

Diseño y Cálculo de Sistemas de Abastecimiento Energético Renovable para un Complejo de Cabañas



CÁTEDRA: Energías Renovables

DOCENTES: OLIVA Rafael,
LESCANO Jorge y CORTEZ Néstor.

AUTORA: ARREGUI María Emilia

AÑO: 2023

Trabajo presentado en Agosto de 2024

INDICE

Introducción.....	1
Metodología.....	2
Memoria descriptiva.....	2
Descripción del sitio.....	2
Descripción del emprendimiento.....	4
Memoria de cálculo.....	5
Consumo energético.....	5
Cálculo de horas pico solares para un plano inclinado óptimo.....	6
Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	7
Componentes del sistema fotovoltaico.....	8
Dimensionamiento del sistema eólico.....	11
<i>Componentes del sistema eólico.....</i>	<i>15</i>
Costos de todo el sistema.....	17
Diagrama de la instalación.....	18
Cálculos con el programa Homer.....	18
Consumo energético.....	19
Recursos.....	20
Componentes del sistema fotovoltaico y eólico.....	21
Resultados.....	24
<i>Opción 1.....</i>	<i>24</i>
<i>Opción 2.....</i>	<i>26</i>
Conclusión.....	27
Bibliografía.....	29
Anexos.....	29
Sistema Fotovoltaico.....	29
Sistema Eólico.....	31

Introducción

La utilización de energías renovables se ha vuelto imperativa en el contexto actual de crisis climática y necesidad de sostenibilidad. La energía solar fotovoltaica y la energía eólica se destacan por su capacidad de generar electricidad de manera limpia, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles. Según la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, 2020), en el 2020 las energías renovables representaron casi el 30% de la generación eléctrica mundial. Cifra que se espera que continúe en aumento en las próximas décadas, esto contribuirá a la reducción significativa de la huella de carbono mundial.

Siguiendo este enfoque y con el propósito de fomentar el uso de energías renovables para la autosuficiencia, se llevará a cabo una simulación del suministro energético, a partir de energía solar y eólica, para un complejo de cabañas denominado “Naturaleza Andina”. El emprendimiento estará ubicado en San Martín de los Andes provincia de Neuquén, una pintoresca localidad de la Patagonia argentina, conocida por su entorno natural y turístico. Este complejo de cabañas busca no solo ofrecer una experiencia acogedora a sus visitantes, sino también alinearse con prácticas sostenibles que respeten y preserven el entorno natural.

En el presente informe técnico, se abordará el suministro energético en dos fases: primero, considerando una mitad proveniente de energía eólica y la otra mitad de energía fotovoltaica. Para ello, inicialmente se describirá el sitio y se caracterizará el proyecto energético, junto con sus requisitos energéticos específicos. Luego, se calcularán los componentes del sistema —como paneles solares, aerogeneradores, banco de baterías, reguladores, inversores, entre otros— en función de la demanda establecida. Estos cálculos preliminares serán refinados con un software que permite diseñar proyectos de energías renovables orientados a sistemas híbridos, denominado HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources). Finalmente, se esquematizarán los elementos del sistema, se estimarán los costos de equipamiento e instalación, y se evaluará la factibilidad y eficiencia del proyecto base a los resultados obtenidos.

Metodología

Para llevar a cabo los cálculos, utilizaremos planillas de Excel prediseñadas por los docentes de la cátedra. Estas planillas nos permitirán determinar la cantidad de paneles solares, aerogeneradores y baterías necesarias. Los cálculos se basarán en información sobre la demanda energética de nuestro proyecto, así como en datos de radiación solar en un plano horizontal y la velocidad del viento, entre otros.

Posteriormente, emplearemos el software HOMER para realizar los mismos cálculos, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos y evaluar la opción más rentable.

Memoria descriptiva

Descripción del sitio

San Martín de los Andes es una pintoresca ciudad ubicada en la región de la Patagonia argentina, específicamente en el sudoeste de la provincia de Neuquén ($40^{\circ}10'00''\text{S}$ $71^{\circ}21'00''\text{O}$) (Figura 1). La misma se encuentra apostada en la Cordillera de los Andes a 640 msnm, sobre la costa este del lago Lácar. Según el censo realizado en el año 2022 la localidad cuenta con una población compuesta por 39.870 habitantes. Por su entorno natural impresionante, esta ciudad es un destino turístico muy popular tanto para los amantes de la naturaleza como para los aficionados a los deportes al aire libre.

En relación al clima, este puede caracterizarse como clima templado frío, con veranos suaves e inviernos fríos y nevados. Las temperaturas en el verano oscilan entre valores medios de 9°C y 25°C y en invierno 1°C a 8°C , con temperaturas inferiores a los 0°C . La precipitación anual es de aproximadamente 2000 mm, distribuidos a lo largo del año con un aumento notable en otoño e invierno, el periodo de lluvias oscila de marzo a diciembre, con estación seca en verano. Las precipitaciones son mayores en el oeste y tienen un gradiente negativo hacia el este, en la estepa.

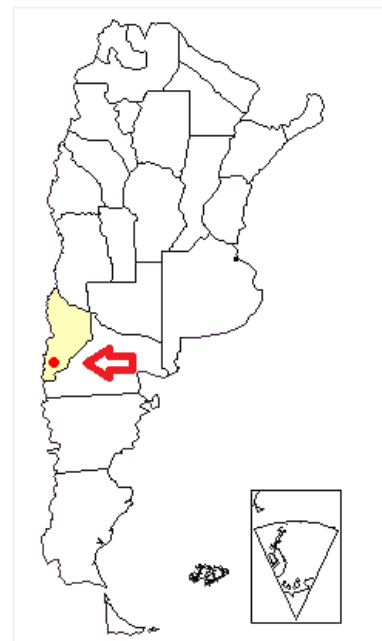


Figura 1. Ubicación de San Martín de los Andes. Imagen tomada de Google.

En cuanto a las horas de luz, la duración del día varía considerablemente a lo largo del año debido a la latitud de la localidad en el hemisferio sur. En el solsticio de verano la duración del día más largo es de 15 horas, mientras que en el de invierno la duración del día más corto es de 9 horas. En los equinoccios de primavera y otoño el día y la noche tienen aproximadamente la misma duración con 12 horas de luz solar.

La irradiación solar media que se percibe a lo largo del año puede verse en la Tabla 1, los siguientes datos se tomaron de la página de la NASA y reflejan la irradiación global media diaria en un plano horizontal para la localidad de San Martín de los Andes.

MES	Ht (kWhr/m².dia)
<i>ENE</i>	7,77
<i>FEB</i>	6,77
<i>MAR</i>	5,06
<i>ABR</i>	3,3
<i>MAY</i>	2
<i>JUN</i>	1,47
<i>JUL</i>	1,71
<i>AGO</i>	2,39
<i>SEP</i>	3,81
<i>OCT</i>	5,19
<i>NOV</i>	6,68
<i>DIC</i>	7,62

Tabla 1. Irradiación global media diaria en un plano horizontal en la localidad de San Martín de los Andes.

En relación a los vientos, estos son predominantes del oeste trayendo humedad del Océano Pacífico y causando precipitaciones orográficas en la región. En la tabla 2 se pueden observar los valores de velocidad del viento a lo largo del año, medidos en m/s a una distancia de 10 metros de la superficie terrestre. Dichos datos son valores medios obtenidos de una base de datos de 20 años de la NASA.

