

Caracterización y Evaluación Comparativa de Alternativas Energéticas para la Comunidad

"Coexistiendo con el Cóndor" en el Páramo del Almorzadero, Cerrito, Santander

Diego Alejandro Pérez Pérez, Yorman Andrey Güiza Mosquera

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2025

**Tabla de Contenido**

Introducción .....	6
1. Requerimientos Energéticos en la Comunidad "Coexistiendo con el Cóndor" .....	8
2. Contexto de la comunidad .....	9
2.1 Perfil del Sector Económico .....	9
2.2 Relación y Descripción de los Integrantes de la Comunidad .....	10
2.3 Descripción de la Localización .....	11
2.4 Área De La Comunidad .....	13
3. Análisis de Recursos para la Implementación de Energías Renovables .....	14
3.1 Temperatura .....	14
3.2 Pluviometría .....	15
3.3 Nubosidad. ....	16
4. Análisis de Disponibilidad del Recurso Solar .....	17
5. Disponibilidad Hidráulica .....	21
6. Disponibilidad de Vientos .....	24
7. Uso del Suelo. ....	27
8. Riesgo Sísmico .....	28
9. Medidas de Prevención y Mitigación. ....	30
10. Potencial Ubicación para la Generación de Energía .....	31
11. Perfil Topográfico. ....	31
12. Infraestructura Eléctrica .....	33
13. Caracterización de la Demanda. ....	34

14. Análisis de Información Obtenida. ....	36
--	----

**Lista de Figuras**

Figura 1. <i>Ubicación de la comunidad</i> .....	11
Figura 2. <i>Ruta desde el casco urbano</i> .....	12
Figura 3. <i>Área de la comunidad</i> .....	13
Figura 4. <i>Gráfica de temperatura</i> .....	15
Figura 5. <i>Precipitaciones</i> .....	16
Figura 6. <i>Gráfica de estado del clima</i> .....	17
Figura 7. <i>Datos solares de la comunidad tomados de atlas solar</i> .....	18
Figura 8. <i>Datos solares tomados de la plataforma power Nasa</i> .....	19
Figura 9. <i>Datos de irradiación tomados de PVGIS</i> .....	20
Figura 10. <i>Radiación promedio en la zona</i> .....	21
Figura 11. <i>Distancia lineal cascada “EL SALTO”</i> .....	23
Figura 12. <i>Datos de disponibilidad eólica tomados del atlas de viento.</i> .....	25
Figura 13. <i>Datos de disponibilidad eólica tomados de la Nasa</i> .....	26
Figura 14. <i>Velocidad del viento en la zona</i> .....	26
Figura 15. <i>Uso de suelos</i> .....	28
Figura 16. <i>Riesgo sísmico de la zona</i> .....	29
Figura 17. <i>Grafica de desnivel de la zona</i> .....	32

**Lista de Tablas**

Tabla 1. *Cuadro de consumo energético* ..... 34

Tabla 2. *Comparativa de diferentes tecnologías* ..... 36

## **Introducción**

En la actualidad, la necesidad de implementar soluciones energéticas sostenibles ha cobrado gran relevancia debido a la creciente preocupación por la conservación del medio ambiente y la mejora de la calidad de vida en comunidades rurales aisladas. Este informe se enfoca en el estudio de las necesidades energéticas de la comunidad Coexistiendo con el Cóndor, ubicada en el páramo del Almorzadero, en el municipio del Cerrito, Santander. La falta de acceso a electricidad ha limitado significativamente el desarrollo socioeconómico de sus habitantes, dificultando actividades cotidianas esenciales, el acceso a la educación y la comunicación. Ante esta problemática, se plantea la exploración de alternativas de generación de energía renovable adaptadas a las condiciones del territorio.

El propósito de este estudio es analizar el consumo energético estimado en los hogares de la comunidad, evaluar los recursos naturales disponibles para la generación de energía y determinar la opción más viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental. Para ello, se realizó un trabajo de campo en el que se recopilaron datos sobre los hábitos de consumo energético, las condiciones climáticas y las limitaciones existentes en la zona. Con base en esta información, se examinaron distintas opciones de generación con fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), considerando su factibilidad y los beneficios que podrían aportar a la comunidad.

La selección de la comunidad Coexistiendo con el Cóndor como objeto de estudio responde a la necesidad de ofrecer alternativas energéticas a poblaciones rurales que, debido a su ubicación geográfica y a restricciones ambientales, no pueden acceder a la infraestructura eléctrica

convencional. Dado que esta zona de páramo cuenta con regulaciones estrictas que impiden la instalación de redes de distribución eléctrica, se requiere un sistema de generación autónomo que garantice un suministro confiable de electricidad sin afectar al ecosistema. En este sentido, el aprovechamiento de energías renovables se presenta como una solución viable y sostenible para atender las necesidades de la comunidad.

Este informe tiene como objetivo sentar las bases para el diseño de un sistema de generación energética que mejore las condiciones de vida de los habitantes de Coexistiendo con el Cóndor, promoviendo su autosuficiencia y su desarrollo sostenible. Mediante la implementación de fuentes de energía renovable, se busca brindar acceso a un servicio esencial sin comprometer la integridad ambiental del páramo, asegurando que la comunidad pueda contar con un suministro energético confiable y sostenible a largo plazo.

## **1. Requerimientos Energéticos en la Comunidad "Coexistiendo con el Cóndor"**

Para comprender la situación energética de la comunidad ubicada en el páramo del Almorzadero, se llevaron a cabo entrevistas con los habitantes. El propósito de este análisis es identificar sus necesidades energéticas actuales, los problemas derivados de la falta de acceso a la electricidad y las posibles soluciones que podrían implementarse en la zona.

Las entrevistas revelaron que la comunidad enfrenta múltiples dificultades debido a la ausencia de un sistema de energía confiable. Entre los principales problemas identificados se encuentran la limitada iluminación en horas nocturnas, la imposibilidad de conservar alimentos de manera adecuada, la falta de acceso a sistemas de comunicación como telefonía e internet, y la dificultad para realizar actividades educativas y económicas en horarios extendidos. Estas problemáticas afectan directamente la calidad de vida de los habitantes y limitan sus oportunidades de desarrollo.

Actualmente, la iluminación en los hogares se logra mediante el uso de lámparas solares portátiles, linternas recargables y velas. No se cuenta con generadores eléctricos debido a que la comunidad no posee los recursos económicos para adquirirlos y costear su mantenimiento. Además, la comunidad no tiene acceso a gas natural, por lo que la cocción de alimentos depende de cilindros de GLP, los cuales tienen un costo aproximado de 130,000 pesos colombianos y una duración de alrededor de 20 días, lo que supone una carga económica significativa para las familias.

Ante esta situación, los habitantes han manifestado un alto interés en la implementación de sistemas fotovoltaicos como una solución sostenible y viable para mejorar su acceso a la energía.



Sin embargo, existe preocupación por el costo inicial de instalación y el mantenimiento de estos sistemas. Dentro de los beneficios esperados con la implementación de energía renovable, la comunidad destaca la posibilidad de conservar mejor sus alimentos, extender sus horarios de trabajo y estudio, facilitar el acceso a la información y mejorar la comunicación con otras zonas mediante el uso de internet y telefonía.

## **2. Contexto de la comunidad**

### **2.1 Perfil del Sector Económico**

La comunidad sustenta su economía principalmente en la ganadería bovina y el cultivo de papa, actividades que han sido tradicionales en la región. Sin embargo, la falta de acceso a energía eléctrica limita la productividad y conservación de estos productos, lo que obliga a los habitantes a venderlos rápidamente o depender de métodos rudimentarios de almacenamiento. La ausencia de refrigeración afecta la calidad y el valor de sus productos, dificultando su comercialización en mercados más competitivos.

El turismo ecológico representa otra fuente de ingresos importante para la comunidad, ya que la zona es un hábitat de anidación del cóndor andino, especie emblemática de la región. Tres de las viviendas han sido adaptadas para brindar hospedaje y alimentación a los visitantes, mientras que otras familias ofrecen servicios de guianza. No obstante, la falta de electricidad restringe la

promoción del turismo en plataformas digitales y dificulta la experiencia de los turistas al no contar con iluminación adecuada ni acceso a comunicaciones.

