

## **Apéndice I.**

### **Análisis Del Costo De costo-beneficio sistemas de generación.**

Este documento presenta un análisis de los costos y beneficios relacionados con los sistemas de generación de energía evaluados como posibles soluciones para la comunidad. El objetivo es determinar, desde diversas perspectivas, cuál de estas alternativas satisface mejor las necesidades energéticas de la población.

Para entender este análisis, es esencial tener en cuenta varios factores. Primero, se debe considerar el consumo energético de los usuarios, que define la cantidad de energía que debe ser cubierta por el sistema. También es relevante examinar las tarifas de electricidad que maneja la empresa proveedora de energía y el impacto del subsidio de subsistencia, el cual reduce el costo para los usuarios. Además, se analiza la generación mensual de energía que el sistema fotovoltaico es capaz de producir y cómo esta se ajusta al consumo estimado que se pretende cubrir con el sistema.

#### **1.1. Demanda de usuarios**

Como se expone en el anexo J, se aprecia que los usuarios tienen una demanda diaria de 19.233 kWh, esto significa que mensualmente se podría esperar un consumo de 577 kWh.

#### **1.2. Tarifas de energía**

Según la Empresa de Energía de Boyacá S.A E.S.P. (EBSA) maneja 6 componentes para estimar el Costo Unitario del kWh, estos se ven en la tabla I1. Es importante resaltar que el valor

de estos componentes varía de acuerdo con la empresa prestadora de servicio y acorde con el mercado de energía nacional. Para este estudio se tomaron los precios establecidos para el mes de abril del 2025, Dando como resultado un Costo Unitario de **\$ 972.72 COP**.

***Tabla II***

*Componentes del costo unitario del \$/kWh.*

<b>Componente</b>	<b>Costo (COP)</b>
Generación	400.04
Transmisión	49.85
Distribución	272.98
Comercialización	154.76
Perdidas	84.42
Restricciones	10.68
<b>Costo unitario</b>	<b>972.72</b>

### **1.3. Generación de energía estimada del sistema AGC (SSF On grid)**

Para realizar este análisis se utilizó la plataforma de PVGIS, esta plataforma simula la generación del sistema fotovoltaico propuesto. En esta aplicación se ingresa la ubicación en coordenadas del proyecto (Latitud: 5.6218, Longitud: -72.930), la potencia de generación de los 12 paneles (625 kW), las pérdidas del sistema (13%), el tipo de estructura donde se instalará el sistema (techo) y la pendiente o inclinación que tendrá (15°), como se aprecia en la Figura I1.

**Figura I1***Características del sistema fotovoltaico*

Entradas proporcionadas :	
Ubicación [Lat/Lon]:	5.622 , -72.930
Horizonte:	Calculado
Base de datos utilizada:	PVGIS-ERA5
tecnología fotovoltaica:	Silicio cristalino
fotovoltaica instalada [Wp]:	7.5
Pérdida del sistema [%]:	15
Salidas de simulación :	
Ángulo de pendiente [°]:	10
ángulo de azimut [°]:	0
Producción anual de energía fotovoltaica [kWh]:	10148.54
Irradiación anual en el avión [kWh/m2]:	1769.31
Variabilidad año tras año [kWh]:	195.38
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-2.83
Efectos espectrales [%]:	?(0)
Temperatura y baja irradiancia. [%]:	-7.4
Pérdida total [%]:	-23.52

En la Figura I2, se observa la energía total del sistema por mes donde se ve claramente que los meses de mayor generación son diciembre y enero, pues son estos meses en los que la órbita de la tierra se encuentra más cerca del sol, conocido como perihelio. Y junio es el mes donde la radiación del sol es menor, este periodo es conocido como afelio, porque la órbita de la tierra se encuentra más alejada del sol.