MES	Viento (m/s)
ENE	3,75
FEB	3,50
MAR	3,37
ABR	3,50
MAY	3,47
JUN	3,99
JUL	3,91

AGO	4,10
SEP	3,76
OCT	4,00
NOV	4,02
DIC	4,05

Tabla 2. distribución anual de la velocidad del viento (m/s) en San Martín de los Andes, medida a 10 m del suelo.

Descripción del emprendimiento

El emprendimiento denominado “Naturaleza Andina” consiste en un complejo de cuatro cabañas de idénticas características, diseñadas para ofrecer una experiencia confortable y acogedora en un entorno natural. Cada cabaña dispondrá de una cocina/comedor equipada con todos los electrodomésticos necesarios para la preparación de alimentos, un baño principal completo, y dos habitaciones cómodas y espaciaosas (Figura 2). Las cabañas tendrán grandes ventanales, para lograr un máximo aprovechamiento de la luz solar en términos de iluminación.

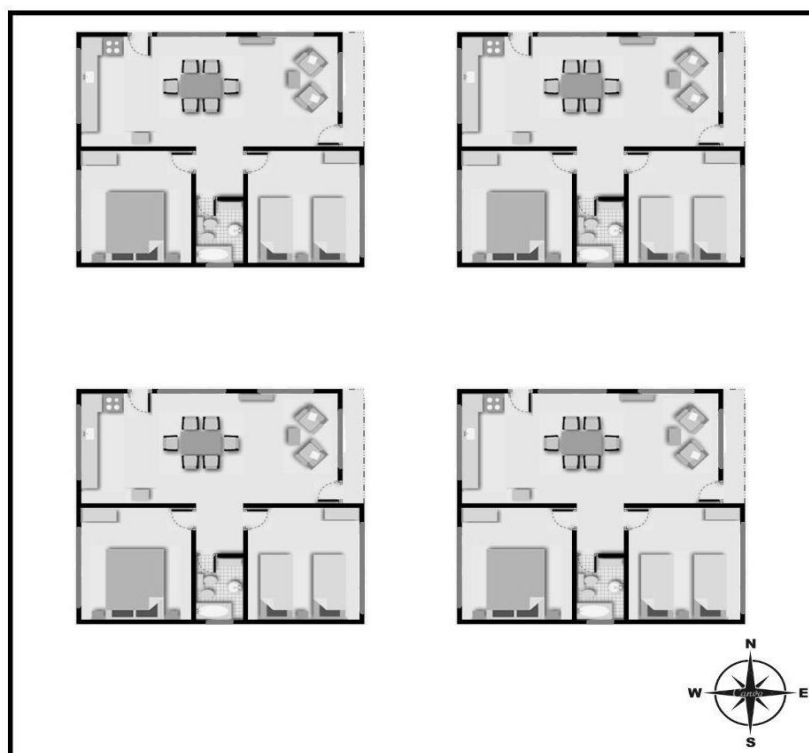


Figura 2. Representación gráfica de la distribución de las cabañas y sus ambientes.

Memoria de cálculo

Consumo energético

A continuación, se hará una breve descripción del consumo energético de cada cabaña, detallando el uso de electricidad para la iluminación y el funcionamiento de los electrodomésticos, entre otros.

Lugar	Artefacto	Potencia [W]	Cantidad	Tiempo de uso por día
Cocina	Lámpara techo	12	2	4,50
	Pava eléctrica	2000	1	0,40
	Heladera	150	1	7,20
Living-comedor	Lámpara techo	12	2	4,00
	TV	100	1	4,00
	Celular	5	4	2,00
	Notebook	150	1	3,00
Habitación 1	Lámpara techo	12	2	3,00
	Velador	6	2	1,50
Habitación 2	Lámpara techo	12	2	3,00
	Velador	6	2	1,50
Baño general	Lámpara de techo	12	1	2,96
Jardín delantero	Lámpara exterior	15	2	8,50
	Bomba elevadora	373	1	0,40

Tabla 3. Requerimientos energéticos de una cabaña.

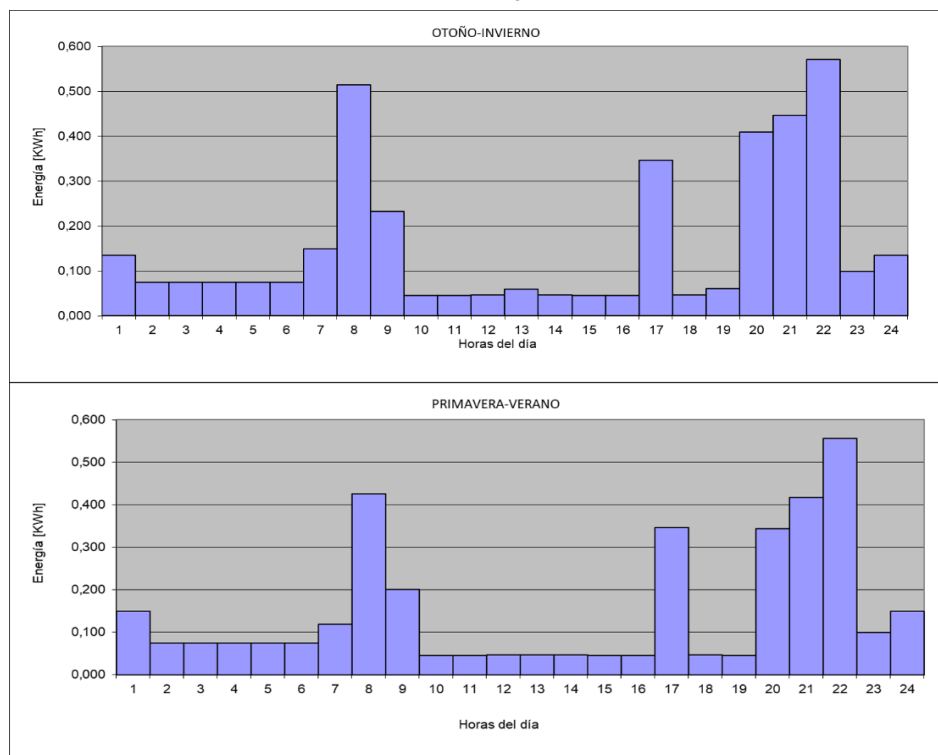


Figura 3. Perfil diario de la demanda energética de una cabaña distribuido a lo largo del día en otoño-invierno (gráfico superior) y primavera-verano (gráfico inferior).

Los gráficos de la figura 3 muestran el consumo de energía (en kWh) a lo largo de las 24 horas del día, comparando dos estaciones: otoño-invierno y primavera-verano. En

otoño-invierno, los picos de consumo se observan principalmente entre las 7-8 am, 5-6 pm y 8-10 pm, alcanzando hasta 0,55 kWh, lo cual se puede atribuir al uso de iluminación y electrodomésticos durante las horas de mayor actividad en el hogar. En primavera-verano, aunque también se registran picos de consumo en las mismas franjas horarias, estos son ligeramente menores, especialmente durante la noche, donde el consumo máximo alcanza aproximadamente 0,45 kWh, probablemente debido a un menor uso de la iluminación. En ambas estaciones, el consumo es consistentemente bajo durante la madrugada (1-6 am) y entre las 9 am - 4 pm, con valores que oscilan alrededor de 0,05 kWh, lo que refleja una menor actividad en esos periodos.