El acceso a energía eléctrica impulsaría significativamente el desarrollo económico de la comunidad, permitiendo mejorar la conservación de productos agrícolas, fortalecer el turismo y facilitar la comunicación con el exterior. Además, brindaría nuevas oportunidades de emprendimiento y optimizaría las condiciones de vida de sus habitantes, quienes actualmente enfrentan dificultades para ampliar y modernizar sus actividades productivas.

## **2.2 Relación y Descripción de los Integrantes de la Comunidad**

"Coexistiendo con el Cóndor" está conformada por ocho hogares, sumando un total de 40 habitantes. De estos, dos hogares son los más numerosos, con 7 y 8 integrantes respectivamente, mientras que dos viviendas albergan solo a dos personas cada una. La mayoría de los habitantes han nacido y crecido en la comunidad, lo que ha fortalecido su arraigo y compromiso con la preservación del territorio. Gran parte de la población es adulta, superando los 40 años, lo que representa un desafío en la adopción de nuevas tecnologías, pero también una oportunidad para mejorar su calidad de vida.

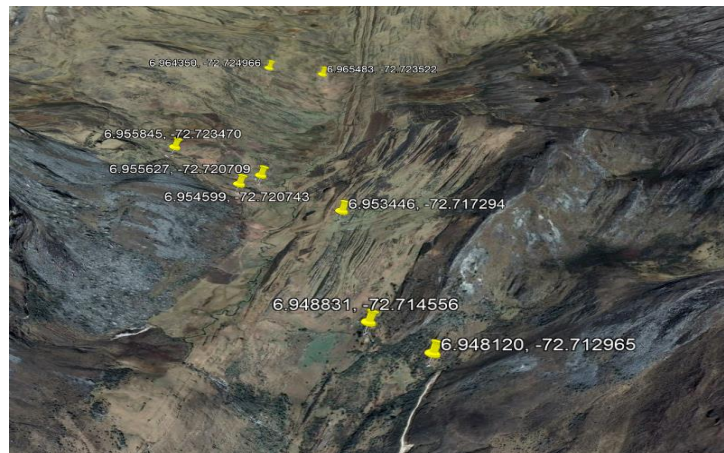
Durante las interacciones con los habitantes, la mayoría manifestó un alto interés en la implementación de una solución energética renovable, destacando que esto permitiría conservar alimentos, mejorar el acceso a la comunicación y extender sus actividades productivas en horas nocturnas. Además, ven la electricidad como un factor clave para fortalecer el turismo ecológico, una de sus principales fuentes de ingreso.

A pesar del entusiasmo general, algunos habitantes expresaron preocupaciones sobre el costo de instalación y mantenimiento de un sistema de energía renovable, debido a sus limitados recursos económicos. No obstante, se evidenció una disposición general a adoptar nuevas tecnologías, siempre que se brinde información clara sobre su funcionamiento, beneficios y sostenibilidad a largo plazo.

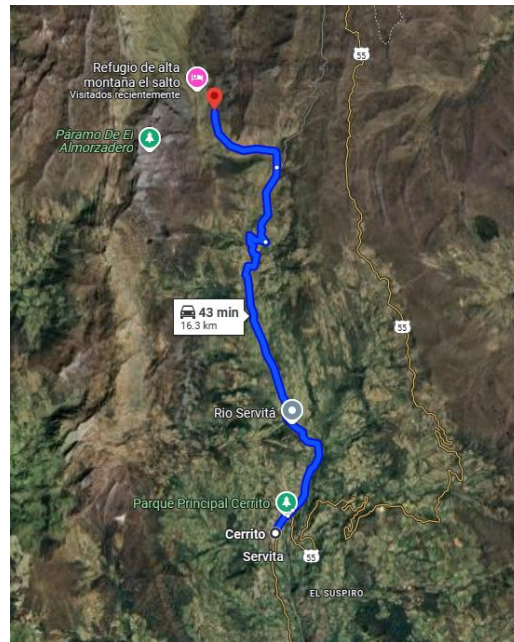
### 2.3 Descripción de la Localización

**Figura 1.**

*Ubicación de la comunidad*



La comunidad "Coexistiendo con el Cóndor" se encuentra ubicada en el municipio de El Cerrito, Santander, específicamente en la vereda Boyago, sector Mortiño, dentro del páramo del Almorzadero. Esta zona, caracterizada por su riqueza ambiental y su importancia en la conservación de ecosistemas estratégicos, presenta desafíos significativos en términos de accesibilidad y provisión de servicios básicos.

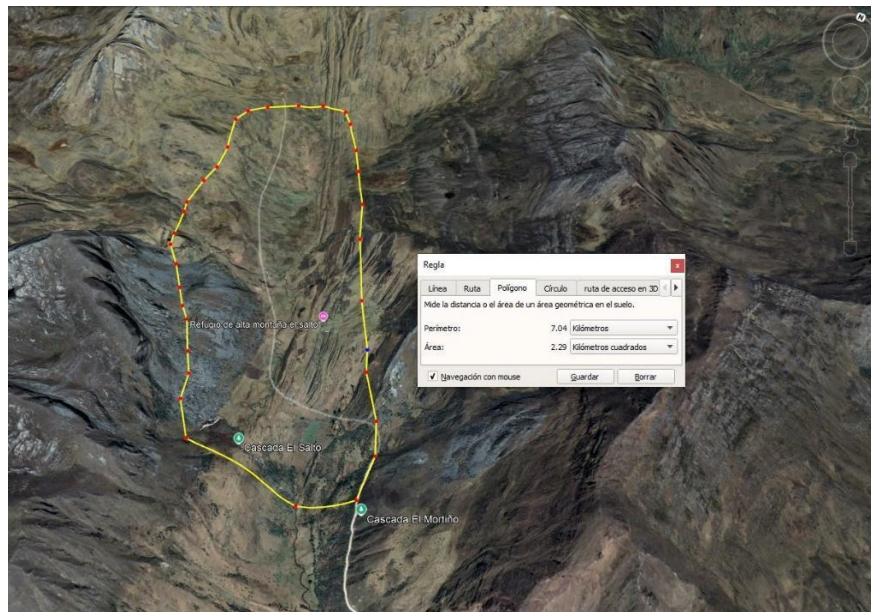
**Figura 2.***Ruta desde el casco urbano*

Para llegar a la comunidad desde el casco urbano de El Cerrito, es necesario recorrer aproximadamente 16 kilómetros por una vía destapada, un trayecto que toma alrededor de una hora en vehículo hasta el punto más cercano de acceso. Desde allí, el ingreso a la comunidad solo es posible a pie o a caballo, ya que no existen caminos vehiculares. Las viviendas están dispersas en un área de 2.3 km<sup>2</sup>, con la casa más cercana a la vía principal ubicada a 100 metros, mientras que la más lejana se encuentra a una distancia aproximada de 3 kilómetros.

