimensionalmente pobres, es decir, 4 de cada 10 habitantes se encuentran en esta condición.

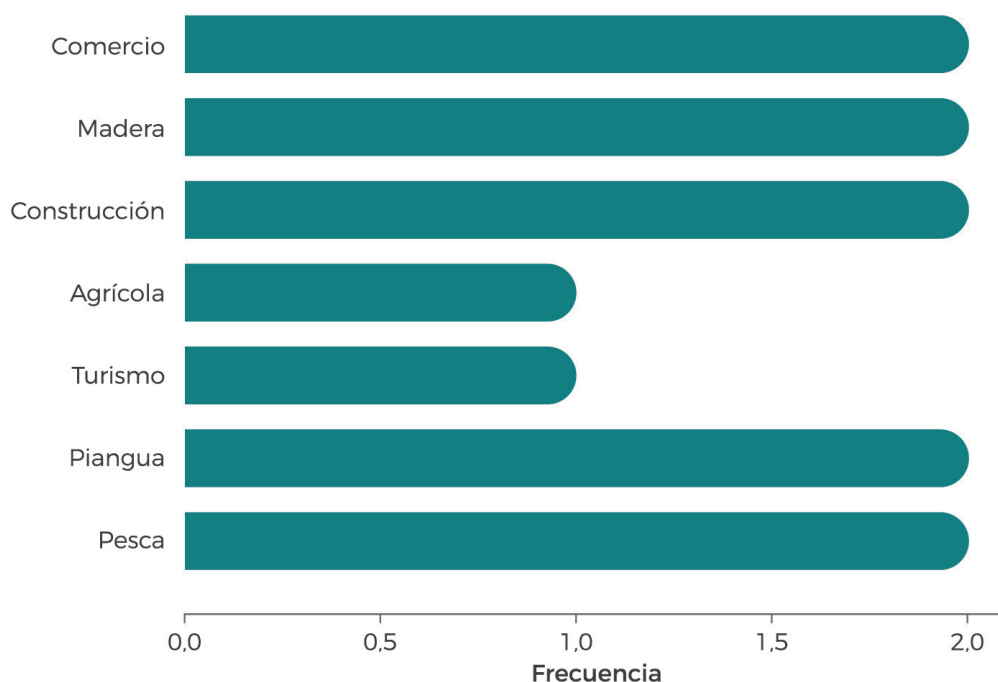
De todas las variables analizadas en el IPM, se observan concentraciones en aquellas que tienen que ver con el trabajo informal y el acceso a los servicios públicos vitales como la salud y la fuente de agua mejorada (figura 23). Lo anterior se debe a que los habitantes de la comunidad tienen actividades productivas de tipo informal. Cada familia trabaja para sí misma, sin cotizar a pensión como persona independiente, ya que los ingresos por familia están en mayor proporción entre los COP400 001 mensuales y COP700 000 mensuales (figura 22).

Las principales actividades productivas son la pesca y piangua (33,34 %), construcción de viviendas y lanchas, elaboración de productos de madera, comercio en tiendas y ventas de productos de primera necesidad, agrícola y turismo en menor proporción. También se encontraron

ocupaciones como elaboración de artesanías, en un habitante de La Plata, sin ser su actividad principal (figura 21).

Es clave resaltar que los habitantes tienen más de una actividad productiva por hogar, porque dedican una parte del tiempo a pesca, ecoturismo, y otra parte a actividades comerciales, como la venta de productos básicos de la canasta familiar, en sus viviendas. Como resultado se obtuvo que el 41 % de los habitantes utilizan su vivienda para alguna actividad comercial.

Figura 21 Pregunta n.º 33 del instrumento aplicado: ¿Cuáles son las actividades productivas de su hogar, de las cuales obtiene un ingreso?



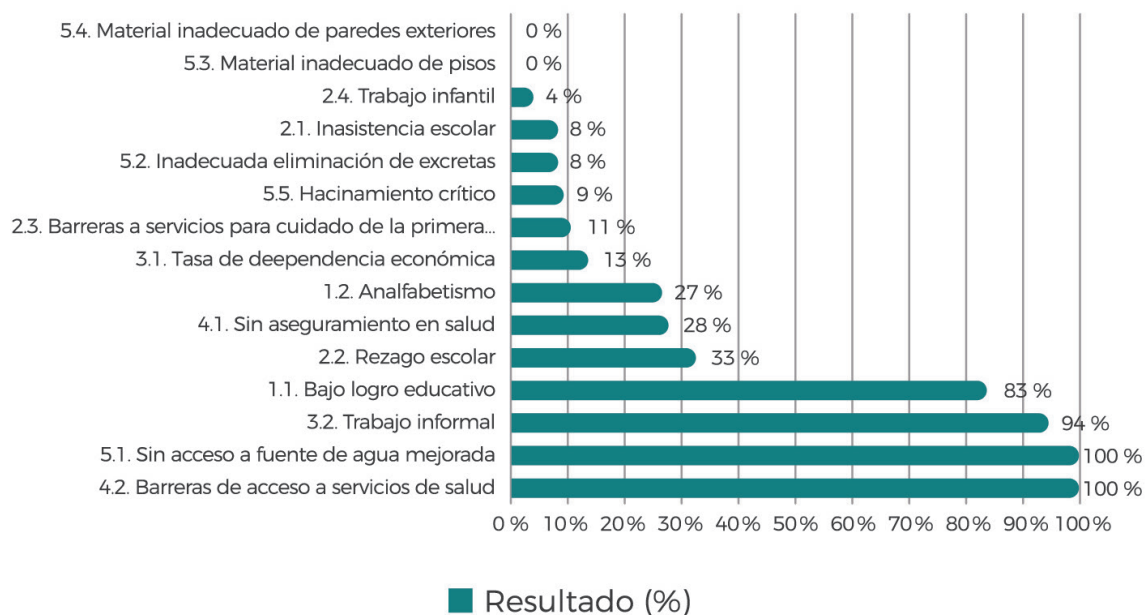
Fuente: autores.

Figura 22 Pregunta n.º 35 del instrumento aplicado: ¿Los ingresos mensuales que origina su hogar son, aproximadamente, de...?



Fuente: autores.

Figura 23 Porcentaje de hogares que enfrentan privación por indicador. La Plata, Bahía Málaga, 2020

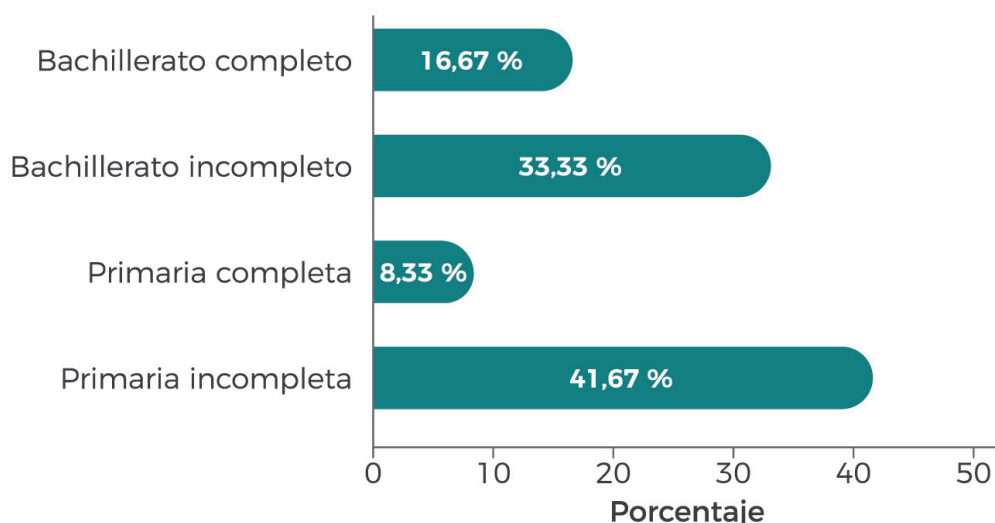


Fuente: autores.

Los habitantes de la comunidad no se encuentran afiliados a un sistema de pensiones; la mayoría está afiliada al Sisbén, y posee grandes barreras para acceder a los servicios que ofrece esta afiliación subsidiada, pues no cuentan con un centro médico de atención cercano, siendo el más accesible en el municipio de Buenaventura, a una hora de trayecto en lancha con un costo elevado, debido a que no es un medio de transporte convencional.

El bajo logro educativo también es un indicador llamativo con una privación del 83 % en los hogares de la comunidad (figura 24). Con base en los resultados, puede inferirse que la población de La Plata tiene un bajo logro educativo, puesto que el 41,67 % de los habitantes ha alcanzado un nivel de escolaridad de básica primaria incompleta. Debido a la baja cobertura de los servicios educativos, los habitantes de La Plata alcanzan un nivel máximo educativo de bachiller completo con un 16,67 %. Uno de cada 2 habitantes logra un nivel máximo de primaria completa con máximo 6 años de educación.

Figura 24 Pregunta n.º 5 del instrumento aplicado: ¿Cuál es su nivel de escolaridad?



Fuente: autores.

En el caso particular de Buenaventura, el rezago escolar en centros poblados y rural disperso es del 32,5 %. Esto quiere decir que al menos 1 de cada 3 estudiantes se encuentran matriculados en un grado inferior al esperado, según la edad teórica prevista en educación básica y media. Esta condición podría suponer, por tanto, mayor probabilidad de sufrir algún tipo de deserción escolar en el ciclo educativo normal, en tanto la expectativa de producción del estudiante podría verse acelerada por la dificultad de avanzar en su proceso educativo como se espera [8].

En cuanto a las barreras a servicios para cuidado de la primera infancia, en la zona de estudio el porcentaje de hogares con barreras para acceder a los servicios de cuidado de la primera infancia es del 10,5 %, siendo uno de los mayores comparado con otros municipios del Valle del Cauca. Vale la pena resaltar que en La Plata no existe una institución de salud que atienda ocasionalmente a los habitantes. La comunidad manifestó que, al presentarse una emergencia, el paciente era llevado a la Estación Naval Málaga, donde podían encontrar asistencia médica, y cuando alguna persona requería un tratamiento médico, se conseguían algunos servicios gratuitos con especialistas de la cabecera municipal. Sin embargo, en términos educativos, en La Plata existen dos instituciones que atienden las necesidades de los niños y niñas de la comunidad: un jardín y la Institución Educativa Rosa Zárate de Peña (sede de primaria), por lo que los niños entre 0 y 11 años pueden acceder a estos servicios en la misma zona.

Se consideran privados en el acceso a fuente de agua mejorada a los hogares de la zona rural que obtienen el agua para cocinar de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, pila pública, carrotanque, aguatero u otra fuente. Los habitantes de La Plata carecen de este servicio, ya que 100 % de la población obtiene el líquido vital para cocinar del agua lluvia.

Debe mencionarse que, aunque no están considerados en el cálculo del IPM de la metodología adoptada por el DANE, en la comunidad de La Plata no existen servicios públicos de alcantarillado, acueducto, telefonía fija e internet, y tampoco cuenta con servicio de gas natural domiciliario, ni servicio de energía eléctrica. A diferencia de esto, se observan bajos porcentajes de hogares privados en materiales de pisos y paredes de la vivienda, trabajo infantil, inasistencia escolar e inadecuada eliminación de excretas.