Figura I2

Energía total del sistema fotovoltaico con inclinación 15°

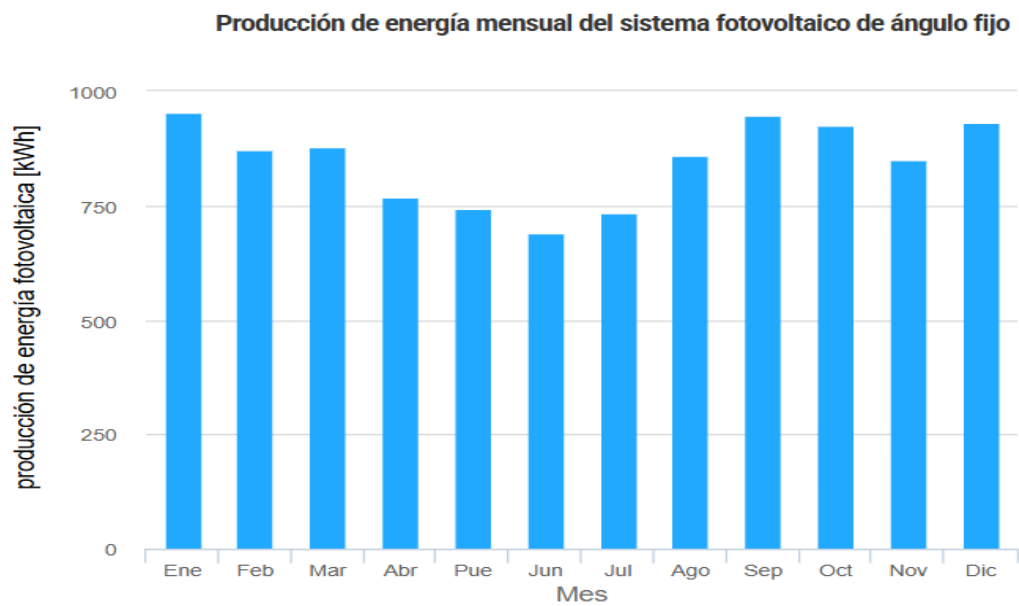


Tabla I2

Producción mensual de energía del sistema fotovoltaico

Mes	Producción
	(kW/h)
Ene	951.46
Feb	872.82

Mar	872.08
Abr	768.65
May	742.36
Jun	689.38
Jul	733.58
Ago	857.7
Sep	948.14
Oct	926.04
Nov	849.08
Dic	930.24

#### 1.4. Ahorra estimado

En la Tabla I3 se detallan los costos de ahorro económico según la CREG resolución 174 de 2021, que establece la posibilidad de conectar hasta un 50% de la potencia instalada del transformador de energía. Este análisis se realiza con base en el sistema fotovoltaico, utilizando los datos obtenidos en PVGIS, que nos suministra un estimado de generación fotovoltaica de acuerdo con el dimensionamiento.

Según los datos observados y los proporcionados, se puede estimar que el ahorro anual generado por la implementación del sistema fotovoltaico es de **\$ 7.167.511 COP**. Esta cifra se calcula tomando en cuenta los costos de energía, la potencia instalada y excedentes de energía. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este valor puede variar según los datos

específicos de cada caso y los cambios en las tarifas o condiciones del operador de red, lo que podría afectar el ahorro estimado.

Tabla I3

Estimación de costas de ahorro económico

Mes	Total Consumo [kWh]	Costo CU [\$]	Valor [\$/mes]	Total Generacion [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Consumido de la Red[kWh]	Excedente 1 venta[kWh]	EXCEDENTE VENTA 2	Valor comercialización [\$]	Precio bolsa[\$]	Valor excedente 1 [\$/kWh]	Valor excedente 2 [\$/kWh]	Ahorro mensual[\$]
Ene	577	\$ 972.72	\$ 561,259	951.46	132.62	444.38	818.84	374.46	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 126,101	\$ 88,373	\$ 598,988
Feb	577	\$ 972.72	\$ 561,259	872.82	134.02	442.98	738.8	295.82	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 113,775	\$ 69,814	\$ 605,221
Mar	577	\$ 972.72	\$ 561,259	879.08	134.02	442.98	745.06	302.08	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 114,739	\$ 71,291	\$ 604,708
Abr	577	\$ 972.72	\$ 561,259	768.65	133.82	443.18	634.83	191.65	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 97,764	\$ 45,229	\$ 613,794
May	577	\$ 972.72	\$ 561,259	742.36	133.77	443.23	608.59	165.36	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 93,723	\$ 39,025	\$ 615,957
Jun	577	\$ 972.72	\$ 561,259	689.38	133.67	443.33	555.71	112.38	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 103,456	\$ 110,264	\$ 554,451
Jul	577	\$ 972.72	\$ 561,259	733.58	133.76	443.24	599.82	156.58	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 119,254	\$ 120,119	\$ 560,394
Ago	577	\$ 972.72	\$ 561,259	857.7	134.01	442.99	723.69	280.7	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 111,448	\$ 66,245	\$ 606,463
Sep	577	\$ 972.72	\$ 561,259	948.14	134.16	442.84	813.98	371.14	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 125,353	\$ 87,589	\$ 599,023
Oct	577	\$ 972.72	\$ 561,259	926.04	134.12	442.88	791.92	349.04	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 121,956	\$ 82,373	\$ 600,842
Nov	577	\$ 972.72	\$ 561,259	849.08	133.98	443.02	715.1	272.08	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 110,125	\$ 64,211	\$ 607,174
Dic	577	\$ 972.72	\$ 561,259	930.24	134.13	442.87	796.11	353.24	\$ 154.00	\$ 236.00	\$ 122,601	\$ 83,365	\$ 600,496
CONSUMO ANUAL				10148.53	1606.08	5317.92	8542.45	10148.53	\$ 154.00	\$ 2,832.00	\$ 1,360,296	\$ 28,740,637	\$ 7,167,511