En resumen, el consumo de energía es mayor en otoño-invierno debido a las necesidades adicionales de iluminación, mientras que en primavera-verano, aunque también se observan picos, estos son menos pronunciados. La demanda diaria promedio estimada para una cabaña durante el otoño-invierno es de 3.853,8 kWh, mientras que para el complejo de cabañas este valor asciende a 15.415,2 kWh. En primavera-verano, la demanda diaria promedio es de 3.593,7 kWh para una cabaña y 14.374,9 kWh para el complejo.

Cálculo de horas pico solares para un plano inclinado óptimo

Utilizando la función SOLVER de Excel y los datos de radiación solar promedio mensual incidente en una superficie horizontal sobre la superficie de la Tierra (Tabla 1) – valores que se obtuvieron de la página de la NASA (NASA, n.d.)- se calculó el ángulo óptimo de inclinación de los paneles solares para cada mes, estación y año. Este ajuste permite aumentar la energía que llega al panel, incrementando el valor promedio mensual de HPS (Horas Pico Solares), logrando así optimizar el aprovechamiento del recurso solar. Las HPS se definen como cantidad de horas, de un día determinado, en las que la intensidad de la radiación solar es de 1000 vatios por metro cuadrado (W/m^2), que es aproximadamente la máxima intensidad solar posible en condiciones ideales.

En la figura 4 se comparan las HPS que se obtuvieron para un panel colocado en posición horizontal, con aquellas alcanzadas mediante la inclinación de los paneles en ángulos optimizados para cada mes y estación. Los resultados muestran que se obtienen una mayor cantidad de HPS cuando los paneles son inclinados en ángulos óptimos y que aquellas obtenidas para cada mes en comparación con las obtenidas para cada estación, no demuestran grandes diferencias. Por lo cual se optará por realizar una inclinación estacional de los paneles.

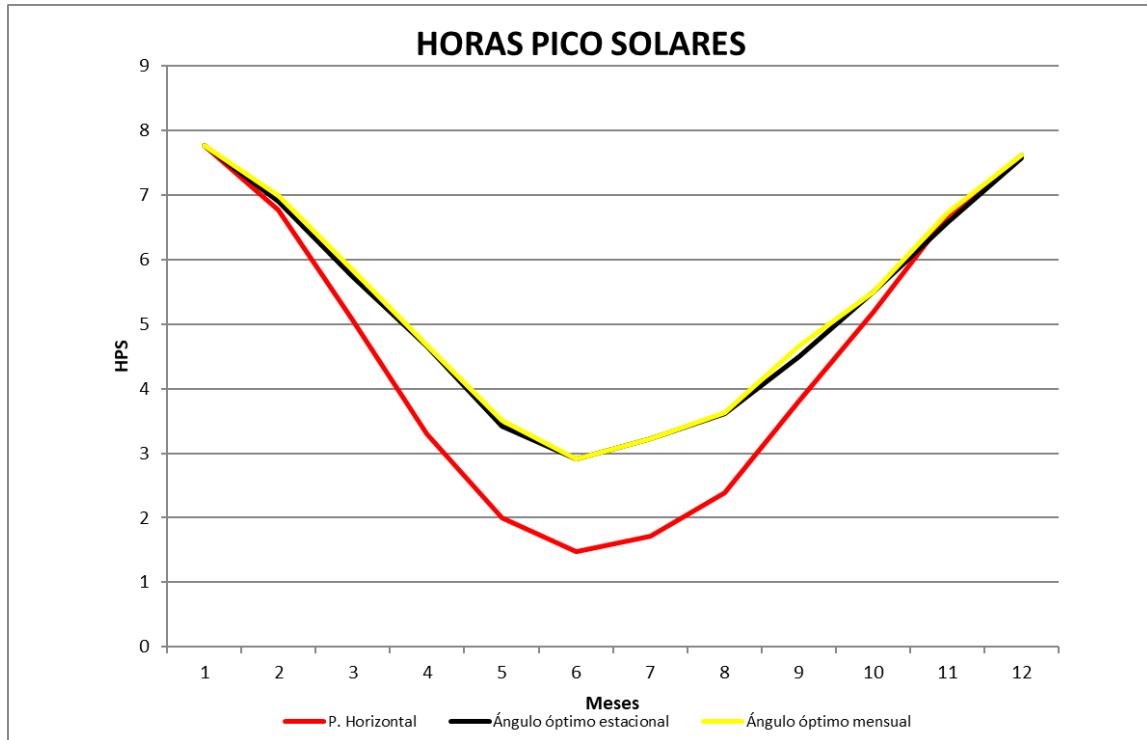


Figura 4. Promedio mensual de horas pico solares para un plano inclinado óptimo mensual y estacional, comparado con un plano horizontal.

En la tabla 4 se muestran los ángulos de inclinación óptimos estacionales, las horas pico solares y la energía generada a partir de las mismas por un panel con una potencia pico de 540 W y una eficiencia del sistema igual del 68%.

Tabla 4. Ángulos óptimos de inclinación del panel, HPS y energía generada por el panel en kWh, para cada mes.

Mes	Ángulo óptimo (°)	HPS	Energía generada por un panel de 540W (Wh)
ENE	6,92	7,768	2869,2
FEB	6,92	6,907	2551,2
MAR	48,28	5,733	2117,5
ABR	48,28	4,666	1723,4
MAY	48,28	3,421	1263,6
JUN	62,47	2,906	1073,4
JUL	62,47	3,23	1193,0
AGO	62,47	3,609	1333,0
SEP	23,92	4,502	1662,9
OCT	23,92	5,498	2030,7
NOV	23,92	6,573	2427,8
DIC	6,92	7,581	2800,1

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

A partir de los datos que se obtuvieron acerca de la demanda energética promedio del conjunto de cabañas y la energía generada por un panel de 540W, para cada estación,

es posible determinar la cantidad de paneles que serán necesarios para satisfacer el 50% del abastecimiento energético de las cabañas. Dicho calculo será afectado por un factor de seguridad de 1,15.

Luego, se estimará el número de baterías necesarias para el sistema teniendo en cuenta que la tensión del banco será de 24V, con un string mínimo de 2 baterías para alcanzar dicho voltaje. Las mismas serán de plomo-ácido de ciclado profundo, con una capacidad de 220 Ah, una tensión de 12 V y un nivel de descarga del 35%. Los cálculos se realizarán considerando un máximo de 4 días sin generación de energía.

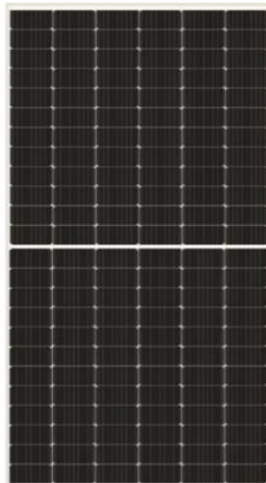
Tabla 5. 50% del consumo energético, cantidad de paneles y baterías para cada mes.

Mes	50% CE	N° de Paneles	N° de baterías
<i>ENE</i>	7187,0	2,88	31,69
<i>FEB</i>	7187,0	3,24	31,69
<i>MAR</i>	7707,6	4,19	33,98
<i>ABR</i>	7707,6	5,14	33,98
<i>MAY</i>	7707,6	7,01	33,98
<i>JUN</i>	7707,6	8,26	33,98
<i>JUL</i>	7707,6	7,43	33,98
<i>AGO</i>	7707,6	6,65	33,98
<i>SEP</i>	7187,0	4,97	31,69
<i>OCT</i>	7187,0	4,07	31,69
<i>NOV</i>	7187,0	3,40	31,69
<i>DIC</i>	7187,0	2,95	31,69

Dado que el mayor consumo energético se produce en los meses de otoño e invierno, y al mismo tiempo la generación de energía es menor en estos meses, es durante esta época cuando aumentan los requerimientos tanto de baterías como de paneles solares. Por ello, la cantidad de paneles y baterías que integrarán el sistema serán los que se obtuvieron para este periodo -9 paneles y 34 baterías-.