Índice de pobreza monetaria

La pobreza monetaria es un indicador que mide la capacidad de adquisición de bienes y servicios de una persona o un hogar [9]. En Colombia, la pobreza monetaria sigue una metodología de cálculo actualizada a 2020, en la que un comité de expertos en pobreza del país calcula ese índice a nivel nacional, departamental y municipal, para el sector urbano y el rural.

La pobreza monetaria se divide en dos categorías: pobreza monetaria y pobreza monetaria extrema. La primera hace referencia a las personas cuyos

ingresos en el hogar no alcanzan para cubrir una canasta mínima de bienes y servicios; la pobreza monetaria extrema da cuenta de las personas a quienes no les alcanza sus ingresos ni para una canasta básica de alimentos [10].

En Colombia, la línea de la pobreza monetaria en el año 2020 fue COP331 688 (por persona), y la línea de la pobreza extrema nacional fue COP\$145 004. Por otra parte, la línea de la pobreza para centros poblados y rural disperso (CPRD) tiene otro comportamiento, en la que una persona cuyos ingresos sean iguales o inferiores a COP199 828 se considera en condición de pobreza monetaria e ingresos menores a COP112 394, en pobreza monetaria extrema.

Una vez analizada la información recolectada sobre los ingresos netos de los habitantes de La Plata, se puede concluir que el 80 % de las personas (ingresos del hogar dividido entre número de habitantes del hogar) o el 75 % de los hogares están en condición de pobreza monetaria, ya que sus ingresos mensuales se encuentran por debajo de la línea de la pobreza. En la tabla 5 se incluyen el promedio de los ingresos totales por vivienda y por habitante de la vivienda, así como la incidencia de la pobreza monetaria de la población.

Tabla 5 Resultados promedio de ingresos netos e incidencia de la pobreza monetaria de los habitantes de La Plata, Bahía Málaga

Línea de la pobreza monetaria en Colombia 2020 CPRD	COP199 828
Promedio de ingresos totales por vivienda	COP675 000
Promedio de ingresos por habitante	COP167 500
Personas con incidencia de pobreza monetaria	80 %
Hogares con incidencia de pobreza monetaria	75 %

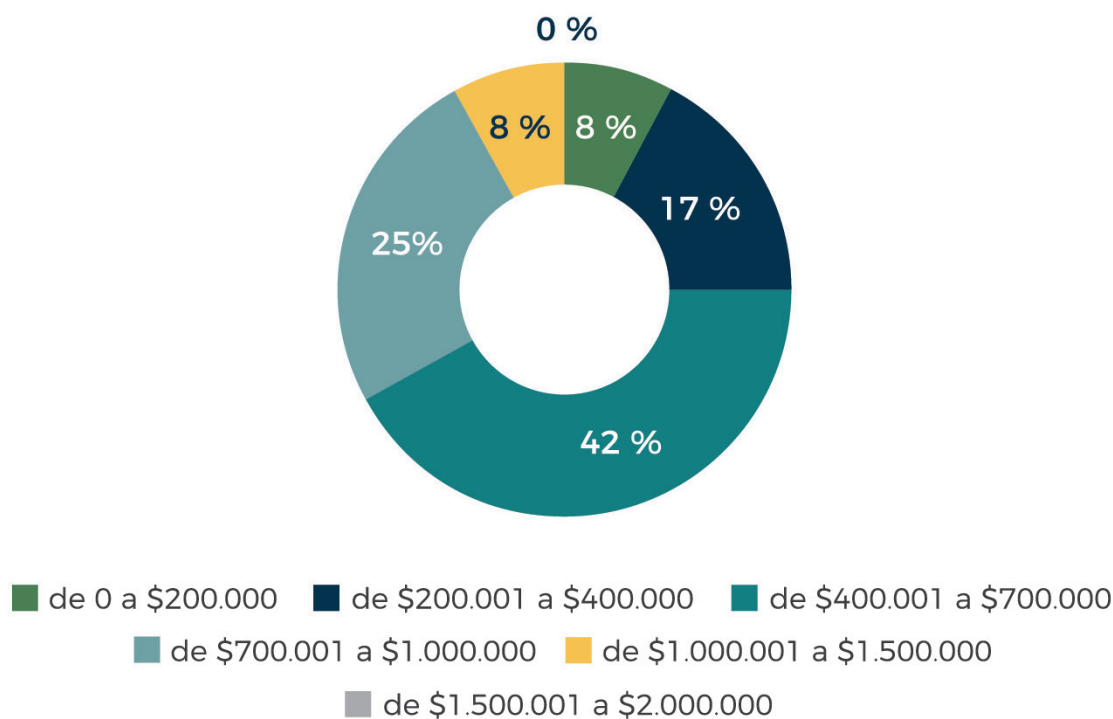
Fuente: autores.

En La Plata, si el ingreso por familia se encuentra en el rango COP400 001-COP700 000 mensuales y si 4 personas es el número promedio de habitantes por vivienda, esto quiere decir que 2 de cada 3 habitantes de la población se encuentra por debajo de la *línea de pobreza monetaria*, por cuanto el valor pactado por el DANE en 2020 correspondía a un ingreso mensual mínimo esperado por núcleo familiar de aproximadamente COP800 000, 1 de cada 4 se encuentran por debajo de la línea de pobreza extrema. Solamente 1 de cada 3 se encuentra por encima de la línea de pobreza monetaria, ubicándolos como población vulnerable según los estándares definidos por el Banco Mundial (BM).

Indicadores productivos

En esta sección se analizan los resultados obtenidos del tipo de actividades productivas, ingresos promedio por actividad, tipo de gastos por familia, entre otros, para identificar el perfil económico y productivo de la comunidad en desarrollo del comportamiento energético (consumo de energía), así como la relación entre los ingresos promedio dedicados a cubrir el servicio de energía eléctrica.

Figura 25 Ingresos promedio del hogar. La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

Como actividad fundamental para diseñar un modelo de electrificación que se adapte a las condiciones sociales, económicas y productivas de la población, es indispensable conocer y cuantificar información técnica, económica y productiva según un modelo exitoso centrado en el usuario o cliente.

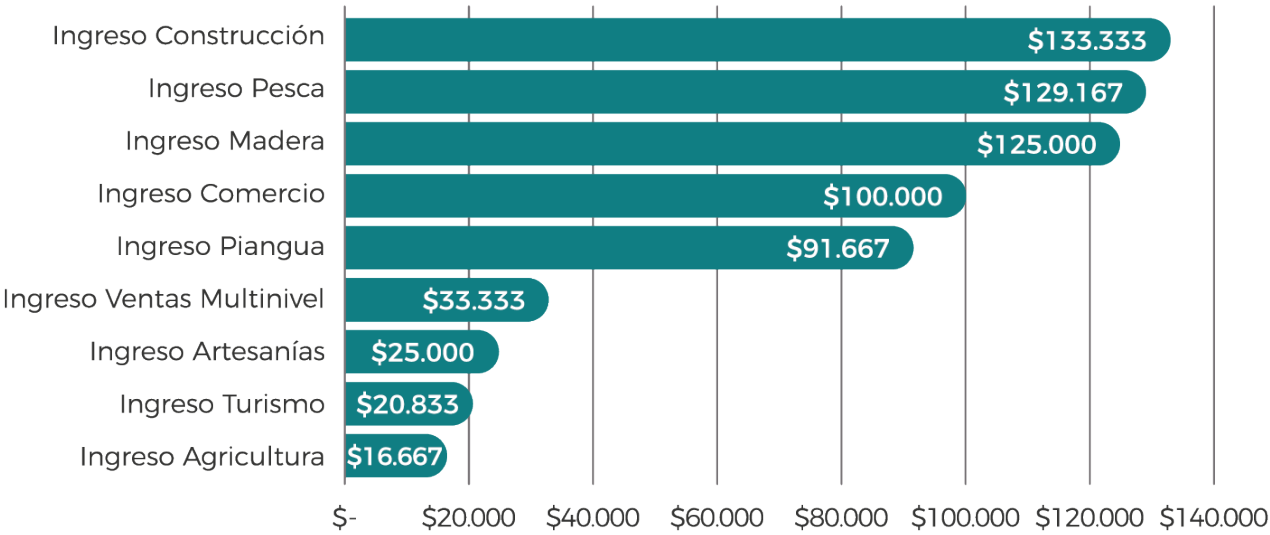
Una vez analizados los datos recolectados, se encontró que los hogares de la comunidad reciben, en mayor proporción (42 %), un ingreso promedio

entre COP400 001 a COP700 000 mensuales (figura 25), y que las actividades productivas que más ingresos generan en el hogar son la construcción, pesca, madera y el comercio (figura 26).

Los gastos promedio un hogar de La Plata son de COP712 667 mensuales, los cuales se invierten principalmente en alimentos, transporte, educación y combustible para cocinar. Vale la pena resaltar que estas personas deben hacer un gasto mensual de aproximadamente COP20 800, en combustible para alimentar la planta diésel que les brinda energía eléctrica, y COP62 000 en combustible para cocinar (cilindros de gas).

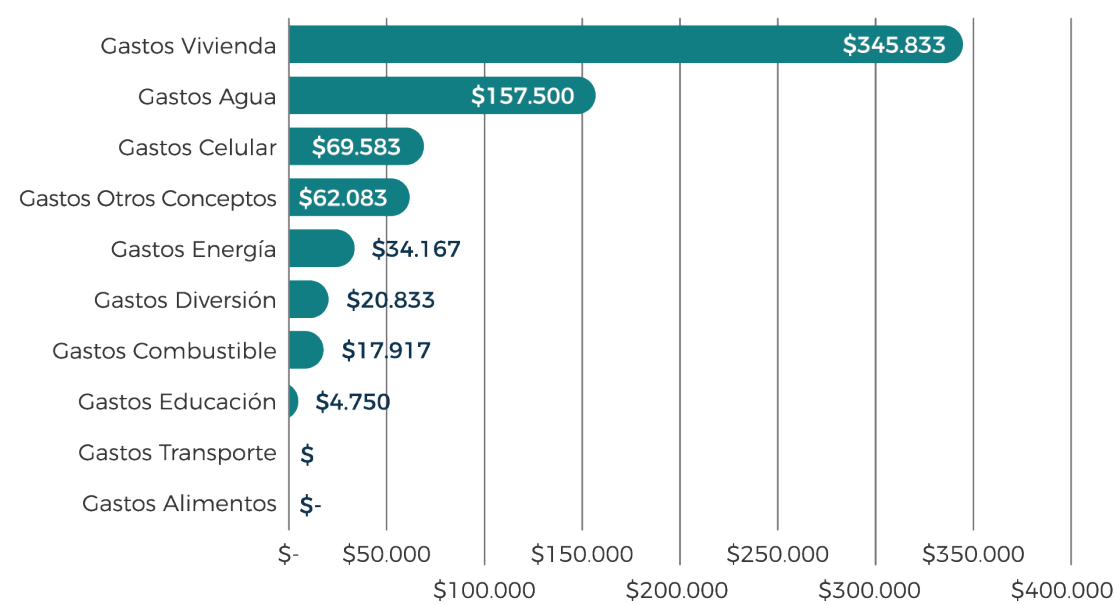
Los habitantes no tienen que incurrir en costos de vivienda, porque esta es propia y fabricada por ellos mismos; tampoco en servicios de agua mejorada porque no poseen este servicio (figura 27).