## 2.4 Área De La Comunidad

**Figura 3.**

*Área de la comunidad*



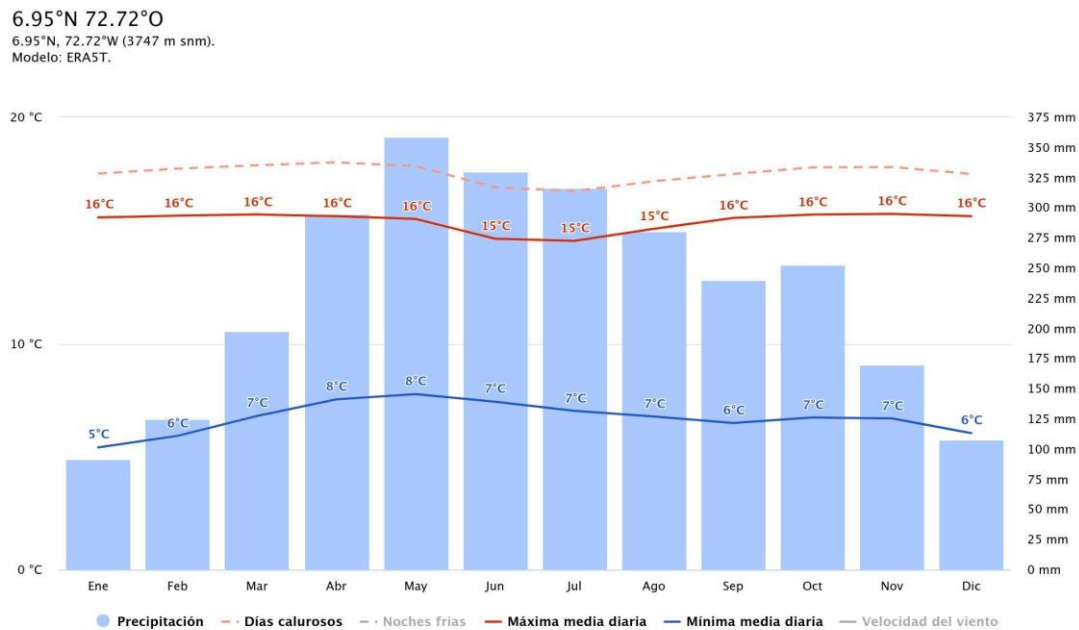
La comunidad está situada a una altitud que varía entre 3,500 y 4,000 msnm, dentro de una zona de conservación del páramo de Santurbán, lo que impone restricciones ambientales que dificultan la implementación de infraestructura eléctrica convencional. El área ocupada por las viviendas de la comunidad abarca aproximadamente 2.3 km<sup>2</sup>. Además, la zona se encuentra cerca del nacimiento del río Servitá, el cual forma una cascada de 250 metros de caída en tres fases. Estas condiciones geográficas, climáticas y normativas han llevado a la necesidad de explorar soluciones energéticas renovables adaptadas a las particularidades del territorio.

### **3. Análisis de Recursos para la Implementación de Energías Renovables**

Análisis de Temperatura, Nubosidad y Pluviometría. Para evaluar la viabilidad de la generación de energía renovable en la comunidad, se realizó un análisis de las condiciones meteorológicas utilizando datos de fuentes reconocidas como el IDEAM y el software Meteoblue. Estos factores influyen directamente en la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, eólicos e hidroeléctricos.

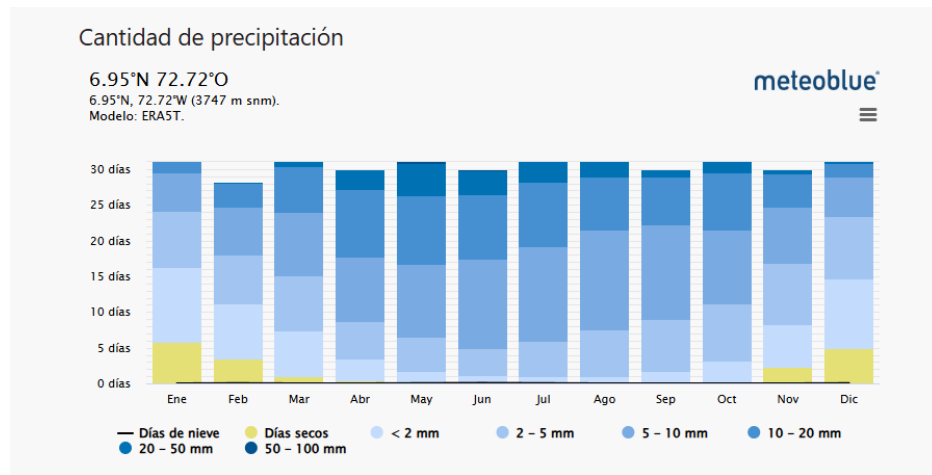
#### **3.1 Temperatura**

La comunidad se encuentra en una zona de páramo, lo que influye en un clima frío con temperaturas relativamente estables a lo largo del año. La temperatura máxima promedio es de 16°C, mientras que la temperatura mínima promedio es de 8°C, con una temperatura media anual de 14°C. El mes más cálido registrado es mayo, mientras que el mes más frío es julio. Estas condiciones favorecen la eficiencia de los paneles solares, ya que las bajas temperaturas reducen las pérdidas térmicas y mejoran la conversión energética.

**Figura 4.***Gráfica de temperatura*

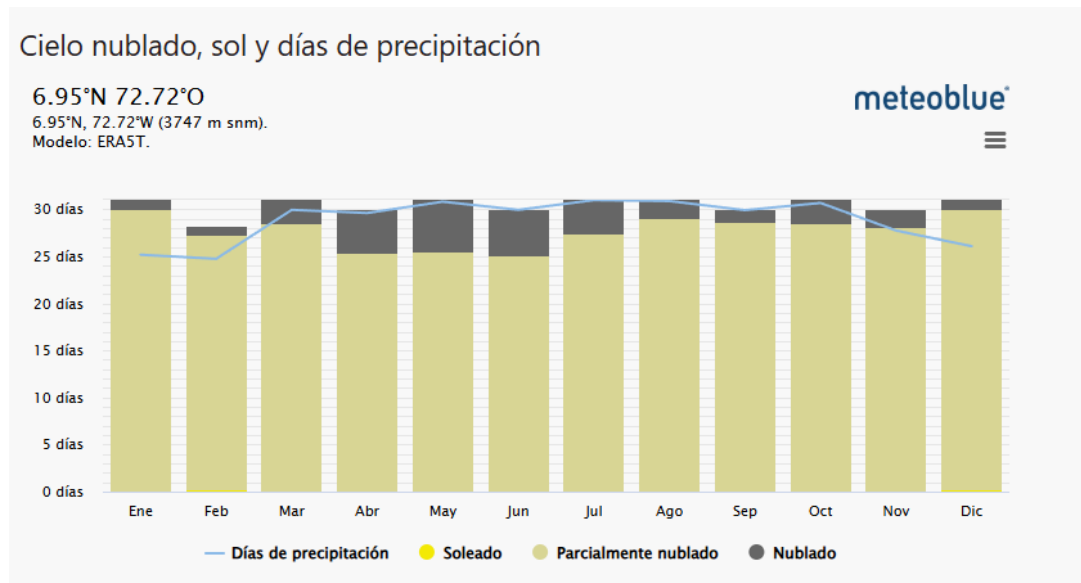
### 3.2 Pluviometría.

El régimen de lluvias en la comunidad presenta un nivel de precipitación mensual promedio de 250 mm, alcanzando su punto máximo en mayo con 300 mm y su punto mínimo en enero y septiembre con valores inferiores a los 200 mm. Los meses más lluviosos son mayo, junio y julio, lo que puede reducir la radiación solar efectiva y afectar el rendimiento de un sistema fotovoltaico. No obstante, estas precipitaciones también pueden representar una oportunidad para evaluar sistemas de generación hidroeléctrica, considerando la disponibilidad de recursos hídricos en la zona.

**Figura 5.***Precipitaciones***3.3 Nubosidad.**

La nubosidad es un factor determinante para la captación de energía solar. En la comunidad "Coexistiendo con el Cóndor", los meses con mayor nubosidad son enero, diciembre y agosto, lo que podría afectar la eficiencia de un sistema solar fotovoltaico en estos periodos. Por otro lado, los meses con menor nubosidad son abril, mayo y junio, permitiendo una mayor captación de radiación solar. Estos datos permiten determinar la estacionalidad en la generación de energía solar y plantear estrategias como el almacenamiento en baterías para garantizar un suministro estable durante los meses con menor radiación.