Componentes del sistema fotovoltaico.

- Panel Solar 540w - 144 Celdas - Calidad A.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC						
Maximum Power (P _{max})	520W	530W	535W	540W	545W	550W
Open Circuit Voltage (V _{oc})	49.0V	49.2V	49.4V	49.6V	49.8V	50.0V
Short Circuit Current (I _{sc})	13.74A	13.78A	13.82A	13.86A	13.90A	13.94A
Voltage at Maximum Power (V _{mp})	40.8V	41.0V	41.2V	41.4V	41.6V	41.8V
Current at Maximum Power (I _{mp})	12.88A	12.93A	12.98A	13.05A	13.11A	13.16A
Module Efficiency (%)	20.31	20.51	20.70	20.89	21.08	21.28
Operating Temperature	-40°C to +85°C					
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC					
Fire Resistance Rating	Type 1 (in accordance with UL1703) Class C(IEC61730)					
Maximum Series Fuse Rating	25A					
STC: Irradiance 1000W/m ² , Cell temperature 25°C, AM1.5, Tolerance of P _{max} : ±3%, Measurement Tolerance: ±3%						
ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT						
Maximum Power (P _{max})	391W	390W	389W	403W	407W	411W
Open Circuit Voltage (V _{oc})	45.1V	45.3V	45.5V	45.7V	45.9V	46.1V
Short Circuit Current (I _{sc})	11.13A	11.16A	11.19A	11.22A	11.25A	11.28A
Voltage at Maximum Power (V _{mp})	37.1V	37.3V	37.5V	37.7V	37.9V	38.1V
Current at Maximum Power (I _{mp})	10.54A	10.56A	10.64A	10.69A	10.74A	10.79A
NOCT: Irradiance 800W/m ² , Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s						
MECHANICAL CHARACTERISTICS			TEMPERATURE CHARACTERISTICS			
Cell type	Monocrystalline PERC 182*91mm					
Number of cells	144 (6x24)					
Module dimensions	2279x1134x35mm (89.72x44.65x1.38inches)					
Weight	29kg (63.99lb)					
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating					
Frame	Anodized aluminum alloy					
Junction box	IP68, 3 diodes					
Cable	4mm ² (0.206inches), Portait: 300mm (11.81inches); Landscape: 1300mm (51.18inches)					
Connector	MC4 or MC4 compatible					
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	43°C±2°C					
Temperature Coefficients of P _{max}	-0.36%/°C					
Temperature Coefficients of V _{oc}	-0.28%/°C					
Temperature Coefficients of I _{sc}	0.05%/°C					
PACKAGING						
Standard packaging	31pcs/pallet					
Module quantity per 20' container	155pcs					
Module quantity per 40' container	620pcs (HQ)					

➤ Batería modelo 240 solar, tiene una capacidad de 240Ah.

CARACTERÍSTICAS

- Uso:** ideal para telecomunicaciones, sistemas eólicos y fotovoltaicos, alumbrado público y privado, tráfico, monitoreo remoto, centrales telefónicas y seguridad.
- Voltaje:** 12V
- Material:** c alcio/plomo
- Inflamable**

FICHA TÉCNICA

- Corriente de arranque en frío CCA(-18°C):** 190 A
- Corriente de arranque en frío CCA(0°C):** 1350 A
- Corriente de arranque en frío CA (25°C):** 1620 A
- Reserva de capacidad RC 25:** 415 minutos
- Polaridad:** Derecha

➤ Inversor Enertik ICB-3K- 24



Modelo	IVM-3K-24
Potencia continua	3000VA / 3000W
Entrada	
Voltaje nominal	230VCA
Rango de voltaje aceptable	170-280VCA
Frecuencia	50 / 60Hz (reconocimiento automático)
Autoconsumo	< 25W
Salida	
Regulación de voltaje (modo inversor)	230VCA ± 5%
Potencia de pico	6000VA
Eficiencia	90 - 93%
Tiempo de transferencia	10ms - 20ms
Forma de onda	Senoidal pura
Batería	
Voltaje de batería	24VDC
Tensión de flote	27VDC
Protección de sobrecarga	33VDC
Cargador y regulador solar	
Tipo de regulador	MPPT
Potencia máxima de panel	1000W
Rango voltaje MPPT	30 - 80VDC
Voltaje de entrada nominal (mínimo)	60VDC
Voltaje de entrada máximo	102VDC
Corriente máxima - regulador solar	40A
Corriente máxima - cargador	25A
Corriente máxima total	60A

➤ Regulador de Carga Panel Solar 60a 12v 24v Pwm Display Usb



Características

- Salida USB: 2puertos 5V/2A
- Display LCD grande y parámetros ajustables
- Consumo Standby: <14mA
- Máximo voltaje soportado por los paneles:55V
- Voltaje del sistema: 12V/24V selección automática
- Temperatura operativa: -20°C a +55°C
- Tamaño: 200x125x56mm
- Peso: 700gr

- Máxima corriente Panel Solar: 60 A
- Máxima corriente DC Load: 60 A
- Apto para todo tipo de baterías: AGM/GEL/Ácido líquido
- Terminales para cable hasta 25mm²
- Tipo de regulación: PWM
- Rendimiento estable: microcontrolador industrial integrado, que puede funcionar de manera constante en ambientes fríos, de alta temperatura y húmedos.
- Gestión de carga PWM de 3 etapas: Ecuilibrando la carga a la batería periódicamente, puede prevenir eficazmente a la batería de no ecualización y sulfuración, y prolongar la vida útil de la batería.
- Protección completa: proporciona protección contra sobrevoltaje, sobre descargas, sobre cargas, cortocircuitos y conexión inversa.
- Salida de DC Load de función programable

Dimensionamiento del sistema eólico

Para dimensionar el sistema eólico necesario que cubra el 50% restante de la demanda energética, se los requerimientos del complejo de cabañas. Este cálculo se realizó para la estación de mayor consumo, el invierno, con el fin de no subestimar la cantidad de energía necesaria.

La tabla 6 proporciona una visión detallada del consumo de energía de varios dispositivos en términos de potencia por dispositivo, potencia total, factor de pico, pico de potencia en el peor caso, horas de uso por día y energía consumida en vatios-hora (Wh). Es importante resaltar que las horas de uso que se detallan en la tabla representan el 50% del tiempo real, esto debido a que se pretende solo obtener la mitad del consumo. Utilizando los datos nombrados anteriormente, se obtuvo el consumo estimado para una cabaña, la potencia nominal requerida y la potencia máxima nominal.

Tabla 6. Planilla de cálculo de consumo estimado, potencia nominal requerida y potencia máxima requerida.