Figura 26 Ingresos promedio por actividad en el hogar. La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores, con base en las encuestas realizadas.

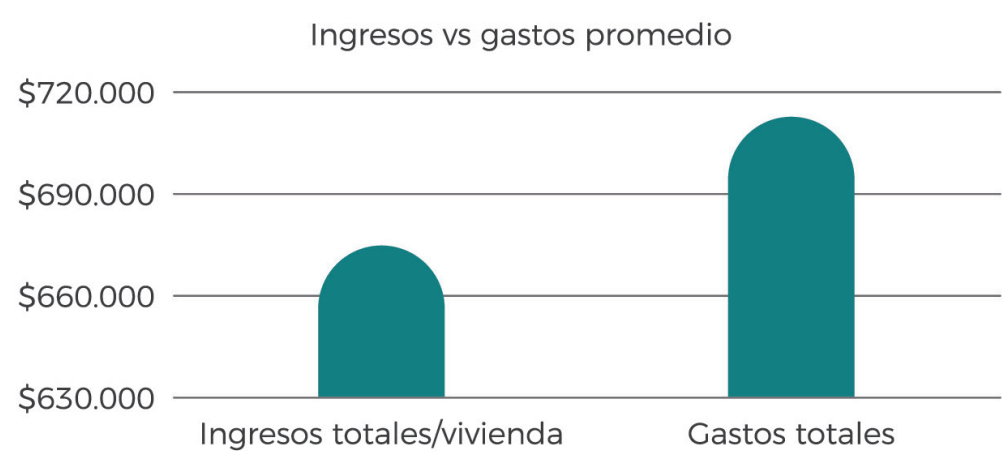
Figura 27 Gastos mensuales promedio en hogares. La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

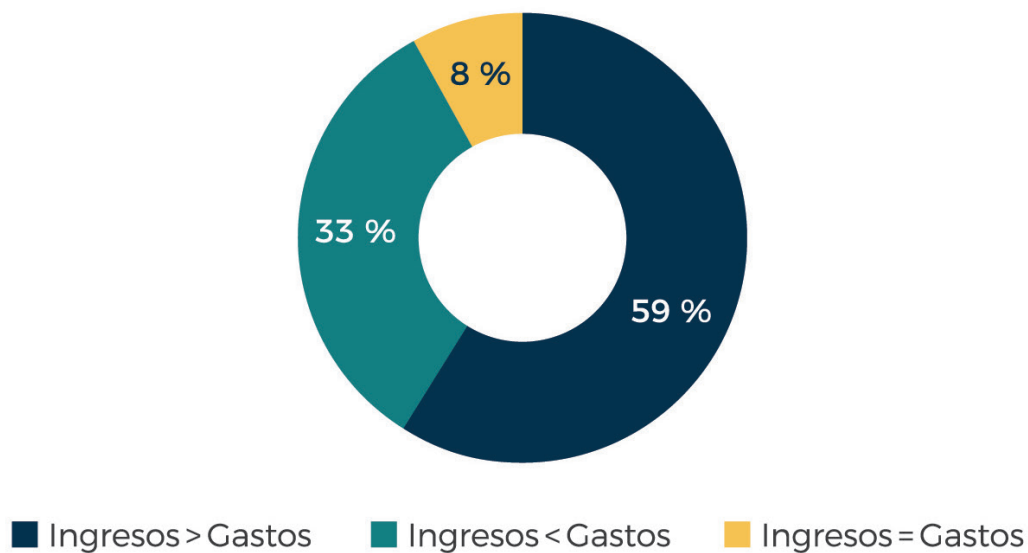
Vale resaltar que, en promedio, los habitantes de la comunidad tienen mayores gastos que ingresos (figura 28); sin embargo, en el 59 % de los casos los habitantes tienen ahorro, en el 8 % los egresos son iguales a sus ingresos, y en el 33 % sus gastos son mayores que sus ingresos (figuras 29 y 30). El promedio del ahorro de los habitantes cuyos ingresos son mayores a sus gastos es COP50 429.

Figura 28 Ingresos versus gastos promedio



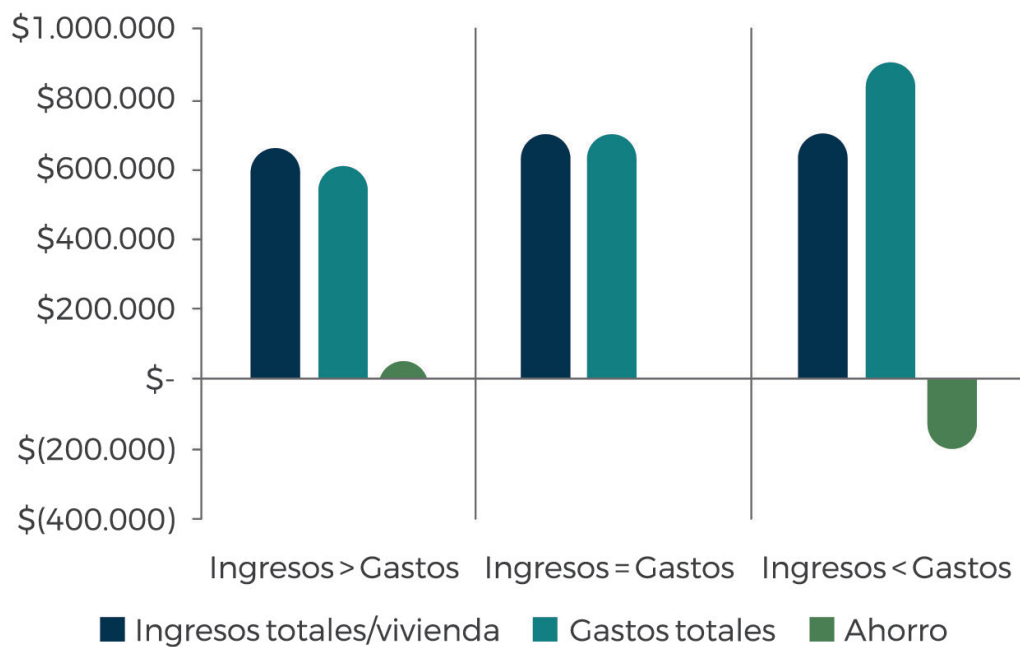
Fuente: autores.

Figura 29 Porcentaje de hogares con ingresos > gastos, ingresos < gastos e ingresos = gastos



Fuente: autores.

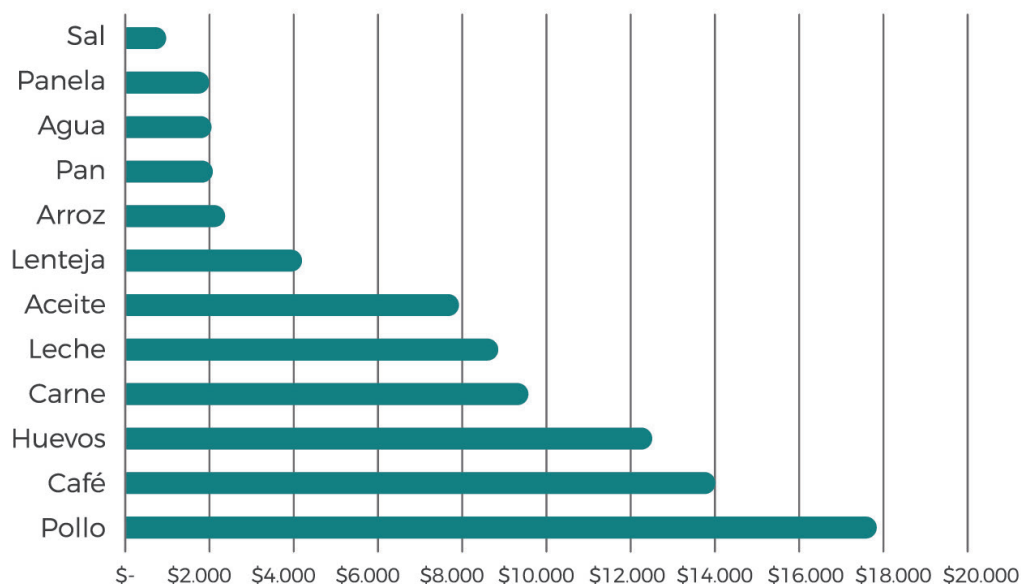
Figura 30 Niveles de ingresos VS gastos



Fuente: autores.

Otro dato importante para resaltar de los resultados obtenidos de las encuestas corresponde al valor de la canasta básica familiar en la zona de estudio, la cual equivale, en promedio, a COP84 307, y las proteínas (pollo, carne y huevos) son los productos más costosos en la zona (figura 31).

Figura 31 Costo promedio de artículos de la canasta familiar en La Plata, Bahía Málaga



Fuente: elaboración propia de los autores.

Los resultados de esta sección permiten concluir que los habitantes de La Plata se encuentran en una condición de vulnerabilidad alta, debido a sus altos índices de pobreza multidimensional (42,01 %) y pobreza monetaria (75 %), la cual se debe a la privación de servicios esenciales como la salud, el agua, el trabajo, la educación, así como la baja productividad de sus actividades económicas. Esta condición limita el desarrollo económico y productivo, además de la calidad de vida de sus habitantes, la cual se refleja en sus ingresos mensuales que se encuentran por debajo de un salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV).

También vale la pena resaltar que a pesar de que, en promedio, el nivel de gastos de una familia sobrepasa sus ingresos mensuales, el 59 % de la población ahorra, en promedio, COP50 429, lo cual, sumado a los gastos en energía eléctrica (COP20 833), puede significar un presupuesto de COP71 262 mensuales para realizar una inversión en un sistema de generación, que podría mejorar su calidad de vida y productividad laboral.

Para el resto de la comunidad (42 %), la cual tiene una condición desfavorable, un presupuesto de COP20 000 mensuales que gasta actualmente en el sistema de generación actual significaría un aporte a un nuevo sistema que garantice más horas de servicio y que pueda mejorar sus condiciones económicas.

Generación de energía

Los análisis de los registros de radiación solar, velocidad del viento y capacidad de residuos en la generación de biomasa, en previas investigaciones del programa de investigación, arrojaron que en la zona geográfica del Archipiélago de La Plata solo es viable la generación de energía solar fotovoltaica, ya que los otros recursos no tienen el potencial suficiente [1] [2] (tabla 6).

En esta comunidad, la energía se abastece actualmente a través de una planta de generación diésel que se alimenta con 200 gal mensuales. La generación con este combustible se toma en cuenta en el diseño de la microrred como otra fuente de generación, especialmente de respaldo, cuando la fuente solar no cuente con el potencial suficiente.