**Figura 6.***Gráfica de estado del clima*

*Nota.* Meteoblue. (2025). Temperaturas medias y precipitaciones

<https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/6.947N-72.718E>

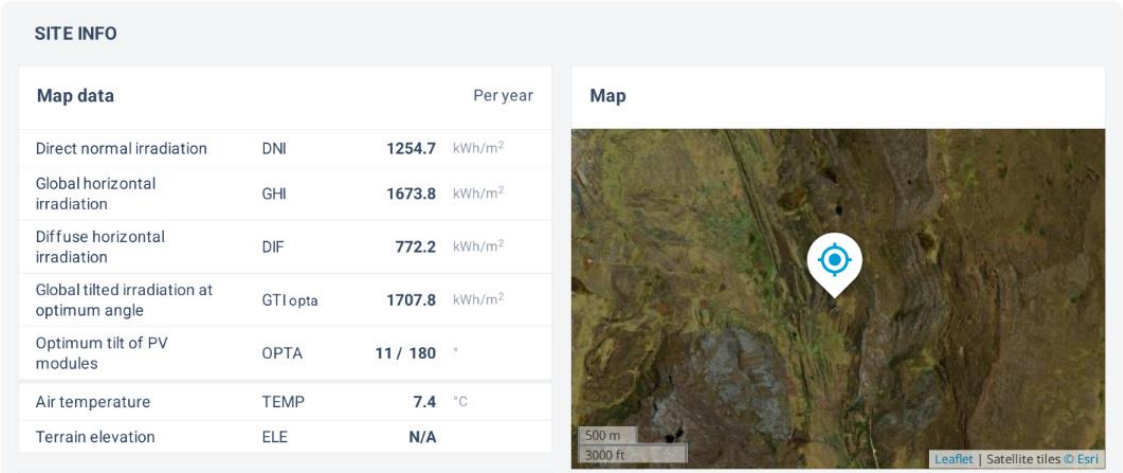
#### 4. Análisis de Disponibilidad del Recurso Solar

El programa POWER Data Access Viewer (NASA), PVGIS y el Atlas Solar de Colombia son herramientas fundamentales para la evaluación y planificación de proyectos de energía renovable, ya que proporcionan datos climáticos y de irradiación solar con alta precisión. Estas plataformas permiten analizar el potencial solar de una región específica, facilitando la toma de decisiones en el diseño de sistemas fotovoltaicos al ofrecer información detallada sobre variables como irradiancia, temperatura y condiciones atmosféricas.

Utilizando estas fuentes se han obtenido mediciones específicas para la comunidad correspondientes al período 2018–2022. Los resultados revelan que la irradiación horizontal global (GHI) en la zona es de 1673.8 kWh/m<sup>2</sup>/año, la irradiación normal directa (DNI) alcanza los 1254.7 kWh/m<sup>2</sup>/año, y la radiación difusa horizontal (DIF) se sitúa en 772.2 kWh/m<sup>2</sup>/año.

Figura 7.

*Datos solares de la comunidad tomados de atlas solar*



El análisis de horas solar pico (HSP) muestra una variabilidad estacional, con un mínimo de 2.72 HSP en junio y un máximo de 5 HSP en enero. Estos datos son esenciales para el diseño de un sistema de generación solar, ya que permiten estimar la producción energética en los diferentes meses del año y prever la necesidad de almacenamiento para garantizar un suministro estable. La inclinación óptima de los paneles en esta región se ha determinado en 11°, lo que maximiza la captación de radiación solar a lo largo del año.

**Figura 8.**

*Datos solares tomados de la plataforma power Nasa*

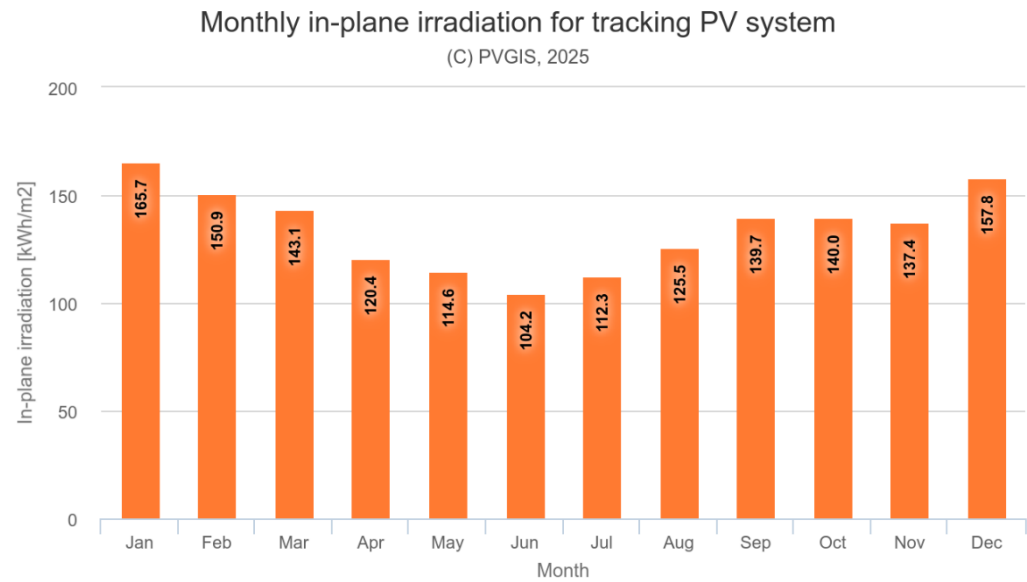
PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
SI_TILTED_MIN_HORIZONTAL	3.61	3.52	2.88	2.72	2.85	2.92	2.94	3.02	3.09	3.13	3.01	3.33	3.55
SI_TILTED_MIN_LAT_MINUS15	3.32	3.32	2.80	2.68	2.82	2.91	2.92	2.99	3.02	3.02	2.87	3.07	3.43
SI_TILTED_MIN_LATITUDE	3.79	3.64	2.91	2.72	2.84	2.91	2.93	3.03	3.11	3.19	3.10	3.50	3.61
SI_TILTED_MAX_HORIZONTAL	5.69	5.99	4.97	4.05	4.08	4.06	4.15	4.40	4.77	4.31	4.45	5.25	4.09
SI_TILTED_MAX_LAT_MINUS15	5.17	5.57	4.76	3.97	4.03	4.02	4.11	4.32	4.61	4.12	4.15	4.74	3.94
SI_TILTED_MAX_LATITUDE	6.03	6.26	5.09	4.07	4.07	4.05	4.14	4.42	4.84	4.41	4.63	5.58	4.17

El Atlas Solar de Colombia, desarrollado por la UPME, confirma estos datos y proporciona mapas de distribución espacial de la radiación solar en el país, permitiendo identificar las regiones con mayor potencial energético.

Adicionalmente, la plataforma **PVGIS** complementa esta información con simulaciones detalladas, facilitando la estimación del rendimiento del sistema fotovoltaico en función de la nubosidad y las condiciones atmosféricas locales.

Figura 9.

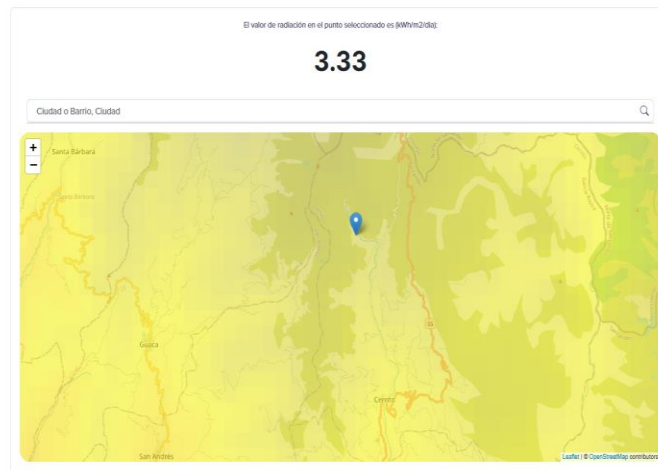
*Datos de irradiación tomados de PVGIS*



El estudio detallado de la irradiación solar en la comunidad "Coexistiendo con el Cóndor" respalda la viabilidad de la generación fotovoltaica como una alternativa eficiente y sostenible. Gracias a la baja presencia de sombras y la disponibilidad de terreno adecuado, la implementación de un sistema solar fotovoltaico resulta una opción óptima para suplir la demanda energética de la comunidad de manera independiente y sin necesidad de infraestructura de distribución extensa.

**Figura 10.**

*Radiación promedio en la zona*



La comunidad presenta una radiación solar promedio de 3.3 horas sol pico (HSP), según el Mapa de Irradiancia Solar de Colombia.