CANTIDAD	DESCRIPCION	POTENCIA POR DISPOSITIVO [W]	POTENCIA TOTAL [W]	FACTOR DE PICO	PICO DE POT. PEOR CASO [W]	HORAS USO/DIA	ENERGIA [Wh]
5	Lampara de techo	12,0	60,0	1,0	60,0	2,5	150,0
2	veladores	6,0	12,0	1,0	12,0	0,5	6,0
1	TV LED 32"	100,0	100,0	1,0	100,0	2,0	200,0
2	Luminarias exteriores	15,0	30,0	1,0	30,0	4,3	127,5
1	Notebook	150,0	150,0	1,5	225,0	1,5	225,0
1	pava eléctrica	2000,0	2000,0	1,0	2000,0	0,2	400,0
1	Heladera	150,0	150,0	1,0	150,0	3,6	540,0

1	Bomba de agua chica	373,0	373,0	4,0	1492,0	0,2	56,0
5	celular	5,0	25,0	3,0	75,0	1,0	25,0
TOTAL			2900,00		4144,00		1729,45

CONSUMO ESTIMADO (Ce)

POTENCIA NOMINAL REQUERIDA S/C.A

POTENCIA MÁXIMA REQ. S/C.A.

1729,45	[Wh/día]
2900,00	[W]
4144,00	[W]

En total para una cabaña, se utilizan 15 dispositivos con una potencia nominal total de 2.900 W. La potencia máxima requerida, considerando los factores de pico, es de 4.144 W. El 50% del consumo estimado de energía diaria es de 1.729,45 Wh/día. Los dispositivos que más contribuyen al consumo diario son la pava eléctrica, con 400 Wh/día, y las luminarias exteriores, con 127,5 Wh/día. Otros dispositivos significativos incluyen el notebook y la heladera, ambos con 225 Wh/día. La bomba de agua chica también destaca con un consumo de 1.492 Wh en caso de operar en su pico de potencia.

Para calcular el número de baterías necesario para el sistema, se consideraron inicialmente los parámetros de las baterías seleccionadas, así como los rendimientos del regulador y el inversor, el nivel de descarga y la cantidad máxima y mínima de días sin generación de energía. Estos datos fueron comparados con el consumo energético estimado, permitiendo así determinar la cantidad adecuada de baterías requeridas (Tabla 7).

PARÁMETRO	DATO
<i>Capacidad Nominal Bat. (Ah)</i>	240,00
<i>Tensión Batería (V)</i>	12,00
<i>Tensión Trabajo CC (V)</i>	24,00
<i>Cantidad Bat. en Sting mínimo</i>	2,00
<i>Rendimiento Regulador</i>	95,00%
<i>Rendimiento Baterías</i>	80,00%
<i>Rendimiento Inversor</i>	90,00%
<i>Nivel de Descarga</i>	35,00%
<i>Días sin viento (máx.)</i>	3
<i>Días sin viento (min)</i>	1
<i>Consumo estimado por día para las 4 cabañas (Wh/día)</i>	6917,8

Tabla 7. Características de parte del sistema eólico

De esta forma se obtuvo que el banco de baterías se compone de 18 baterías - considerando 3 días sin viento- o 6 baterías para 2 días sin viento. Se optará por la primera opción por precaución.

Para estimar la cantidad de aerogeneradores necesarios, primero se caracterizó el aerogenerador a utilizar, el mismo es un modelo de la marca EOLUX de 800 W. A partir de mediciones de velocidad del viento a 10 metros de altura y la fórmula exponencial del perfil vertical del viento, también conocida como la ley logarítmica del viento, se calculó la velocidad del viento a 18 metros de altura.

$$V_h = V_{h_{ref}} \left(\frac{h}{h_{ref}} \right)^\alpha \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

Donde:

V_h : es la velocidad del viento a estimar a una altura h sobre el nivel del suelo. En este caso 18 m.

$V_{h_{REF}}$: es la velocidad de referencia, velocidad del viento observada a una altura preestablecida, denominada altura de referencia que en esta ocasión es de 10 metros.

α : es un exponente de rugosidad que varía entre 0,0 a 0,40, según el tipo de rugosidad del terreno: agua, 0,13; grama, 0,14 a 0,16; cultivos y arbustos, 0,20; bosques, 0,25 y zonas urbanas, 0,40. Para los cálculos se utilizó un coeficiente de 0,14.

Dicha fórmula, fue desarrollada a partir de estudios de la dinámica de fluidos y la meteorología. No se atribuye a una sola persona, sino que es el resultado de contribuciones de varios científicos y meteorólogos. Sin embargo, el desarrollo específico de la ley logarítmica del viento es atribuido frecuentemente a Ludwig Prandtl, un físico alemán que hizo importantes contribuciones a la teoría de la capa límite en fluidos (Prandtl, 1904).

Una vez que se obtuvo la velocidad del viento para la altura preestablecida y junto con la información del aerogenerador elegido, proporcionada por el fabricante, se calculó la energía promedio generada para cada mes y cada día.

Mes	Viento [m/s] a 10 m*	Viento [m/s] a 18m**	Promedio Mensual [kWh]	Promedio Diario [kWh]
Enero	3,75	7,76	168,98	5,45
Febrero	3,50	7,25	153,53	5,48
Marzo	3,37	6,98	145,50	4,69
Abril	3,50	7,25	153,53	5,12
Mayo	3,47	7,18	151,68	4,89
Junio	3,99	8,26	183,81	6,13
Julio	3,91	8,10	178,87	5,77
Agosto	4,10	8,49	190,61	6,15
Setiembre	3,76	7,79	169,60	5,65
Octubre	4,00	8,28	184,43	5,95
Noviembre	4,02	8,32	185,67	6,19

Tabla 8. Valor promedio mensual y diario de energía que se produce con el recurso eólico disponible a 18 m de altura. *datos de referencia, **datos obtenidos a partir de la función exponencial.

Finalmente, se dividió la demanda energética por la energía producida diariamente, determinando así la cantidad de aerogeneradores necesarios para cada mes. Como se puede observar en la tabla 9 la mayor cantidad de aerogeneradores se requieren en el mes de mayo (3).

Mes	Nº Aeros	Entero Mínimo
Enero	1,86	2

Febrero	1,84	2
Marzo	2,15	3
Abril	1,98	2
Mayo	2,07	3
Junio	1,65	2
Julio	1,75	2
Agosto	1,64	2
Setiembre	1,79	2
Octubre	1,70	2
Noviembre	1,63	2
Diciembre	1,67	2

Tabla 9. Cálculo del número de aerogeneradores por mes.

Para lograr cubrir la potencia máxima requerida, se instalará un inversor que convierta la tensión continua del banco de baterías en la tensión alterna de tipo domiciliario (220 V). A continuación, en la tabla 10 se muestran los requerimientos del sistema:

Parámetros prefijados	
<i>Tensión Trabajo CC (V)</i>	24,00
<i>Frecuencia de Salida (Hz)</i>	50,00
<i>Tensión de Salida (V)</i>	230,00
<i>Tipo</i>	<i>Monofásico</i>
Variables de Plana Energía	
<i>Potencia Nominal Requerida (W)</i>	2900,00
<i>Potencia Pico Requerida (W)</i>	4144,00
<i>Rendimiento Nominal</i>	90,00%

Tabla 10. Requerimientos del sistema.

Para lograr la demanda de potencia del sistema se utilizará un inversor Enertik-ICB-3K-24 con una tensión nominal de 24V, potencia nominal de 3.000 W y potencia pico de 6.000 W.

Componentes del sistema eólico.

➤ Aerogenerador

El aerogenerador que se utilizara es de la marca EOLUX.