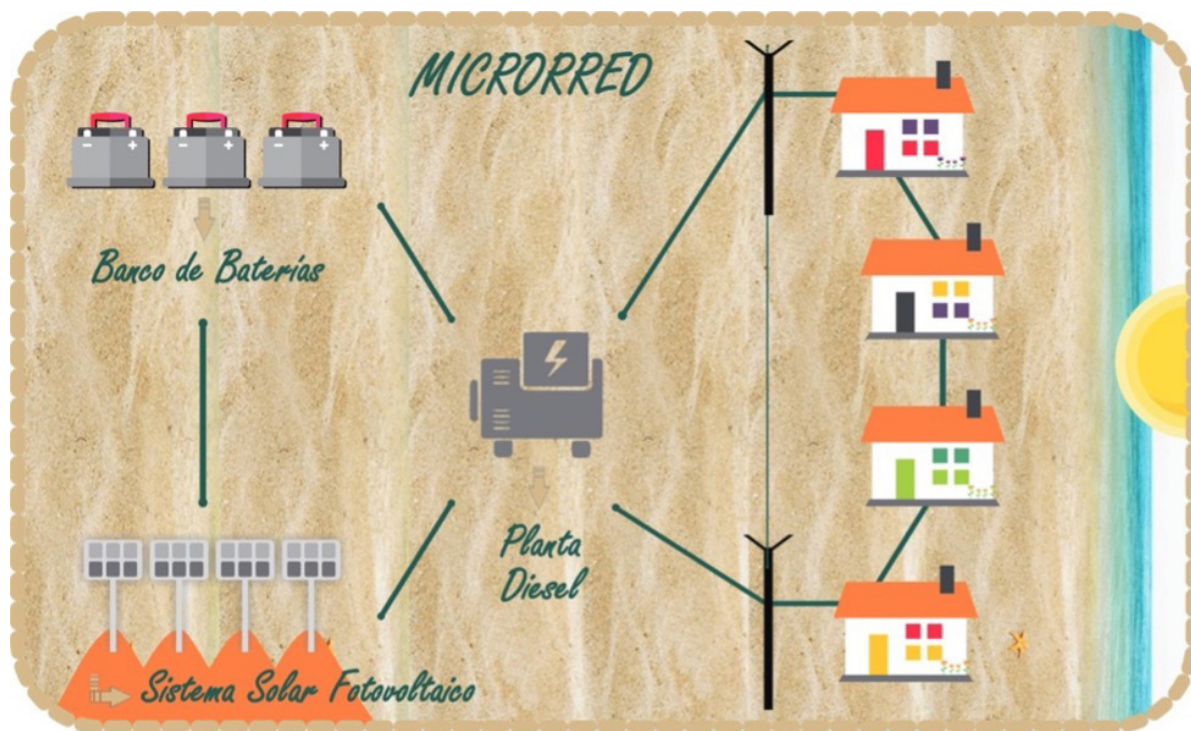
Tabla 6 Fuentes renovables y no renovables en el territorio del Archipiélago La Plata, Bahía Málaga

Fuente	Dato promedio / Descripción
Radiación solar promedio	3 - 4 kWh/m ² /día
Velocidad promedio del viento	1,5 a 2m/seg
Biomasa	Los residuos de madera no son suficientes para la generación; además, produce impacto ambiental e impacto en la biodiversidad gracias a la tala de árboles.
Combustible diésel	Subsidio gubernamental de 200 gal/mes. Será utilizado como tecnología complementaria que garantiza confiabilidad del sistema.

Fuente: adaptado de [1] [2].

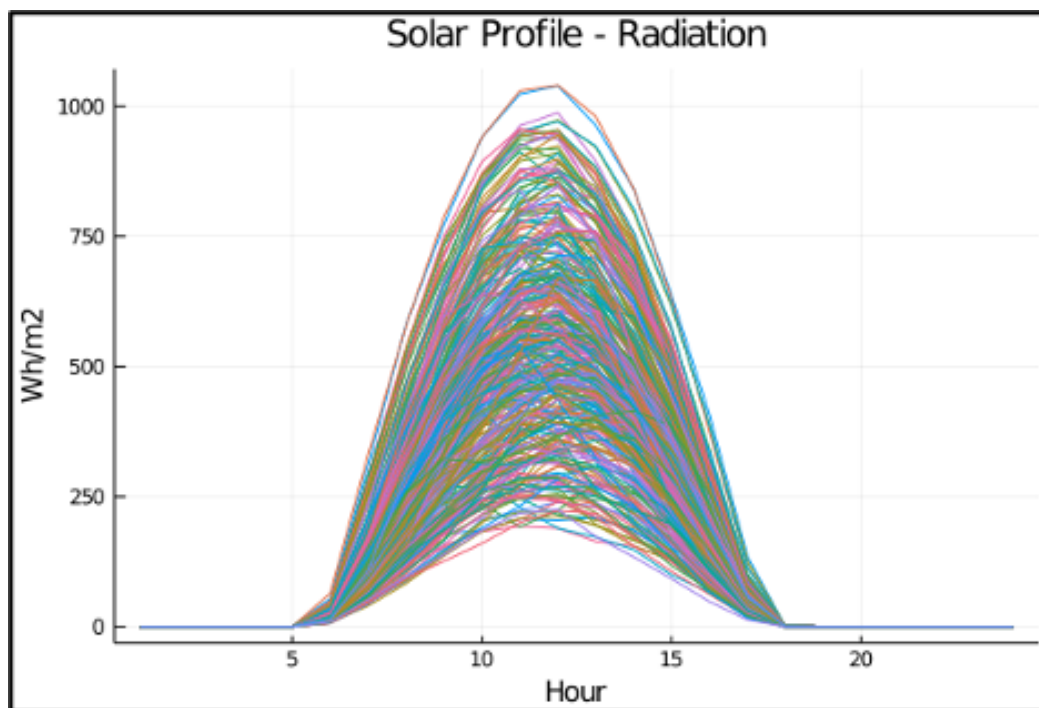
Por lo anterior, se propone un sistema de generación de Microrred solar-diésel-baterías, para suplir la demanda de la comunidad, asumiendo los costos de generación para esas tecnologías (figura 32).

Figura 32 Microrred de generación de energía para el Archipiélago La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

Figura 33 Perfil de radiación solar en La Plata, Bahía Málaga



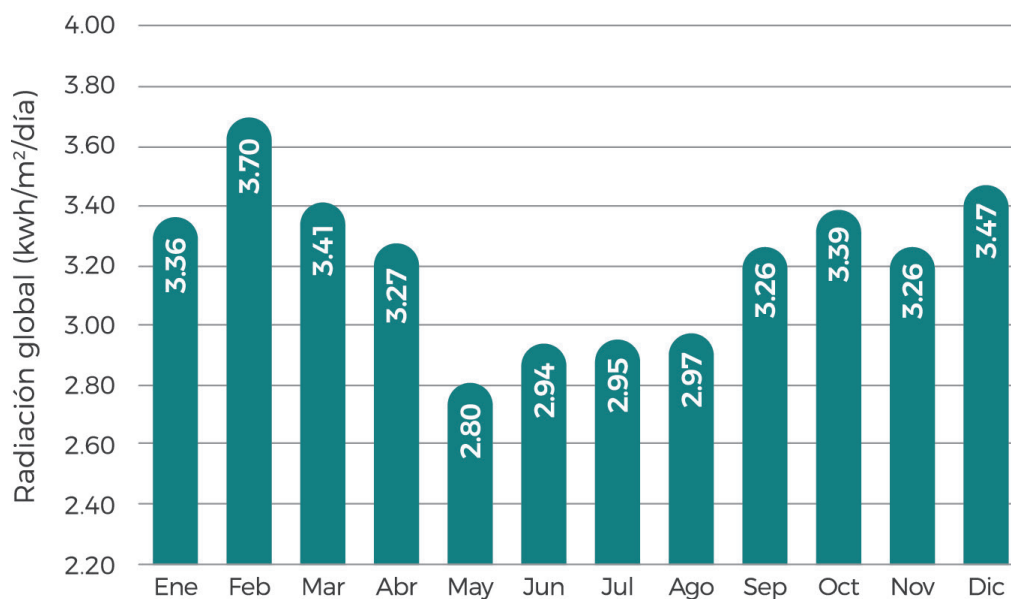
Fuente: autores.

Con base en el análisis de la serie histórica de radiación solar en la zona caso de estudio, se obtuvo la gráfica de su comportamiento horario como se muestra en la figura 34, para 365 días al año. El máximo valor hallado en la región fue de 1041 en el segundo día del año a las 12:00 horas. La radiación comienza a las 6:00 horas, con mínimo y máximo valor de 7 y 64 . La radiación finaliza a las 18:00 horas, con mínimo y máximo valor de 3 y 0 .

Los datos se extrajeron de las estaciones meteorológicas Naval Málaga y Juanchaco del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (figura 34), así como de fuentes satelitales.

De este capítulo, puede concluirse que la fuente de radiación solar es suficiente para la generación de energía en la región; además, se ha comprobado su potencial a través de dos sistemas solares que posee la comunidad, los cuales se ubican en la zona del restaurante o cocina comunitaria y en la cabaña ecoturística que se utiliza para albergar a los turistas (figura 35).

Figura 34 Radiación global diaria promedio en Bahía Málaga, cada mes del año



Fuente: IDEAM (2014).

Figura 35 Sistema solar individual. Restaurante o cocina comunitaria en La Plata, Bahía Málaga



Fuente: autores.

Demanda de energía

La demanda de energía se halló con base en los datos obtenidos en el trabajo de campo con la realización de encuestas a sus habitantes. De estos documentos se obtuvo la cantidad de electrodomésticos y equipos eléctricos que posee cada vivienda. Con la capacidad instalada, se asumió un perfil diario actual (para cuatro horas de energía) y un perfil diario proyectado asumiendo un tiempo de servicio de energía de 24 horas del día.

Una vez se obtuvo esta información se calculó la potencia instalada y efectiva total, así como la curva de carga para el perfil actual con 4 horas de suministro de energía al día y para un perfil proyectado de 24 horas al día (tabla 7).