## 5. Disponibilidad Hidráulica

Para evaluar el potencial hidroenergético en la comunidad, se consideró el estudio del Mapa de Potencial Hidroenergético realizado por la UPME. Este estudio se basa en el cálculo del caudal y las caídas hidráulicas para determinar la capacidad de generación de energía en un tramo de río, utilizando la ecuación:

$$Pot = y \cdot Q \cdot \Delta H \cdot \mu$$

Donde:

- **Pot** es el potencial de generación eléctrica (W).
- **$\gamma$**  es el peso específico del agua (9.81 kN/m<sup>3</sup>).
- **Q** es el caudal del río (m<sup>3</sup>/s).
- **$\Delta H$**  es la altura de la caída de agua (m).
- **$\mu$**  es la eficiencia del generador hidráulico.

En la comunidad el recurso hídrico disponible proviene del río Servitá, el cual cuenta con una cascada dividida en tres fases: una caída de 100 metros y dos caídas adicionales de 50 metros cada una, separadas entre sí por aproximadamente 20 a 30 metros. Sin embargo, esta cascada no es completamente vertical, sino que desciende por la pendiente de la montaña, lo que limita el aprovechamiento total de su energía potencial.

El caudal del río no ha sido medido con exactitud, pero con base en observaciones en campo y cálculos aproximados, se estima que presenta una profundidad promedio de 20 cm, un ancho de 2.5 metros y una velocidad de 3 m/s. Aplicando la ecuación de caudal:

$$Q = A \cdot V$$

Donde **A** es el área transversal del río y **V** es la velocidad del agua, se obtiene:

$$Q = (2.5m \times 0.2m) \times 3m/s = 1.5m^3/s$$

Si bien estos valores podrían indicar cierto potencial hidroenergético, su aprovechamiento está severamente restringido por normativas ambientales. La Ley 1930 de 2018 o Ley de Páramos prohíbe la intervención en los ecosistemas de páramo, lo que impide modificar el cauce del río para la instalación de tuberías o estructuras de captación. Además, la cascada se encuentra dentro

de una zona de protección ambiental, lo que imposibilita su uso para generación hidroeléctrica sin afectar el ecosistema.

Adicionalmente, la distancia entre la cascada y las viviendas de la comunidad representa otro obstáculo técnico. La casa más cercana se encuentra a 500 metros, mientras que la más alejada está a 3 km, lo que requeriría una extensa infraestructura de distribución eléctrica, aumentando costos y complejidad.

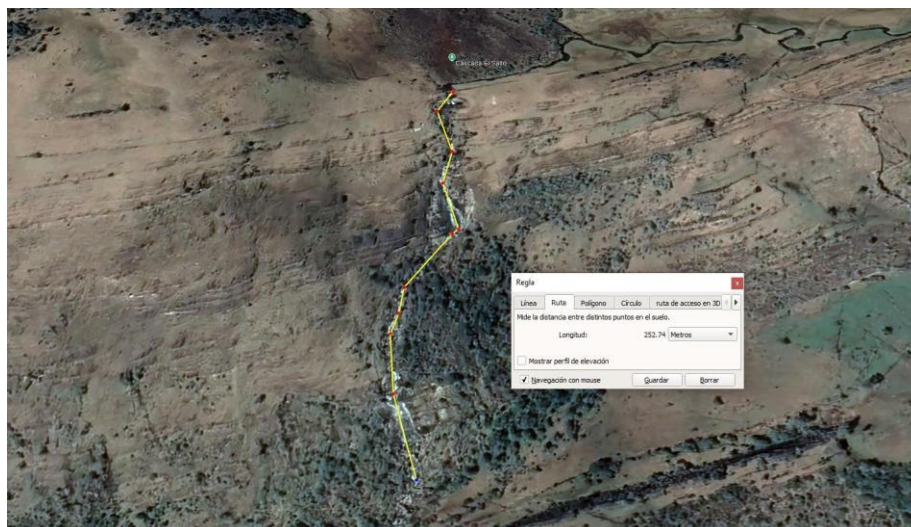
$$P = (9.81 \times 10^3 \text{ N/m}^3) \times (1.5 \text{ m}^3/\text{s}) \times (200 \text{ m}) \times (0.8)$$

$$P = 2,354,400 \text{ W} = 2.35 \text{ MW}$$

El potencial energético estimado para la cascada “EL SALTO” en la comunidad es de aproximadamente **2.35 MW**.

### Figura 11.

*Distancia lineal cascada “EL SALTO”*



## **6. Disponibilidad de Vientos**

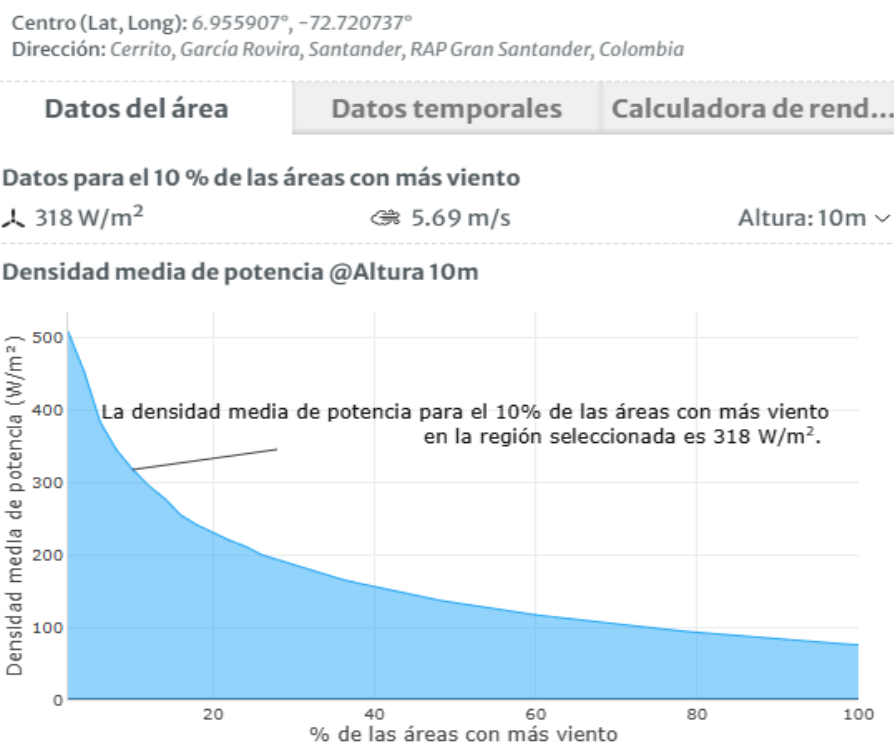
El análisis de la disponibilidad del recurso eólico en la comunidad "Coexistiendo con el Cóndor" se realizó a partir de datos obtenidos de las plataformas Power Data Access Viewer (NASA), Atlas Global de Viento y el Atlas de Viento de Colombia de la UPME. Estas herramientas proporcionan información clave sobre la velocidad del viento en la región, lo que permite evaluar su viabilidad como fuente de energía renovable.

Los datos históricos recopilados entre 2018 y 2022 muestran que la velocidad media del viento a 10 metros de altura es de 4.89 m/s, mientras que a 5 metros de altura es de 3.5 m/s. Si bien estas velocidades pueden ser suficientes para algunas aplicaciones de microgeneración, se encuentran por debajo del umbral mínimo recomendado de 5 m/s para la operación eficiente de aerogeneradores de pequeña y mediana escala. Adicionalmente, se observó que los vientos más fuertes se presentan durante los meses de junio y julio, coincidiendo con la temporada de verano en Colombia.



**Figura 12.**

*Datos de disponibilidad eólica tomados del atlas de viento.*



*Nota:* Global Wind Atlas. (2025). *Capas de energía eólicas*. <https://globalwindatlas.info/es>

A pesar de que la comunidad se encuentra en un valle rodeado de montañas y con poca vegetación de gran altura que pueda obstaculizar el flujo de aire, la velocidad del viento es afectada por la orografía del terreno, lo que reduce la estabilidad y constancia del recurso eólico. Además, la ubicación dentro de un área protegida de páramo impone restricciones ambientales y de conservación, especialmente por tratarse de una zona de anidación del cóndor andino, especie en peligro de extinción. La instalación de aerogeneradores en la región podría representar un riesgo para estas aves, dado que las turbinas eólicas son conocidas por su impacto negativo en poblaciones de aves en distintas partes del mundo.