Características Técnicas Generales:

- CONFIGURACIÓN DEL ROTOR: Eje horizontal a barlovento de 3 palas.
- POTENCIA NOMINAL: 800 Watts a 10 m/s.
- REVOLUCIONES DEL ROTOR: Variables.
- TENSIONES NOMINALES: 12, 24, 48 Volts.
- ALMCENAJE CORIENTE: Baterías.
- PESO DEL EQUIPO: 40 Kg. Sin incluir la torre.
- PESO TORRE 18 MTS.: 128 Kg.
- DIÁMETRO DEL ROTOR: 2,20 Mts.
- TEMPERATURA DE TRABAJO: - 30°C a + 65°C.
- RECTIFICACIÓN: Puente de Diodos Trifásico.
- MATERIALES DE LAS PALAS: Fibra de Vidrio Resina Poliester.
- GENERADOR: Alternador Trifásico Sincrónico de Imanes Permanentes
- REGULADOR DE VOLTAJE: Externo de estado sólido. Regula tensión máxima y mínima de batería a pedido con alternativa para funcionar en paralelo con paneles solares y otras funciones, como ser el calentamiento de agua en caso de tener energía excedente.

➤ Cable Subterráneo 3x6mm² Pvc Prysmian Sintenax

Se requerirán 50m de cable por cada aerogenerador, ya que la torre se encuentra a 50 metros de las cabañas.



- En cuanto a las baterías e inversor son los mismos que los utilizados en el sistema fotovoltaico y que ya han sido descriptos con anterioridad.

Costos de todo el sistema.

En las siguientes tablas, se presentan los costos del sistema fotovoltaico (Tabla 11) y del sistema eólico (Tabla 12). El costo del sistema solar para abastecer el 50% de la demanda energética del complejo de cabañas es de \$14.193.837.83, mientras que, la inversión necesaria para cubrir el 50% restante de la demanda energética, a partir de un sistema eólico asciende a \$24.813.470,17. Este valor tan elevado, se debe a la gran cantidad de aerogeneradores que son necesarios para cubrir la potencia requerida, dado que la velocidad del viento en la zona presenta valores muy bajos. El primer cálculo estimativo, para satisfacer los requerimientos energéticos del proyecto demandaría una inversión de \$39.007.308

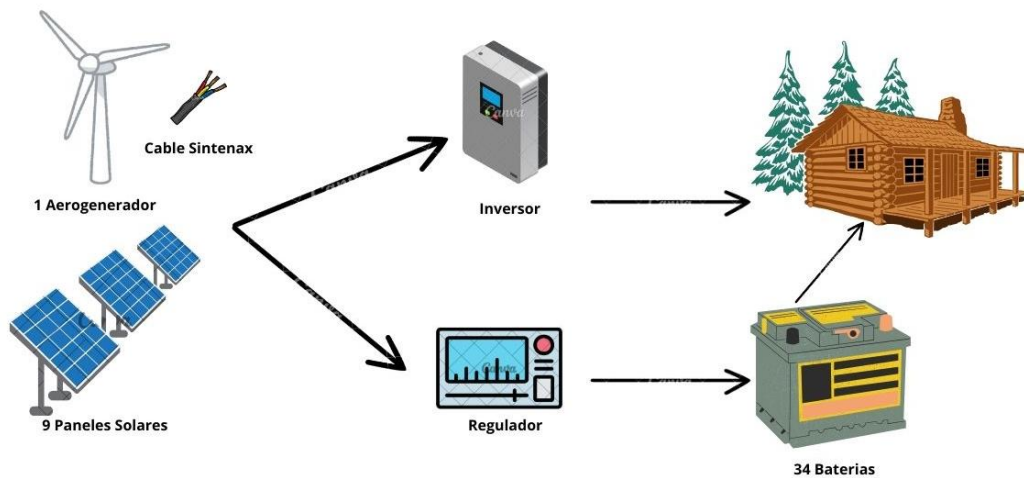
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario	Precio Total	IVA 21% incluido	\$ A PAGAR c/IVA incl.
9	Paneles solares	243.258,00	2.189.322,00	0,00	2.189.322,00
34	Batería 240 solar	616.745,00	11.101.410,00	0,00	11.101.410,00
1	Regulador solar panel controller 60 A	100.000,00	100.000,00	0,00	100.000,00
1	Inversor Enertik ICB-3K- 24	707.758,00	707.758,00	0,00	707.758,00
1	FLETES, INSTALACION Y GASTOS ADMIN.	95.347,83	95.347,83	0,00	95.347,83
TOTAL, CON IMPUESTOS					14.193.837.83

Tabla 11. Costos de los componentes del sistema solar fotovoltaico.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario	Precio Total	IVA 21% incluido	\$ A PAGAR c/IVA incl.
3	AEROGENERADORES EOLUX	2742750,00	8228250,00	0,00	8228250,00
3	TORRES TIPO RETICULADO 12m	750000,00	2250000,00	0,00	2250000,00
3	MONTAJES-CABLES-BASES	119184,78	357554,35	0,00	357554,35
150	MTS totales CABLEADO EXTERIOR SINTENAX	13821,00	2073150,00	0,00	2073150,00
18	Batería 240 solar	616745,00	11101410,00	0,00	11101410,00
1	Enertik ICB-3K- 24	707758,00	707758,00	0,00	707758,00
1	FLETES, INSTALACION Y GASTOS ADMIN.	95347,83	95347,83	0,00	95347,83
TOTAL, CON IMPUESTOS					24.813.470,17

Tabla 12. Costos de los componentes del sistema eólico.

Diagrama de la instalación



Cálculos con el programa Homer

HOMER es un software que se utiliza para el diseño y optimización de microrredes híbridas. Su capacidad de simulación permite modelar el funcionamiento de una microrred durante un año completo, evaluando diversas configuraciones para determinar su viabilidad y costos operativos. Además, utiliza algoritmos avanzados de optimización para identificar las configuraciones más rentables, simplificando el proceso de diseño. Asimismo, realiza análisis de sensibilidad para comprender cómo variables inciertas, como el precio del combustible o la velocidad del viento, afectan la viabilidad y los costos del sistema. La herramienta puede modelar una variedad de tecnologías energéticas, incluyendo solar fotovoltaica, eólica, hidroeléctrica, y almacenamiento de hidrógeno, entre otras (HOMER Energy)

Para utilizar HOMER, primero se debe ingresar información específica sobre componentes del sistema (por ejemplo, generadores, paneles solares, turbinas eólicas), costos de componentes y disponibilidad de recursos. Luego de brindar los datos requeridos se le da al programa la orden de realizar los cálculos haciendo click en el botón "Calcular", HOMER simula diferentes configuraciones del sistema y genera una lista de configuraciones factibles ordenadas por el costo neto presente.

Por otra parte, nos permite realizar análisis de sensibilidad teniendo en cuenta variables como disponibilidad de recursos y costos económicos, para evaluar cómo estos factores

afectan la rentabilidad y el diseño del sistema. Los resultados de estas simulaciones y análisis se presentan en diversas tablas y gráficos.

Para el presente proyecto, se establecerá como restricción que la energía con la que se abastezca el emprendimiento deberá provenir en al menos un 80% del recurso natural y aceptando hasta un 10% de pérdida de abastecimiento.

Consumo energético

En primer lugar, dado que se consideraron dos periodos estacionales con demandas energéticas diferentes, se cargaron en el simulador el perfil de consumo del complejo de cabañas para la estación primavera-verano, que comprende los meses de septiembre a febrero, y para la estación otoño-invierno, que abarca desde marzo hasta agosto (Figura 5). En la Figura 6 se pueden observar los gráficos correspondientes al perfil de consumo.