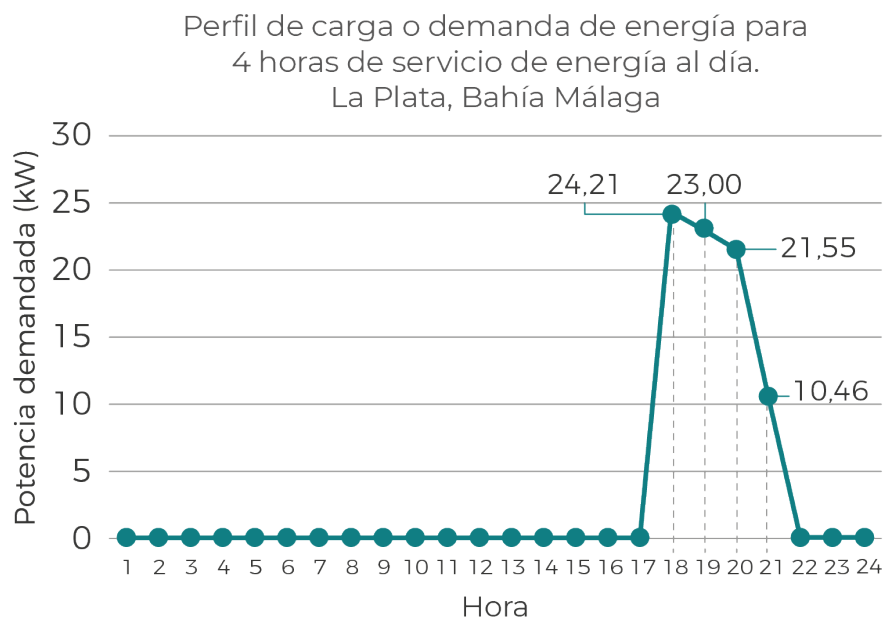
Tabla 7 Potencia instalada y efectiva total en La Plata, Bahía Málaga

Electrodo- mésticos por comunidad	Potencia nominal (W)	Poten- cia total instalada (W)	Factor de carga	Factor de utili- zación	Potencia efectiva total	Potencia total ins- talada (W) 45 vivien- das
Equipos (115 W-300 W)	1265	1265	1	0,083	105,42	3163
Circuitos de alumbrado (100 W-700 W)	2900	2900	1	0,167	483,33	7250
Licadoras (100 W-500 W)	5500	5500	1	0,042	229,17	13750
Lavadoras (330 W-500 W)	3170	3170	1	0,083	264,17	7925
CD/DVD (8-10 W)	580	580	1	0,042	24,17	1450
TV (55 W-100 W)	1155	1155	1	0,167	192,50	2888
Congelador (130 W)	260	260	0,5	0,167	21,67	650
Total	14 830	14 830			1320,42 9 %	37 075

Fuente: autores.

Considerando un perfil de 4 horas de suministro de energía para 45 viviendas, se obtuvo una potencia total instalada por comunidad de 37,08 y 79.23 de energía consumida por toda la comunidad. Esto indica una potencia instalada promedio por vivienda de 0,82 y 1,76 de consumo de energía por hogar (figura 36).

Figura 36 Perfil de carga o demanda de energía para 4 horas de servicio de energía al día. La Plata, Bahía Málaga

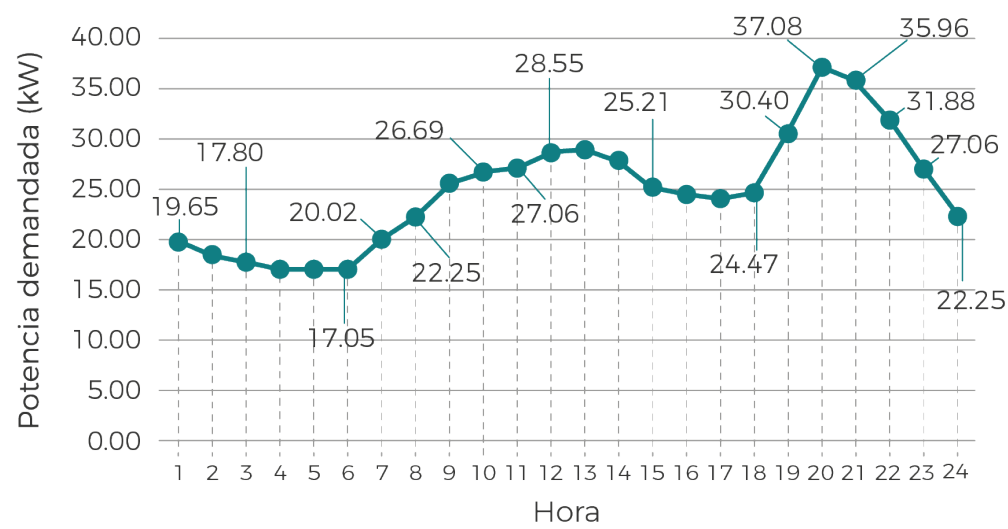


Fuente: autores.

La curva de carga o demanda para el perfil, asumiendo la curva característica de suministro de 24 horas/día para una ZNI en Colombia [11] se observa en la figura 37. De este análisis, pudo concluirse que el total de la energía consumida al día por la comunidad es 596,91 o 13,26 por vivienda.

Se definió también, un perfil de carga bajo, medio y alto, relacionado con la realidad de la comunidad, para evaluar un escenario en donde la generación de energía no se realice con una microrred, sino con sistemas solares individuales y una planta diésel comunitaria. Fue necesario evaluar esta otra configuración con las mismas fuentes de energía por restricciones en la capacidad física del terreno que habita la comunidad, así como por la necesidad de evaluar si un sistema solar individual diseñado a la medida del cliente, en términos de su capacidad instalada y financiera, es más accesible que un sistema centralizado. La carga de cada escenario se muestra en la tabla 8.

Figura 37 Perfil de carga o demanda de energía para 24 horas de servicio de energía al día. La Plata, Bahía Málaga



Fuente: adaptado de [11].

Tabla 8 Escenarios de carga y demanda diaria por vivienda. La Plata, Bahía Málaga

Equipo	Bajo		Medio		Alto	
	Potencia W	Energía [Wh/día]	Potencia W	Energía Wh/día	Potencia W	Energía Wh/día
Equipo de sonido	0	0	250	500	300	600
Bombillos	200	800	400	1,600	600	2400
Licuadaora	100	25	400	100	500	125
Lavadora	0	0	340	170	500	250
CD/DVD	0	0	0	0	100	200
TV	55	110	100	200	100	200
Congelador	0	0	0	0	130	520
Total [W]	355	935	1490	2570	2 230	4.295
Total [kW]	0,355	0,935	1,49	2,57	2,23	4.295

Fuente: autores.

Sistemas de generación de energía

En el proyecto de investigación se realizó el diseño de dos alternativas para la generación de energía en la comunidad de La Plata, a través del desarrollo de un modelo técnico para el dimensionamiento (cantidad de tecnologías como paneles solares, baterías, entre otros) y la operación óptima del sistema, con el ánimo de aumentar y cubrir la mayor cantidad de demanda posible, a partir de los recursos naturales al menor costo por hora.

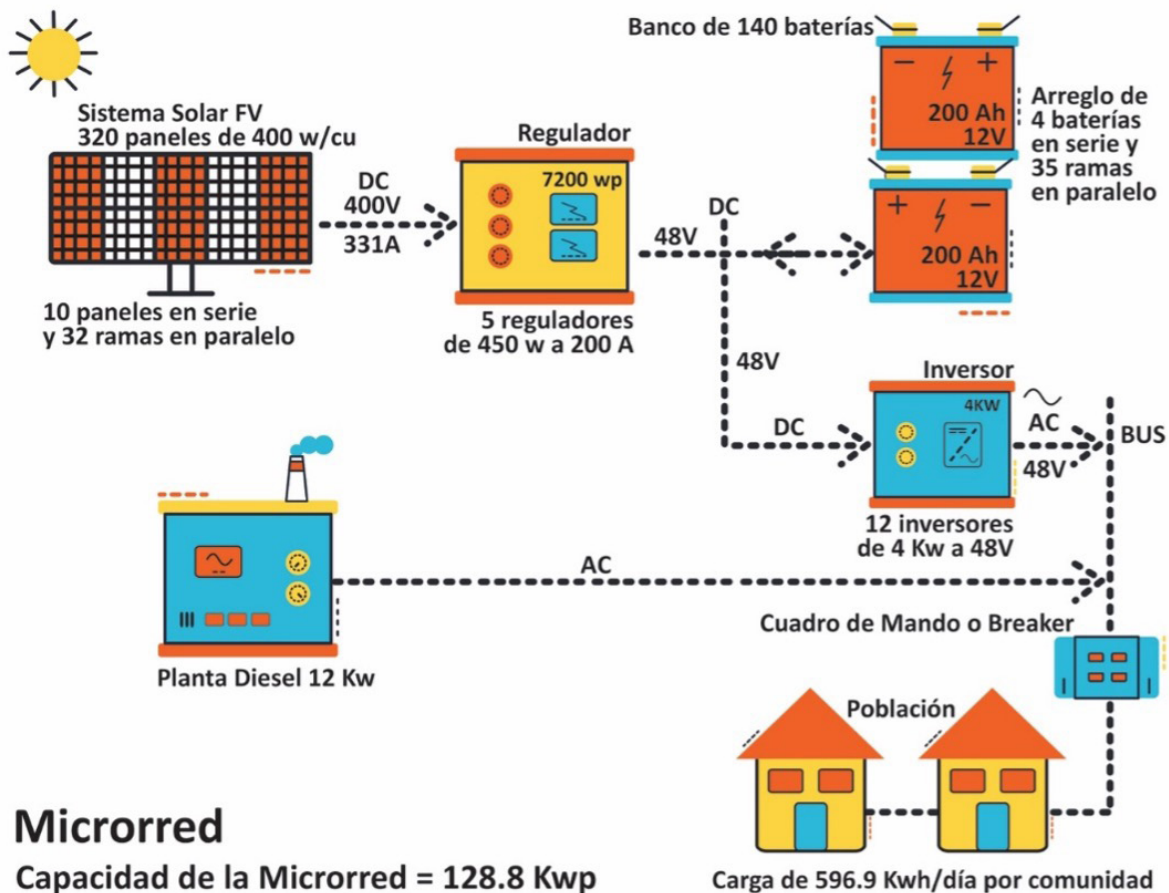
Microrred

La primera alternativa se diseñó con base en un sistema híbrido solar-diésel-baterías, denominado microrred de generación. Son sistemas de generación y distribución de energía eléctrica que proporciona electricidad a pocos usuarios de una comunidad remota o a centros poblados con mayor densidad poblacional [12].

Técnicamente, las microrredes tienen ventajas sobre los sistemas de generación convencionales como su capacidad de autoabastecerse y funcionar autónomamente, versatilidad en el funcionamiento con fuentes renovables y no renovables, brindando disminución en los indicadores de volatilidad e incertidumbre [13].

Las microrredes se han desarrollado rápidamente como una solución clave para la pobreza energética en todo el mundo, especialmente en comunidades geográficamente aisladas o con pobre acceso a ese servicio y como nueva forma de integrar las energías renovables a la matriz energética [14] the equivalent CO₂ emission models for fossil-fuel-based distributed generator units are developed considering their individual emission characteristic and fuel consumption. These models are then integrated within a microgrid energy management system (EMS).