**Figura 13.**

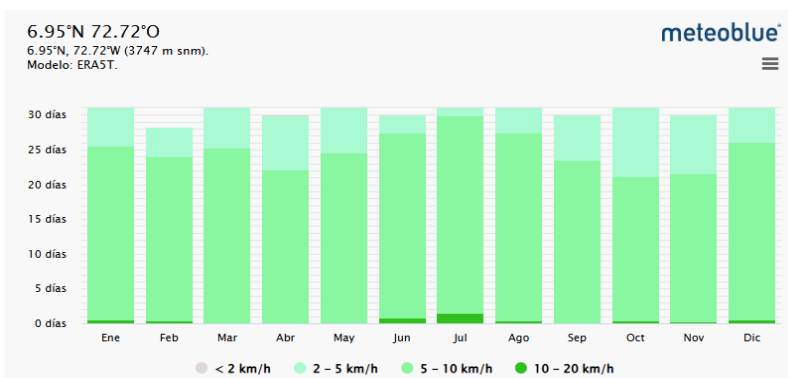
*Datos de disponibilidad eólica tomados de la Nasa*

Parameter(s):													
WD10M	MERRA-2 Wind Direction at 10 Meters (Degrees)												
WS10M	MERRA-2 Wind Speed at 10 Meters (m/s)												
WS2M	MERRA-2 Wind Speed at 2 Meters (m/s)												
PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
WD10M	86.70	86.20	86.80	89.20	94.50	99.10	99.20	102.10	101.50	93.50	84.70	86.20	92.70
WS10M	3.14	3.23	3.26	3.03	3.14	3.55	3.55	3.19	2.90	2.49	2.53	3.04	3.09
WS2M	2.07	2.18	2.22	2.05	2.11	2.36	2.34	2.10	1.92	1.64	1.65	1.99	2.05

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el recurso eólico en la comunidad "Coexistiendo con el Cóndor" no es viable para la generación de energía eléctrica a gran escala, debido a la velocidad limitada del viento, la variabilidad estacional y las restricciones ambientales. Esto refuerza la necesidad de considerar otras fuentes de energía renovable, como la solar fotovoltaica, que presenta una disponibilidad más estable y con menor impacto ambiental en la zona.

**Figura 14.**

*Velocidad del viento en la zona*



Nota. Meteoblue. (2025). Temperaturas medias y precipitaciones

<https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/6.947N-72.718E>

## 7. Uso del Suelo.

La comunidad está compuesta por ocho viviendas dispersas a lo largo del territorio, con la casa más cercana ubicada a 50 metros de la vía de acceso más próxima y la más alejada a 3 km de esta. En cuanto a la infraestructura de las viviendas, dos de ellas han sido actualizadas con construcciones mixtas de tapia y ladrillo, tres son totalmente de ladrillo y han sido adaptadas para recibir visitantes en el marco del ecoturismo, mientras que las tres restantes están construidas con tapia pisada, manteniendo el diseño tradicional de la zona.

Las principales actividades económicas de la comunidad están basadas en la agricultura y la ganadería. La producción de papa es el principal cultivo, mientras que la crianza de ganado ovino complementa la economía de los habitantes. En los últimos años, el ecoturismo ha tomado relevancia, debido a que la zona es hábitat de cóndores y cuenta con paisajes naturales como lagunas y senderos ecológicos que han atraído visitantes. Sin embargo, la comunidad no cuenta con establecimientos comerciales ni centros de atención médica, por lo que los víveres deben ser transportados desde el casco urbano del Cerrito en camiones adaptados como lecheras, y posteriormente llevados a cada hogar a lomo de caballo.

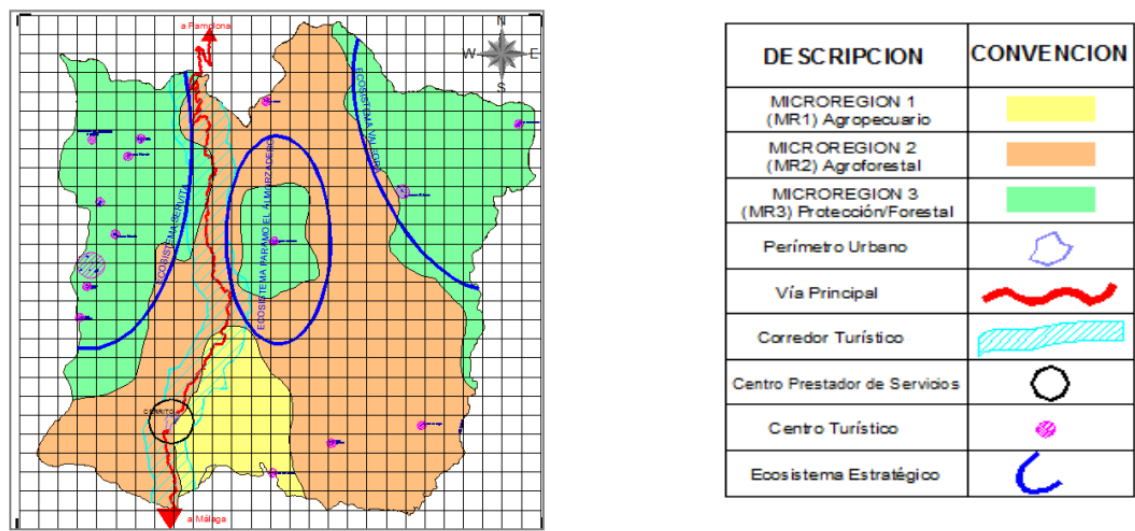
La comunidad está ubicada dentro de la microregión 3 del municipio del Cerrito y se encuentra en una zona de protección forestal, siendo un área estratégica por ser el nacimiento del río Servitá. Adicionalmente, al formar parte del páramo del Almorzadero, la comunidad está sujeta a la Ley 1930 de 2018, que establece restricciones para el uso del suelo con el fin de preservar los ecosistemas del páramo (Congreso de Colombia, 2018). La vía de acceso a la comunidad es una carretera terciaria de 16 km que conecta con un camino de herradura, utilizado para el acceso a

cada vivienda. Las actividades agrícolas se desarrollan en la parte más baja del territorio, mientras que el ganado se maneja con cercas eléctricas no invasivas. El turismo ecológico se extiende a lo largo de la comunidad, aprovechando los recursos naturales y la biodiversidad del área.

Congreso de Colombia. (2018). *Ley 1930 de 2018 por la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia*. Diario Oficial No. 50.663.

Figura 15.

Uso de suelos



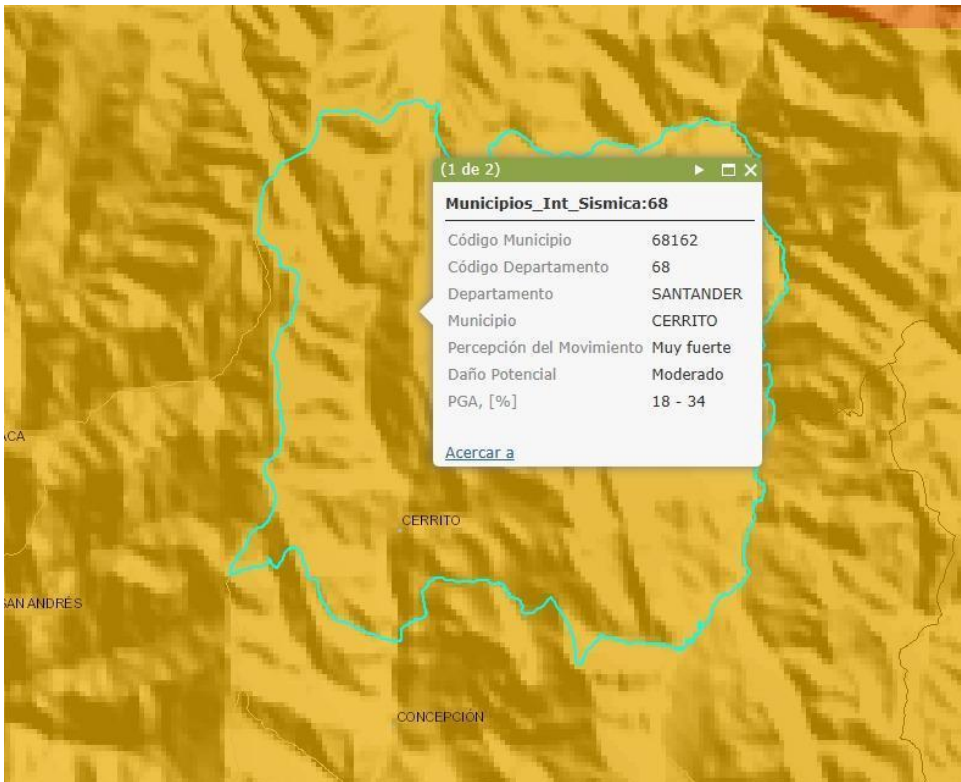
8. Riesgo Sísmico

De acuerdo con el mapa de Intensidad Sísmica Esperada del Servicio Geológico Colombiano, la región presenta un PGA (aceleración pico del terreno) entre el 18% y el 34%, lo