Los costos del proyecto se componen de costos COPEX y OPEX en la siguiente tabla se describe los componentes que conforman cada categoría

Tabla I4

Costes del proyecto según su categoría

Gasto	Categoría	Descripción
Materiales	CAPEX	Paneles, inversor, cables, conectores, etc
Transporte	CAPEX	Transporte hasta lugar de la

Gasto	Categoría	Descripción
		instalación
Mano de obra	CAPEX	Instalacion del sistema
Costos administrativos	CAPEX	Administracion, Imprevistos, Utilidad
Mantenimiento	OPEX	Mantenimiento sistema
Seguro	OPEX	Seguro
Costo energía adicional	OPEX	Pago al operador de red

**Tabla 15***Descripción de costos del sistema fotovoltaico*

		COSTO		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
Paneles	Paneles solares TRINA Solar 625W	\$ 900,000.00	12	\$ 10,800,000
Micro Inversor	micro Inversor bifásico DSD3 2000 W	\$ 1,793.179	3	\$ 5,379.537
Conectores mc4	Conector Retie MC4	\$ 10,000.00	20	\$ 200,000
Descargador de sobretención	DPS Solar 385VAC	\$ 180,000.00	4	\$ 720,000
Portafusibles DC	Portafusibles	\$ 3,000.00	4	\$ 12,000

		COSTO		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
	1000vdc Suntime			
Fusibles DC	Fusible DC 25	\$ 15,000.00	44	\$ 660,000
	10*36 Moreday			
Breakes AC	Breaker de riel AC	\$ 16,000.00	1	\$ 16,000
	230V-6KA Lumek			
Breaker DC	Breaker Solar DC	\$ 90,000.00	1	\$ 90,000
	500 V PROJOY			
Cables DC	Cables de 6mm2	\$ 8,000.00	100	\$ 800,000
	Solar pv			
Cables AC	ABA-Alambre	\$ 7,000.00	100	\$ 700,000
	rígido #8agw			
Medidor	Contador medidor	\$ 1,500,000.00	1	\$ 1,500,000
bidireccional	bidireccional tráfico			
Estructura metálica	Estructura para	\$ 4,000,000.00	1	\$ 4,000,000
	disposición de los			
	paneles			
Adecuación piso	Obras civil para	\$ 4,000,000.00	1	\$ 4,000,000
	piso			
Smart meter	Dispositivo de	\$ 1,500,000.00	1	\$ 1,500,000
	medida y monitoreo			
TRANSPORTE				

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	COSTO		TOTAL
		UNITARIO	CANTIDAD	
	Transporte de materiales	\$ 1,000,000.00	1	\$ 1,000,000
	Transporte de equipos	\$ 600,000.00	1	\$ 600,000
	Transporte de personal	\$ 500,000.00	1	\$ 500,000
<b>INSTALACIÓN</b>				
	Instalación sistema	\$ 20,000,000.00	1	\$ 20,000,000
<b>CERTIFICACIONES</b>				
	Certificación	\$ 3,000,000.00	1	\$ 3,000,000
<b>RETIE</b>				
	Legalización ante OP	\$ 2,000,000.00	1	\$ 2,000,000
	Legalización UPME	\$ 1,000,000.00	1	\$ 1,000,000
	Gastos administrativos 12%			\$ 8,205,360
	Imprevistos 5%			\$ 3,418,900
	Utilidad 15%			\$ 10,256,700
<b>CAPEX</b>				\$ 91,768,960
	Mantenimiento		\$ 8,000,000.00	\$ 8,000,000
<b>OPEX</b>				\$ 8,000,000

COSTO				
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
VALOR TOTAL DEL PROYECTO				\$ 99,768,960

Según el análisis de costos COPEX y OPEX el proyecto fotovoltaico ACG tiene un costo de **\$99.768.960 COP.**