Figura 38 Topología microrred. La Plata, Bahía Málaga



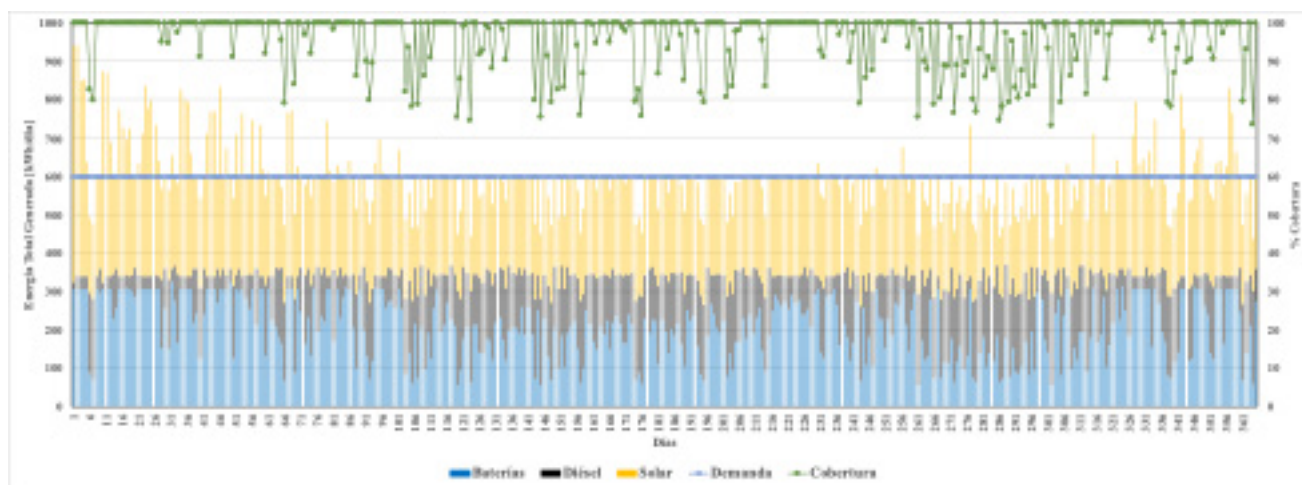
Fuente: autores.

Con base en los resultados del modelo de optimización para cubrir el 95,75 % de la demanda de energía en La Plata, se requieren 320 paneles solares policristalinos de 400 W a 40 V con un área de 2y una eficiencia del 20 %. También se requieren 140 baterías solares en gel de 200 A/h a 48 V. Asimismo, fue necesario dimensionar el resto de los equipos que debe tener la microrred para su correcto funcionamiento, y establecer el costo total de su implementación; de esta manera, se obtiene la configuración o topología para la microrred tal como se observa en la figura 38.

La simulación del despacho óptimo del sistema se elaboró para 365 días al año, con el objetivo de disminuir la incertidumbre en el comportamiento de la fuente solar, puesto que es impredecible conocer con certeza la cantidad de radiación que se va a producir determinado día, en el futuro. Según los resultados del despacho económico (una estrategia de gestión y operación del sistema energético donde se

entrega o despacha la energía más barata), se puede observar que el sistema cubre un promedio de 95,75 % de la demanda. En la figura 40, se aprecia la energía producida por el sistema con cada tecnología (solar FV, planta diésel y almacenamiento), así como la demanda diaria de energía en la comunidad y el porcentaje de cobertura para los 365 días del año.

Figura 39 Potencia generada por cada tecnología, carga y porcentaje de cobertura



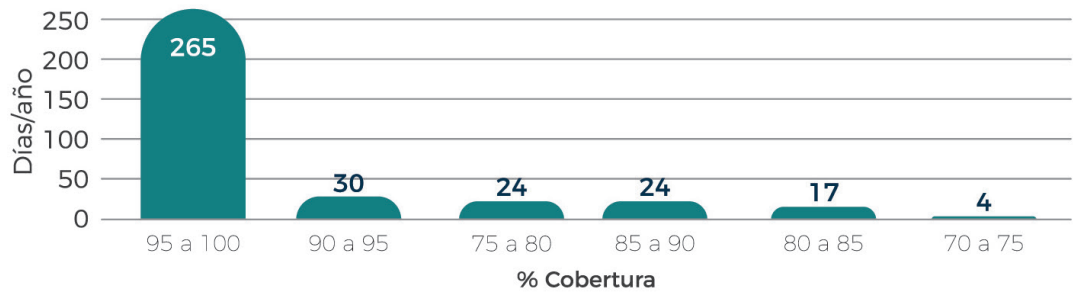
Fuente: autores.

Debido a que la fuente principal del sistema es solar FV, su comportamiento depende en gran medida de los cambios en la radiación solar. Al inicio del año, la cobertura presenta los valores más altos y en algunos días llega al 100 %; lo mismo sucede al final del año. Sin embargo, a mediados del año, aproximadamente desde el día 101 hasta antes del 280 se presentan los valores más bajos de cobertura a causa de la baja radiación solar que la zona experimenta en estas fechas.

La energía producida por el sistema es mayor que la energía necesaria para cubrir la demanda al comienzo y al final del año, y se produce lo que se llama el derrame o vertido de renovables. A mediados del año, la radiación es más baja y la cobertura es menor que los otros meses del año.

La gráfica de distribución de frecuencias de cobertura (figura 40) muestra que en el 72 % de los días del año, la cobertura excede el 95 %, mientras en el restante (28 %), la cobertura se encuentra entre el 75 % y el 94 %.

Figura 40 Gráfica de distribución de frecuencias de cobertura, por año

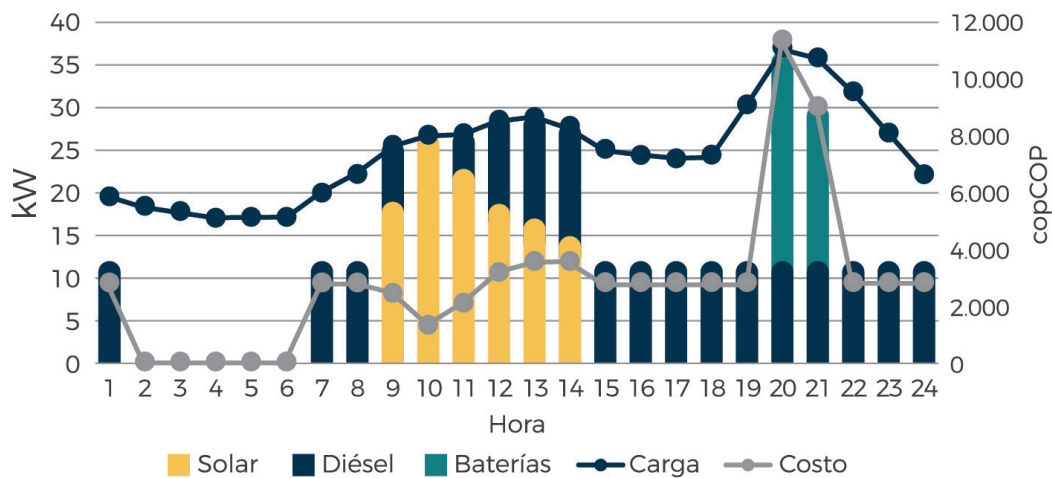


Fuente: autores.

El bajo costo del sistema fotovoltaico comparado con las otras dos tecnologías (diésel y baterías) hace que el modelo de optimización privilegie esta tecnología para generar energía en el momento en el que está disponible. Se ha comprobado que en el lapso de 7:00 a 16:00 horas, el sistema fotovoltaico produce un excedente utilizado para cargar el sistema de almacenamiento de energía.

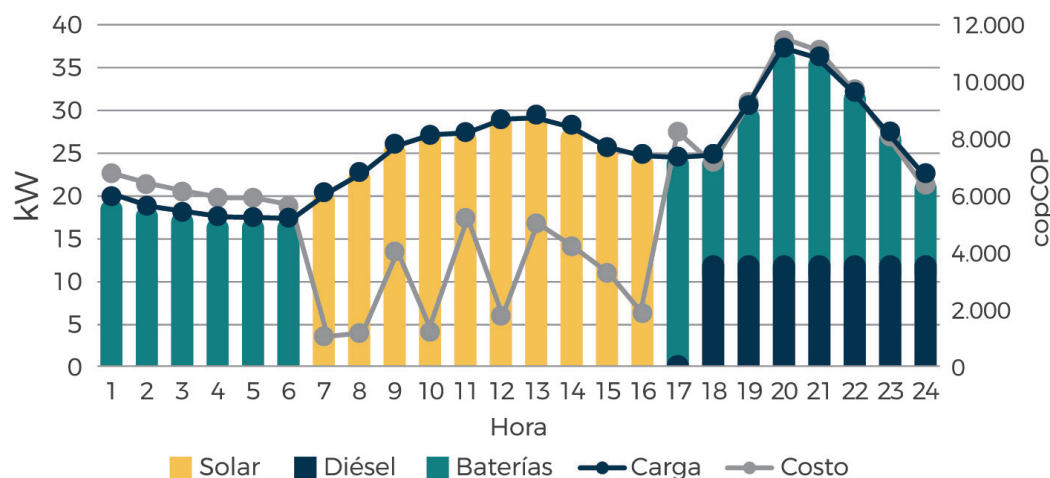
Los resultados de la optimización arrojaron un escenario diferente para cada día del año. Los resultados del funcionamiento del sistema varían cada día, debido a la estocasticidad de la radiación solar, mientras las otras fuentes tienen valores más fiables. En las figuras 41 y 42, se muestran dos escenarios (dos días del año) en los que la cobertura es máxima y mínima.

Figura 41 Escenario 2. Cobertura media 99,8%



Fuente: autores.

Figura 42 Escenario 123. Cobertura promedio = 70 %



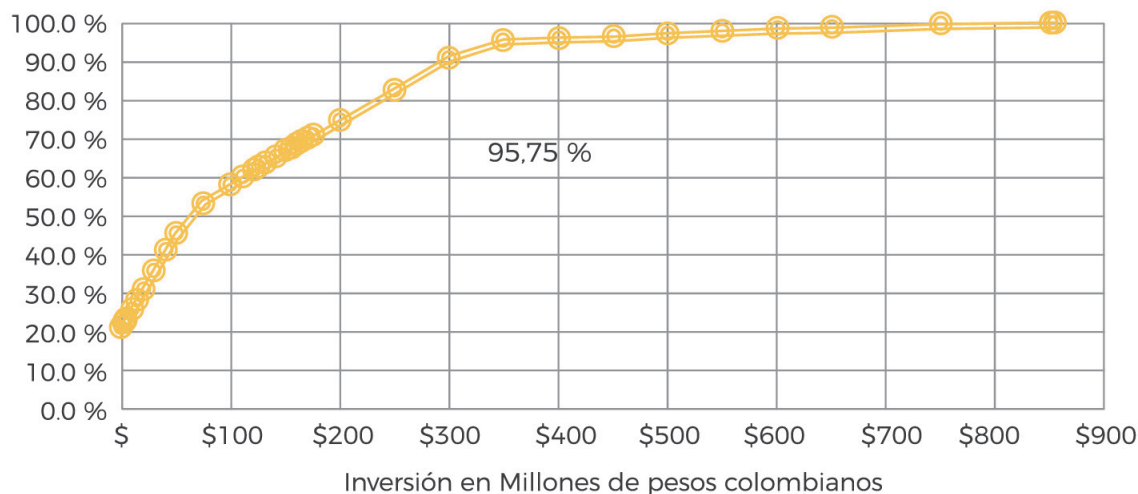
Fuente: autores.