que la clasifica dentro de un nivel de riesgo sísmico bajo a moderado. Sin embargo, en las últimas décadas no se han registrado eventos sísmicos significativos que hayan generado afectaciones en las viviendas o infraestructura de la comunidad. Adicionalmente, la zona no cuenta con estructuras de gran tamaño que puedan representar un peligro en caso de un movimiento telúrico. El tipo de suelo en la comunidad es rocoso con una cubierta vegetal, lo que proporciona una mayor estabilidad frente a movimientos sísmicos, minimizando el riesgo de deslizamientos o colapsos estructurales. No obstante, debido a la falta de construcciones con normativas sismo resistentes, es recomendable considerar estrategias de mitigación para reducir el impacto de un posible evento sísmico.

**Figura 16.**

*Riesgo sísmico de la zona*



Riesgo de Inundaciones y Fenómenos Climáticos Extremos. La comunidad no se encuentra expuesta a riesgos de inundación, ya que las fuentes hídricas cercanas son de bajo caudal y están próximas a su nacimiento. Esto significa que no hay cuerpos de agua con capacidad de generar desbordamientos o afectaciones significativas en la zona.

En cuanto a otros fenómenos climáticos extremos, no se han identificado amenazas relevantes como vendavales, tormentas severas o deslizamientos de tierra que puedan representar un riesgo para la comunidad. Sin embargo, se recomienda continuar con la observación y el monitoreo de la estabilidad del terreno, especialmente en épocas de lluvias prolongadas.

### **9. Medidas de Prevención y Mitigación.**

Hasta el momento, la comunidad no ha implementado estrategias de prevención o mitigación de riesgos sísmicos o climáticos. Dado que las viviendas son en su mayoría de tapia pisada y ladrillo, sería recomendable fortalecer la infraestructura para mejorar su resistencia ante posibles eventos naturales. Además, la socialización de medidas de seguridad y evacuación podría ser beneficiosa para la comunidad en caso de cualquier eventualidad.

### **10. Potencial Ubicación para la Generación de Energía.**

Dado que la comunidad "Coexistiendo con el Cóndor" se encuentra dentro de una zona de páramo con restricciones ambientales, la instalación de un sistema de generación centralizado con distribución a cada hogar no es viable, ya que no se permite el tendido eléctrico y tampoco se puede intervenir el cauce del río Servitá. Por este motivo, la solución más adecuada es la implementación de sistemas fotovoltaicos individuales, ubicados en el tejado de cada una de las viviendas.

Las condiciones topográficas y ambientales de la zona favorecen esta solución, ya que las viviendas cuentan con techos despejados y sin obstrucciones de vegetación alta, lo que permite una captación óptima de la radiación solar. Adicionalmente, al ser sistemas autónomos, cada hogar tendrá independencia energética sin la necesidad de cableado entre viviendas, minimizando el impacto ambiental y respetando las normativas de conservación del páramo.

### **11. Perfil Topográfico.**

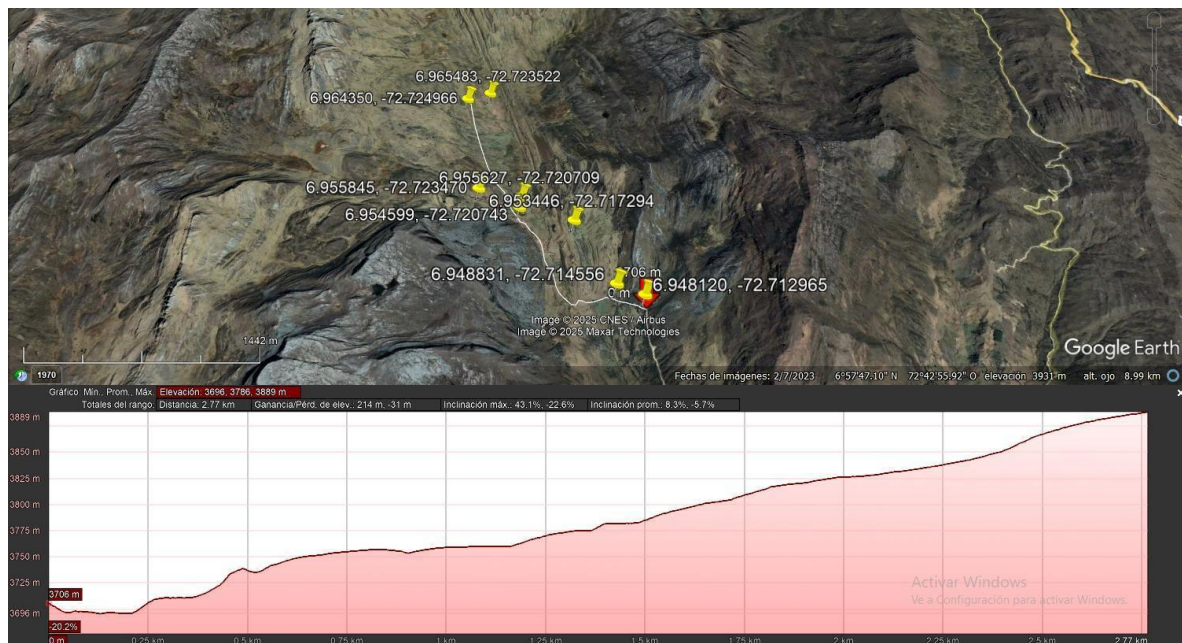
El análisis del perfil topográfico de la comunidad es fundamental para comprender las condiciones del terreno y su influencia en la viabilidad de las soluciones energéticas propuestas. Este estudio proporciona información detallada sobre las variaciones de elevación a lo largo de la

zona de estudio, lo que permite identificar las mejores ubicaciones para la instalación de sistemas de generación de energía renovable.

Para este análisis, se utilizaron herramientas de modelado digital del terreno como Google Earth y Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitiendo obtener un perfil detallado de la topografía del área. Los resultados muestran un ascenso constante del terreno, iniciando a una altitud de 3,700 msnm y alcanzando los 4,000 msnm en una distancia de aproximadamente 3 kilómetros.

**Figura 17.**

*Grafica de desnivel de la zona*



Esta pendiente progresiva influye directamente en la viabilidad de la generación hidroeléctrica, ya que la caída del agua no es completamente vertical, dificultando el aprovechamiento del potencial hidráulico sin una intervención significativa del terreno.



Adicionalmente, la ubicación de las viviendas a diferentes alturas y distancias entre sí refuerza la necesidad de sistemas de generación fotovoltaica independientes, evitando la necesidad de tendidos eléctricos a lo largo del territorio, los cuales no están permitidos debido a las restricciones ambientales del páramo.

## **12. Infraestructura Eléctrica.**

La zona de estudio se encuentra completamente aislada del Sistema de Transmisión Nacional (STN) y del Sistema de Transmisión Regional (STR), sin acceso a infraestructura eléctrica convencional.

El punto de conexión más cercano a la red se encuentra aproximadamente a un kilómetro de la primera vivienda de la comunidad. Este punto corresponde a un transformador bifásico de 10 kVA, identificado con el número 0702024, el cual está alimentado por el circuito 95504 de la subestación "García Rovira", ubicada en Málaga, Santander.