Hour	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
0	0.598	0.598	0.539	0.539	0.539	0.539	0.539	0.539	0.598	0.598	0.598	0.598
1	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
2	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
3	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
4	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
5	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
6	0.476	0.476	0.596	0.596	0.596	0.596	0.596	0.596	0.476	0.476	0.476	0.476
7	0.500	0.500	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.500	0.500	0.500	0.500
8	0.464	0.464	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332	0.464	0.464	0.464	0.464
9	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
10	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
11	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
12	0.188	0.188	0.236	0.236	0.236	0.236	0.236	0.236	0.188	0.188	0.188	0.188
13	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
14	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
15	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
16	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
17	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
18	0.180	0.180	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.180	0.180	0.180	0.180
19	1.372	1.372	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.372	1.372	1.372	1.372
20	1.668	1.668	1.388	1.388	1.388	1.388	1.388	1.388	1.668	1.668	1.668	1.668
21	1.824	1.824	1.484	1.484	1.484	1.484	1.484	1.484	1.824	1.824	1.824	1.824
22	0.396	0.396	0.396	0.396	0.396	0.396	0.396	0.396	0.396	0.396	0.396	0.396
23	0.598	0.598	0.539	0.539	0.539	0.539	0.539	0.539	0.598	0.598	0.598	0.598

Figura 5. consumo energético diario, para los meses de primavera-verano y otoño invierno del complejo de cabañas.

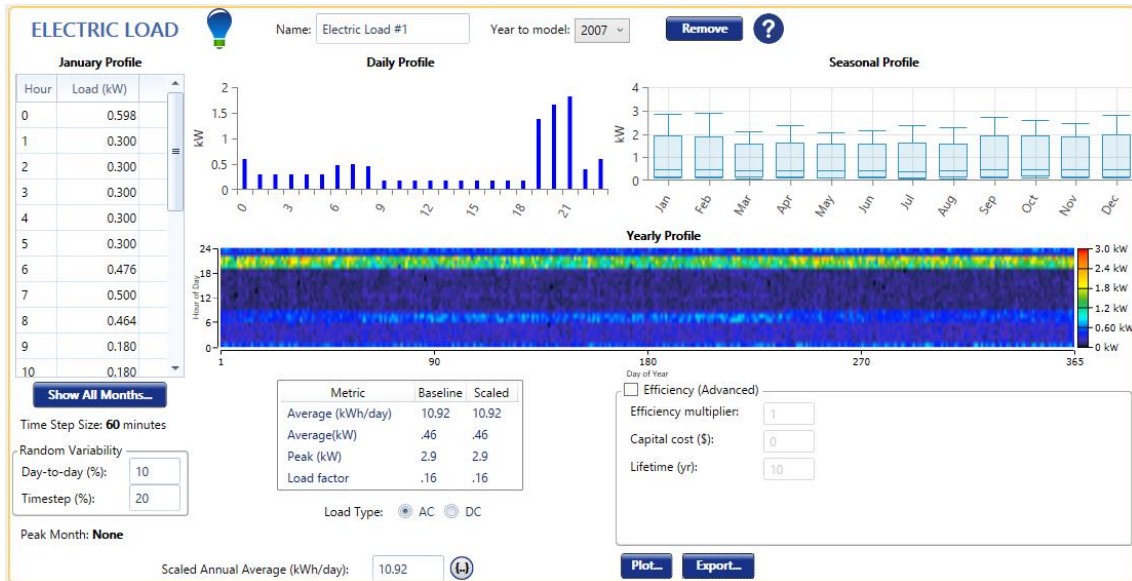


Figura 6. Gráficos de los perfiles de consumo para cada estación obtenidos en el software HOMER.

Recursos

Asimismo, se le indico al programa el lugar en el cual se emplazará el emprendimiento para poder obtener información mensual sobre la radiación solar, la velocidad del viento y la temperatura de la localidad. En las figuras 7, 8 y 9 se muestran los datos obtenidos para San Martin de los Andes.

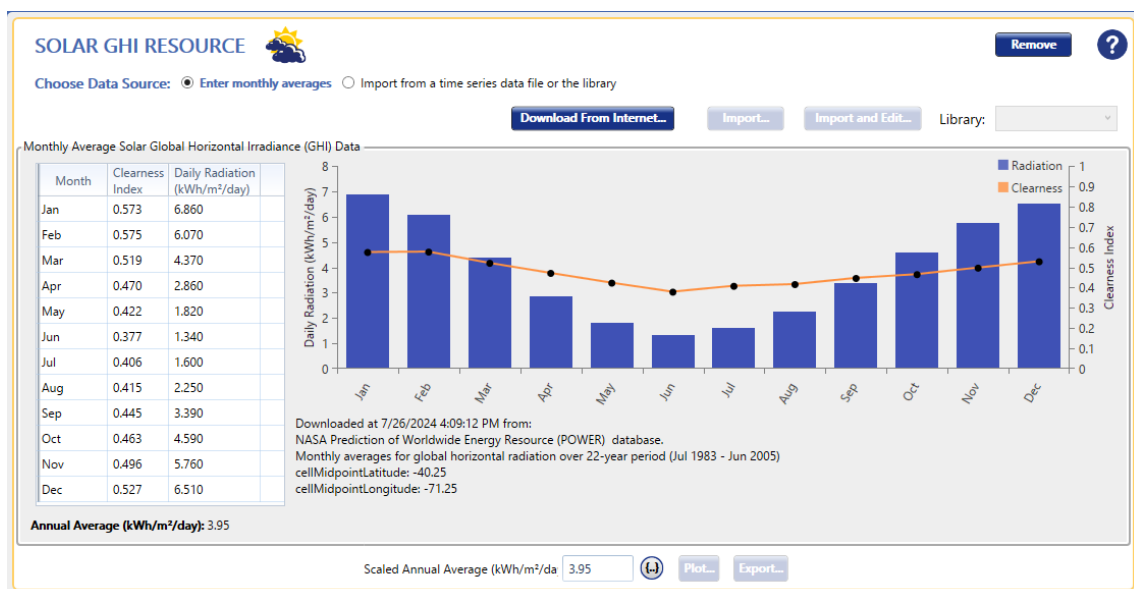


Figura 7. Recurso solar: irradiación global media diaria en un plano horizontal para la localidad de San Martin de los Andes.

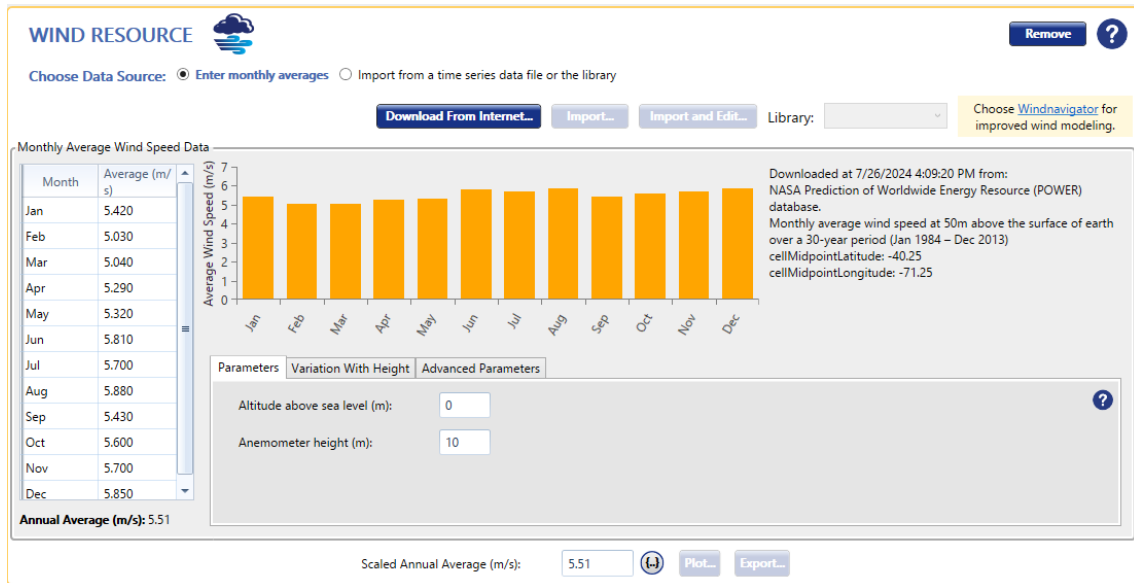


Figura 8. Recurso eólico: velocidad media mensual del viento en m/s para la localidad de San Martín de los Andes.