Restricción de presupuesto

Dadas las condiciones socioeconómicas de este tipo de comunidades, fue necesario incluir restricciones presupuestarias en el diseño del sistema. Con esta información, se construyó una curva de inversión versus cobertura (figura 43)) para observar el comportamiento del modelo por cada millón de pesos adicional en inversión, en términos del incremento en la cobertura del sistema y las preferencias del modelo respecto al uso de esa inversión.

Este análisis permite concluir que un nivel de cobertura accesible corresponde al 95,75 %, con una inversión de COP350 millones, lo cual corresponde a un buen nivel de cobertura, ya que para alcanzar un nivel de cobertura del 100 % se requeriría el doble de la inversión inicial para subir tan solo 4,25 puntos porcentuales, y el sistema quedaría sobredimensionado y generaría desperdicio de energía gran parte del año (figura 43).

Figura 43 Relación entre inversión y porcentaje de cobertura.



Fuente: autores.

Sistema solar individual

Se seleccionaron estos modelos individuales porque, en los análisis económicos de la población estudiada, se pudo concluir que los individuos tienen situaciones económicas diferentes, así como una carga eléctrica también diferente. Unos habitantes poseen ingresos más bajos que otros y, por lo general, la carga de los equipos eléctricos en su vivienda es baja; por el contrario, hay habitantes que tienen ingresos más altos y su carga eléctrica es más alta.

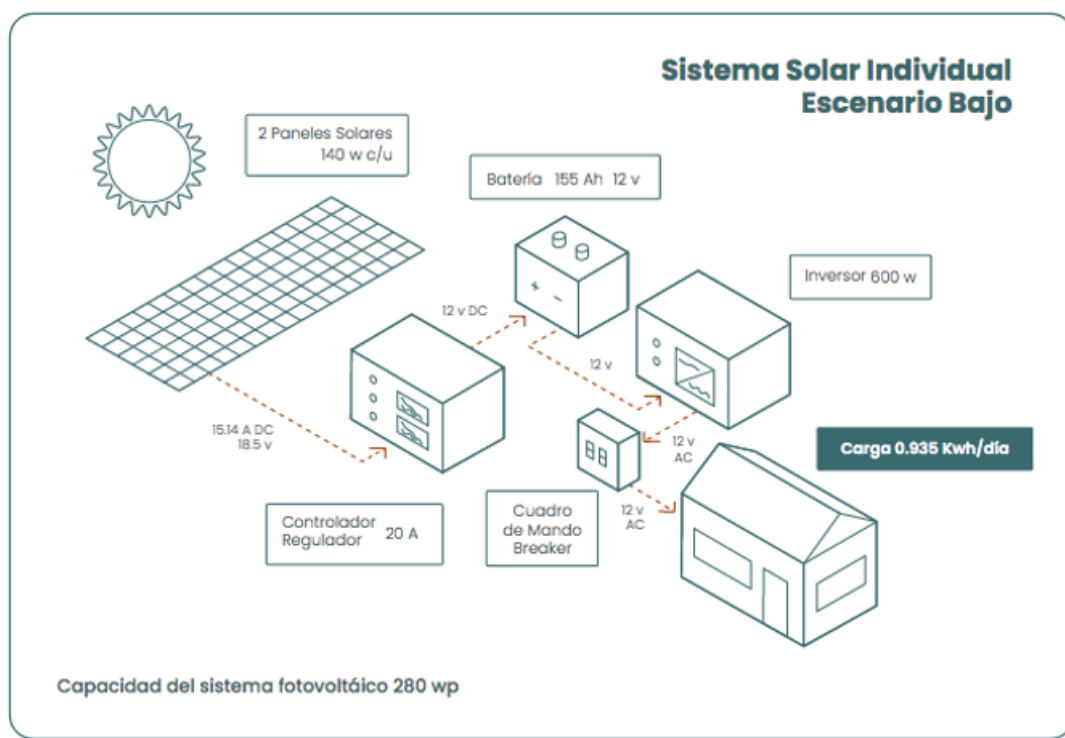
Estos escenarios se llevaron a cabo en este análisis, con el ánimo de hallar cuál es la configuración técnica, económica y financiera que más se adapta a la comunidad y que es accesible para dar la mayor cobertura de energía posible.

Los datos para la definición de los escenarios bajo, medio y alto se extrajeron de las encuestas realizadas en el trabajo de campo, y se dimensionaron con base en los equipos comerciales con potencias requeridas y características idóneas para implementar en la zona. El cálculo se describe a continuación.

En el escenario bajo, medio y alto, los habitantes de La Plata poseen una demanda de energía total de 0,935, 2,57 y 3,6 , respectivamente. Con esta información, se procedió a realizar el dimensionamiento de los equipos necesarios para suministrar la energía.

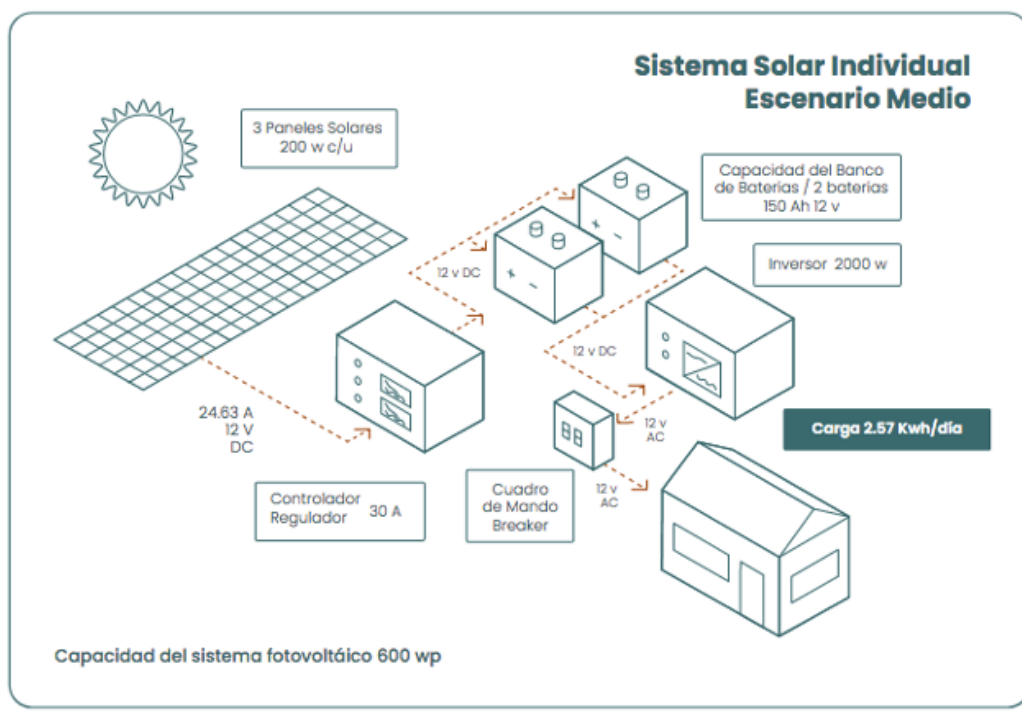
Los cálculos realizados en la investigación arrojaron tres topologías como óptimas para cubrir la demanda del hogar en los tres escenarios (bajo, medio y alto), con almacenamiento para dos días de independencia (figuras 44, 45 y 46).

Figura 44 Topología sistema solar individual. Escenario bajo



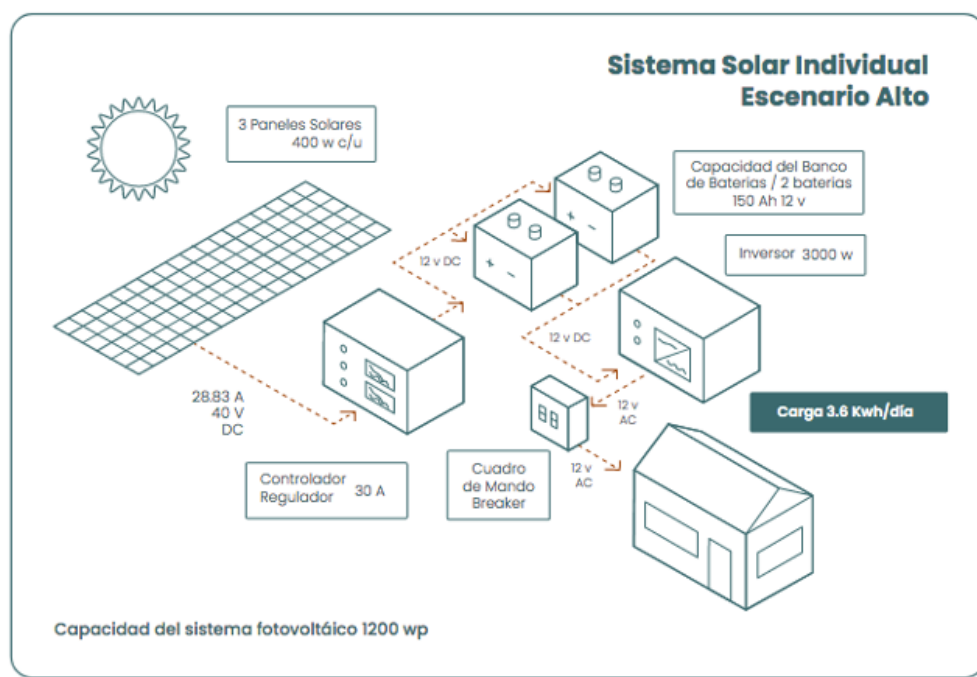
Fuente: autores.

Figura 45 Topología sistema solar individual. Escenario medio



Fuente: autores.

Figura 46 Topología sistema solar individual. Escenario alto



Fuente: autores.

Costos²

En cada escenario, se realizaron búsquedas y cotizaciones de los equipos y tecnologías (actualizados a 2021) y se elaboró una tabla de costos de inversión inicial, mano de obra e instalación, costos logísticos e imprevistos.

Microrred

Tabla 9 Inversión en equipos y materiales para la microrred. La Plata, Bahía Málaga

Equipos	Unidades	Costo unitario	Costo total
Paneles	320	COP	COP
Baterías	140	450 000,00	144 000 000,00
Controlador	5	1,362,000,00	190 680 000,00
Inversor	12	7 200,000,00	36 000 000,00
Soportes paneles	320	3 863 000,00	46 356 000,00
Interruptor de corriente alterna uno por vivienda. Breaker (DPS)	45	100 000,00	32 000 000,00
Conductores DC	135	100 000,00	4 500 000,00
Conductores AC	135	10 000,00	1 350 000,00
Conductores para comunicaciones	1	7 000,00	945 000,00
Contador prepago	1	100 000,00	100 000,00
Estructura o soporte metálico para baterías	140	70 000,00	70 000,00
Sistema de comunicaciones	1	80 000,00	11 200 000,00
Voltímetro	1	1 000 000,00	1 000 000,00
Estación meteorológica	1	300 000,00	300 000,00
Cuarto técnico	1	3 500 000,00	3 500 000,00
Capacitación del personal administrativo y técnico	1	2 000 000,00	2 000 000,00
Totales		1 000 000,00	1 000 000,00
			475 001 000,00

Fuente: autores.