Actualmente, la comunidad no dispone de ningún tipo de infraestructura eléctrica, como postes o cableado, lo que impide la existencia de una frontera comercial para la prestación del servicio. Debido a las restricciones ambientales del páramo y a la distancia hasta el punto de conexión más cercano, la extensión de la red eléctrica convencional no es viable.

Por esta razón, la solución propuesta se basa en la implementación de sistemas de generación autónomos mediante energía solar fotovoltaica, adaptados a las necesidades de cada hogar y alineados con las condiciones ambientales y normativas de la región.

### 13. Caracterización de la Demanda.

La comunidad está conformada por ocho viviendas de estrato 1, con un total de 38 habitantes. Cuatro de estas viviendas han sido adaptadas para ofrecer servicios de hospedaje a los turistas que visitan la zona, lo que genera una variabilidad en la demanda energética a lo largo del año. Actualmente, ninguna de las viviendas cuenta con acceso a energía eléctrica, lo que limita las actividades cotidianas y el desarrollo socioeconómico de la comunidad. Ante esta situación, se ha realizado un análisis detallado del consumo energético esperado para cada hogar, con base en las necesidades básicas de iluminación, conservación de alimentos, comunicación y uso de electrodomésticos esenciales.

A continuación, se presenta la tabla con los equipos considerados y sus características de uso, la cual constituye la base para el dimensionamiento del consumo energético por vivienda

**Tabla 1.**

*Cuadro de consumo energético*

Equipo/Dispositivo	Cantidad	Consumo por hora (W)	Tiempo de uso (horas/día)	Total consumido por día (Wh/día)	Días de uso mes	Total mensual (kWh/mes)
Bombilla LED	15	10	5	750	30	22,5
equipo de sonido	1	80	1	100	30	3
nevera	1	45	24	1080	30	32,4
Televisor 28"	2	150	3	900	30	27
modem	1	5	24	120	30	3,6
toma corrientes	14	20	1	280	30	8,4
sandwichera	1	625	0,2	125	30	3,75
licuadora	1	550	0,2	110	30	3,3
lavadora	1	66,7	2	133,4	8	1,067
cafetera	1	800	0,15	120	30	3,6
computador	2	120	2	480	30	14,4
ducha electrica	2	1200	0,4	960	30	28,8
plancha	1	2400	0,25	600	30	18

Dado que no existen registros previos de consumo eléctrico, se tomó como referencia la Resolución 355 de 2004, la cual establece un consumo de subsistencia de 130 kWh/mes para viviendas ubicadas a más de 1.000 msnm, umbral que garantiza el suministro energético mínimo necesario para cubrir necesidades básicas (Comisión de Regulación de Energía y Gas [CREG], 2004). Sin embargo, con base en la caracterización de los hogares de la comunidad y los equipos identificados en cada vivienda, se estima que el consumo en los hogares con menor número de habitantes y sin hospedaje se encuentra alrededor de 142 kWh/mes, mientras que las viviendas con mayor número de personas o con servicio de hospedaje tienen un consumo aproximado de 180 kWh/mes.

El cálculo de la demanda energética considera el uso de equipos como iluminación LED, radios, televisores, neveras, cargadores de celular y, en algunos casos, duchas eléctricas. Además, en las viviendas que prestan servicio de hospedaje, la demanda aumenta debido al uso de más electrodomésticos y al mayor tiempo de actividad durante la noche. Estos valores permiten definir los requerimientos del sistema de generación renovable que se implementará en la comunidad, asegurando que cada hogar cuente con una solución adaptada a sus necesidades específicas.

1. Finca El Salto – 2 habitantes (*adaptada para hospedaje, capacidad de 10 cupos*)
2. Familia Carvajal – 2 habitantes (*adaptada para hospedaje, capacidad de 6 cupos*)
3. Angostura y Boilches – 4 habitantes
4. La Lajita – 4 habitantes
5. Lagunita Corcovada – 5 habitantes
6. Finca Cañaverales – 5 habitantes
7. Mensajero del Sol – 7 habitantes (*adaptada para hospedaje, capacidad de 6 cupos*)
8. Finca Wilches – 8 habitantes (*adaptada para hospedaje, capacidad de 6 cupos*)

### 14. Análisis de Información Obtenida.






















Para determinar la solución energética más viable para la comunidad "Coexistiendo con el Cóndor", se realizó una comparación entre tres fuentes de generación: solar, hidráulica y eólica. Esta evaluación se basa en criterios técnicos, ambientales, de infraestructura y mantenimiento, considerando las condiciones geográficas y de aislamiento de la zona. La tabla a continuación resume estos aspectos, utilizando un esquema de colores para facilitar la identificación de la opción más adecuada:

Verde indica un criterio favorable, naranja representa un aspecto con viabilidad media o con posibles limitaciones, y rojo señala una característica poco viable o de difícil implementación.

**Tabla 2.**

*Comparativa de diferentes tecnologías*

Criterio	Generación Solar	Generación Hídrica	Generación Eólica
<b>Accesibilidad</b>	● Alta. Transporte modular y ensamblaje en sitio.	● Media. Requiere fuente de agua con caudal y altura.	● Media. Requiere zonas con viento constante y adecuado.
<b>Infraestructura requerida</b>	● Paneles, inversores y baterías individuales.	● Turbina, canal, tubería, generador y almacenamiento.	● Aerogeneradores, almacenamiento y soportes.
<b>Invasividad</b>	● Baja. No modifica el suelo.	● Alta. Interviene cauce hídrico.	● Media. Requiere cimentación para estructuras altas.

Criterio	Generación Solar		Generación Hídrica		Generación Eólica
<b>Tendido eléctrico</b>		No. Sistemas autónomos por vivienda.		Sí. Red de distribución necesaria.	 Sí, si es centralizada. No, si es individual.
<b>Tipo de instalación</b>		Individual por vivienda.		Comunitaria.	 Individual o comunitaria, según tecnología.
<b>Impacto ambiental</b>		Mínimo. No altera el ecosistema del páramo.		Alto. Afecta fauna y flora acuática.	 Medio. Posible afectación a aves.
<b>Afectación al ecosistema</b>		No afecta. Cumple con normativas de páramo.		Sí. Intervención prohibida en cuerpos de agua.	 Potencial afectación en áreas sensibles.
<b>Mantenimiento</b>		Alto. Mantenimiento básico y accesible.		Bajo. Requiere personal y repuestos especializados.	 Medio. Requiere revisiones periódicas de turbinas.
<b>Área utilizada</b>		Mínima. Uso de techos o patios.		Alta. Requiere espacio para obras hidráulicas.	 Media. Necesita áreas libres de obstáculos.
<b>Costo inicial</b>		Medio. Inversión en paneles y baterías.		Alto. Infraestructura compleja.	 Alto. Equipos y sistemas costosos.

Criterio	Generación Solar	Generación Hídrica	Generación Eólica
<b>Durabilidad</b>	● Alta. Vida útil de hasta 25 años.	● Alta. Con buen mantenimiento, funcionamiento prolongado.	● Media. Mayor desgaste mecánico.
<b>Autonomía energética</b>	● Alta. Gestión individual del consumo.	● Media. Depende del caudal.	● Media. Sujeto a la variabilidad del viento.
<b>Regulación y permisos</b>	● No requiere permisos ambientales.	● Requiere permisos y estudios de impacto ambiental.	● Permisos por impacto en fauna y niveles de ruido.

Tras el análisis comparativo, se concluye que la energía solar fotovoltaica es la alternativa más adecuada para la comunidad. Su instalación individual en cada vivienda elimina la necesidad de infraestructura de red, minimiza el impacto ambiental y no requiere permisos especiales para su implementación. Además, su mantenimiento es más accesible en comparación con las opciones hidráulica y eólica, que presentan mayores restricciones debido a la conservación del ecosistema de páramo y la ausencia de infraestructura previa. Por estas razones, la generación solar con paneles fotovoltaicos es la mejor solución para garantizar un acceso confiable y sostenible a la electricidad en la comunidad.