² En la tesis de doctorado titulada “Modelo técnico, económico y financiero accesible en sistemas energéticos, basado en microrredes de fuentes renovables para la electrificación rural”, se encuentra la información aquí contenida con mayor detalle; adicionalmente, allí se plantearon cuatro modelos financieros con los cuales una comunidad de una ZNI en Colombia podía acceder a un sistema de generación de energía solar individual o microrred, cuando exista un inversionista interesado en este modelo de negocio.

Si una entidad bancaria le presta el dinero a la comunidad a través de una cooperativa de energía, esta comunidad tendría que pagar durante 5 años un valor mensual de COP11 846 412,77 a la entidad bancaria, por lo que cada usuario debe aportar mensualmente una cuota de COP263 253,62. Inicialmente, la tarifa es muy alta para los habitantes de La Plata; no obstante, una vez se finalice el crédito, la cooperativa deberá continuar su funcionamiento para garantizar la administración, operación y mantenimiento del sistema de generación, y en este caso solamente se incurrirán en los costos de este concepto, los cuales corresponderían aproximadamente a COP6 696 777,42 anuales por toda la comunidad o COP12 401,44 mensuales por usuario.

Sistema solar individual

Tabla 10 Costo sistema solar individual. Escenario bajo. La Plata, Bahía Málaga.

Fuente: autores.

Equipo	Descripción	Cantidad	Valor COP	Subtotal COP
Conductores (DC + AC)	Cableados DC y AC para la conexión alámbrica de todo el sistema.	1	100 000,00	100 000,00
Protecciones	Protectores para conductores	1	100 000,00	100 000,00
Tablero	Cuadro de mando o breaker	1	300 000,00	300 000,00
Mano de obra	COP160 000,00 un ingeniero y un ayudante por día	2	160 000,00	320 000,00
Transporte terrestre	Transporte intermunicipal de equipos	1	500 000,00	500 000,00
Lancha	Transporte fluvial desde la cabecera municipal hasta el archipiélago	1	450 000,00	450 000,00
Viáticos	Viáticos en la isla por dos días de instalación por persona	4	100 000,00	400 000,00

Equipo	Descripción	Cantidad	Valor COP	Subtotal COP
Paneles	Paneles 140 W 18,50 V Marca RESUN proveedor Solartex	2	247 000,00	494 000,00
Baterías	1 batería Marca MTEK 12 V 155 Ah	1	875 000,00	875 000,00
Controlador	Regulador Ferragro 12 V 20 A	1	52 500,00	52 500,00
Inversor	Inversor de 600 W, entrada de 12 V DC y salida de 110 V AC	1	151 403,00	151 403,00
Soportes de panel solar para techo	Estructura perfiles de aluminio para techo	1	50 000,00	50 000,00
Imprevistos	El 10% de los costos	1	379 290,00	379 290,00
Costo total del sistema para una vivienda con carga de 0.935 kWh/día				4 172 193,00

Tabla 11 Costo sistema solar individual. Escenario medio. La Plata, Bahía Málaga
Fuente: elaboración propia de los autores.

Equipo	Descripción	Cantidad	Valor COP	Subtotal COP
Conductores (DC + AC)	Cableados DC y AC para la conexión alámbrica de todo el sistema	1	100 000,00	100 000,00
Protecciones	Protectores para conductores	1	100 000,00	100 000,00
Tablero	Cuadro de mando o breaker	1	300 000,00	300 000,00
Mano de obra	COP160 000,00 un ingeniero y un ayudante por día	2	160 000,00	320 000,00
Transporte Terrestre	Transporte intermunicipal de equipos	1	500 000,00	500 000,00

Equipo	Descripción	Cantidad	Valor COP	Subtotal COP
Lancha	Transporte fluvial desde la cabecera municipal hasta el archipiélago	1	750 000,00	750 000,00
Viáticos	Viáticos en la isla por dos días de instalación por persona	4	100 000,00	400 000,00
Paneles	Panel solar de 200 W 12 V Policristalino EGE - Fabricante Ecogreen	3	250 800,00	752 400,00
Baterías	Batería Kaise 12v 150Ah	2	800 000,00	1 600 000,00
Controlador	Regulador MPPT-30 12-24 V ML2430 Solartex	1	421 000,00	421 000,00
Inversor	Inversor 2000 W Onda Pura 110 V 24 V PS Solartex	1	1 060 000,00	1 060 000,00
Soportes de panel solar para techo	Estructura perfiles de aluminio para techo	3	50 000,00	150 000,00
Imprevistos	El 10% de los costos	1	645 340,00	645 340,00
Costo total del sistema para una vivienda con carga de 2,57 kWh/día				7 098 740,00

Tabla 12 Costo sistema solar individual. Escenario alto. La Plata, Bahía Málaga
Fuente: autores.

Equipo	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Subtotal COP
Conductores (DC+AC)	Cableados DC y AC para la conexión alámbrica de todo el sistema	1	100 000,00	100 000,00
Protecciones	Protectores para conductores	1	100 000,00	100 000,00

Equipo	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Subtotal COP
Tablero	Cuadro de mando o breaker	1	300 000,00	300 000,00
Mano de obra	COP160 000,00 un ingeniero + ayudante por día	2	160 000,00	320 000,00
Transporte terrestre	Transporte intermunicipal de equipos	1	500 000,00	500 000,00
Lancha	Transporte fluvial desde la cabecera municipal hasta el archipiélago	1	750 000,00	750 000,00
Viáticos	Viáticos en la isla por dos días de instalación por persona	4	100 000,00	400 000,00
Paneles	Panel solar de 400 W 40 V Marca Seraphin proveedor Aprotec	3	450 000,00	1 350 000,00
Baterías	Batería Kaise 12 V 150 Ah	2	800 000,00	1 600 000,00
Controlador	Regulador MPPT-30 12-24 V ML2430 Solartex	1	421 000,00	421 000,00
Inversor	Inversor 3000 W 24 V PS Onda pura Solartex	1	1 584 000,00	1 584 000,00
Soportes panel solar para techo	Estructura perfiles de aluminio para techo	3	50 000,00	150 000,00
Imprevistos	El 10 % de los costos	1	757 500,00	757 500,00
Costo total del sistema para una vivienda con carga de 4 295 kWh/día				8 332 500,00

Bajo un escenario ilustrativo en el cual una entidad financiera prestara a cada usuario el valor total del sistema solar individual, con una tasa efectiva anual del 6 %, un plazo de tres años y cuotas mensuales fijas, el usuario pagaría aproximadamente COP 126.626 mensuales por el sistema de demanda

baja, COP 215.447 por el sistema de demanda media o COP 252.891 por el sistema de demanda alta. Estos valores fueron calculados con base en los costos estimados para 2021 y no incluyen seguros, comisiones financieras, mantenimiento ni reposición de componentes. Al finalizar el crédito, el sistema sería propiedad del usuario y dejaría de pagarse la cuota de financiación; sin embargo, continuarían los costos asociados con su mantenimiento y con la reposición de equipos, especialmente las baterías..

Tabla 13 Cuotas mensuales estimadas para la financiación de los sistemas solares individuales, con una tasa del 6 % E. A. y un plazo de 36 meses

Escenario	Potencia instalada	Costo del sistema, COP de 2021	Cuota mensual estimada
Demanda de energía baja	280 Wp	\$4.172.193	\$126.626
Demanda de energía media	600 Wp	\$7.098.740	\$215.447
Demanda de energía alta	1200 Wp	\$8.332.500	\$252.891

Fuente: autores.

Nota: cálculo efectuado con cuotas mensuales fijas, financiación del 100 % de la inversión, tasa efectiva anual del 6 % y plazo de 36 meses. No incluye seguros, comisiones bancarias, mantenimiento ni reposición de equipos.

Referencias

- [1] Castrillon, Y. U. L., & Cataño, F. A. G. (2018). Metodología y evaluación de recursos energéticos renovables: implementación de microrredes aisladas. *Visión electrónica*, 12(2), 162-172.
- [2] M. L. Rodríguez Meza, “Evaluación ambiental de alternativas de suministro energético para una zona no interconectada del contexto colombiano: caso archipiélago de La Plata, Consejo Comunitario De Bahía Málaga”, Tesis Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma de Occidente, 2018.
- [3] Oficina Catalana del Canvi Climàtic, “Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)”. Cataluña, España, 2013. <https://capac.org/wp-content/uploads/2025/04/Guia-para-el-calculo-de-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero.pdf>
- [4] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), “Pobreza Multidi-

- mensional Colombia - 2018,” Boletín Técnico Anu., 2019. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2018>
- [5] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), “Boletín Censo general 2005, perfil Buenaventura, Valle del Cauca”, p. 9, 2010. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/76109T7T000.PDF
 - [6] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), “Nota metodológica dedida de pobreza multidimensional municipal con información censal”, p. 6, 2020. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2018/informacion-censal/nota-metodologia-censal-pobreza-municipal-2018.pdf
 - [7] R. C. A. Salazar, Y. D. Cuervo, y R. Pardo, “Índice de pobreza multidimensional para Colombia”, *Archivos de Economía* 9228, *Departamento Nacional de Planeación*, 2011. <https://ideas.repec.org/p/col/000118/009228.html>
 - [8] Buenaventura cómo vamos, “Informe de calidad de vida de Buenaventura 2017-2019”, 2019. <https://www.buenaventuracomovamos.org/informes-de-calidad-de-vida/>
 - [9] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), “Boletín técnico Pobreza monetaria en Colombia - Año 2019”, 2020. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2019/Boletin-pobreza-monetaria_2019.pdf
 - [10] Manizales cómo vamos, “Informe de calidad de vida Manizales 2019”, 2020. https://manizalescomovamos.org/wp-content/uploads/2025/08/ICV_MCV_2019.pdf
 - [11] Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), “D-002-14 Marco regulatorio prestación servicio de energía eléctrica en zonas ZNI”, 2014. [https://gestornormativo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/98be10fa78c-deee205257cf9007cc369/\\$FILE/D-002-14%20MARCO%20REGULATORIO%20PRESTACI%C3%93N%20SERVICIO%20DE%20ENERG%C3%8DA%20EL%C3%89CTRICA%20EN%20ZONAS%20ZNI.pdf](https://gestornormativo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/98be10fa78c-deee205257cf9007cc369/$FILE/D-002-14%20MARCO%20REGULATORIO%20PRESTACI%C3%93N%20SERVICIO%20DE%20ENERG%C3%8DA%20EL%C3%89CTRICA%20EN%20ZONAS%20ZNI.pdf)
 - [12] Energy Sector Management Assistance Program, “Mini grids for half a billion people: market outlook and handbook for decision makers”. ESMAP Technical Report 014/19, World Bank Gr., 2019.
 - [13] J. P. Fossati, “Revisión bibliográfica sobre microrredes inteligentes. Literature review of microgrids”. Memoria investig. ing. (Facultad Ing., Univ. Montev.), *Mem. Trab. Difusión Científica y Técnica*, vol. 9, pp. 13-20, 2011. <https://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/286>
 - [14] B. V. Solanki, K. Bhattacharya, y C. A. Canizares, “A sustainable energy management system for isolated microgrids”, *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 8, n.º 4, pp. 1507–1517, 2017.