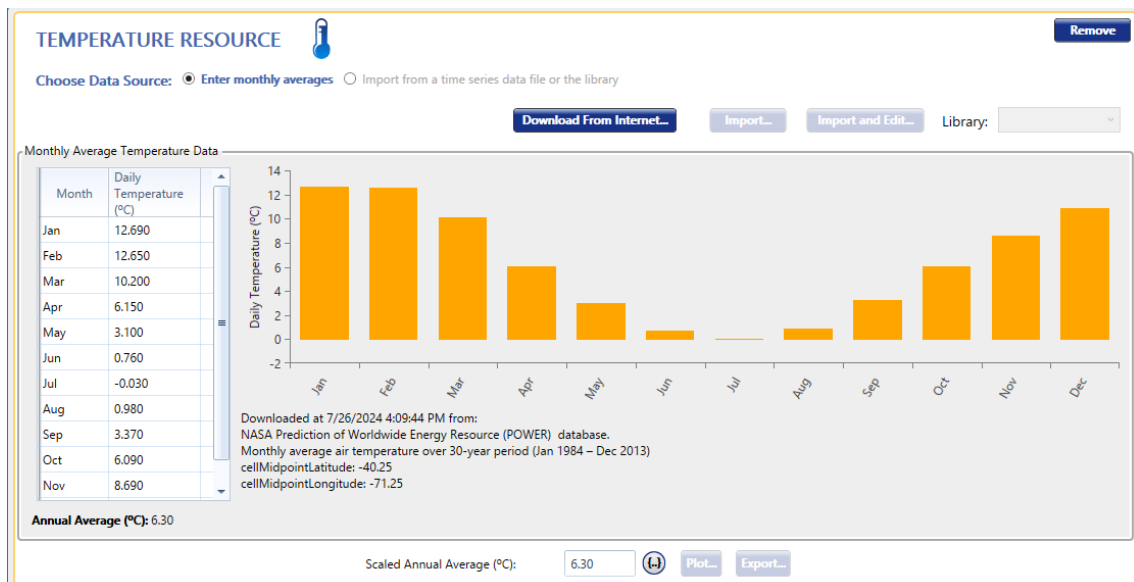


Figure 9. Temperatura mensual para la localidad de San Martín de los Andes.

Componentes del sistema fotovoltaico y eólico

Luego de caracterizar los recursos de la localidad, se seleccionaron los componentes que integraran el sistema junto con el precio de cada uno, el presupuesto necesario para reemplazarlos y un valor estimado para mantenimiento, todo valuado en dólares.

En la Figura 10, se muestra la ventana que nos permite seleccionar el panel solar a utilizar, en este caso se optó por utilizar el panel *Generic Flat Plate*. Dado que era la opción ofrecida por el programa que más se asemejaba al panel elegido anteriormente para este proyecto (0,54 kW), la vida útil del mismo es de 25 años y el string mínimo seleccionado será de 1 panel.

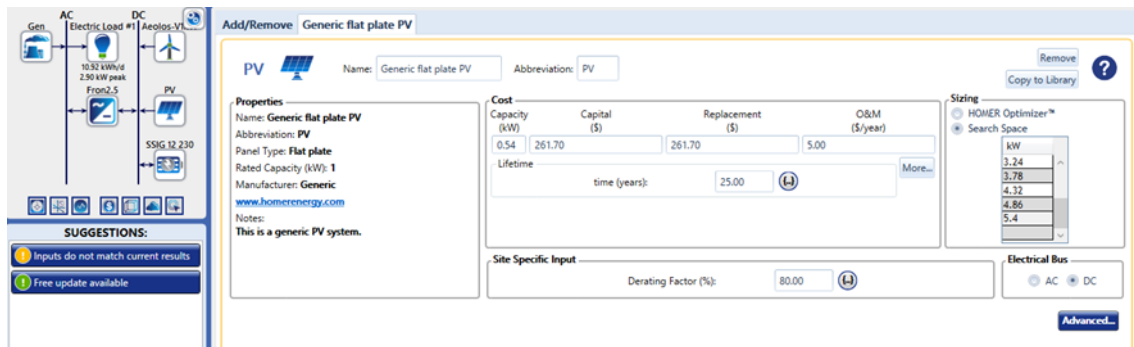


Figura 10. Ventana de HOMER que nos permite seleccionar los paneles fotovoltaicos.

Asimismo, se seleccionó el aerogenerador a utilizar en función de su capacidad de generación de energía. El modelo a utilizar es Aeolos-V1kW cuya potencia nominal es de 1kW y la vida útil del mismo es de 20 años (Figura 11).

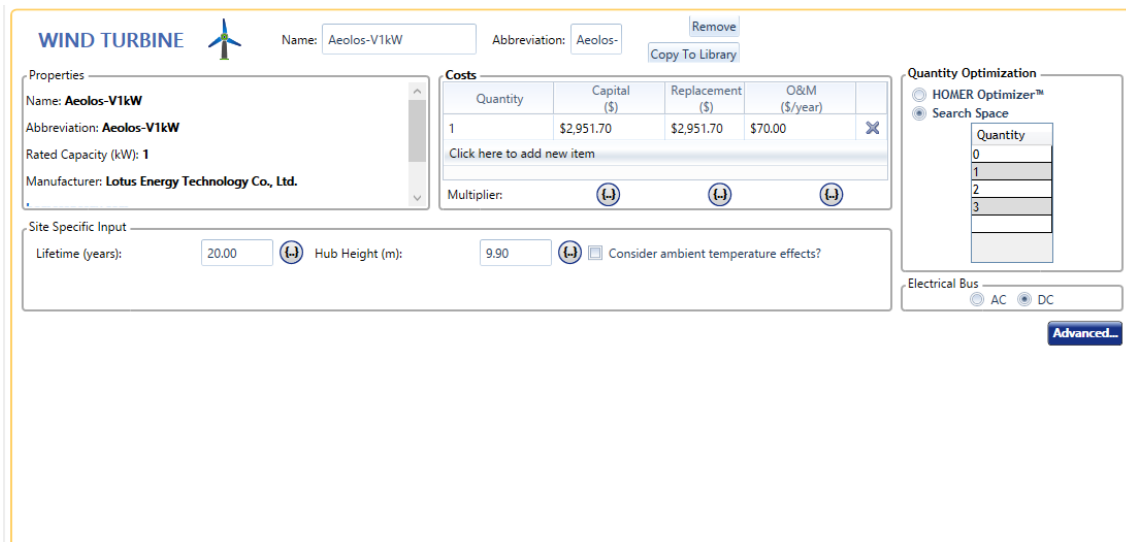


Figura 11. Ventana de HOMER que permite seleccionar el aerogenerador.

En cuanto a las opciones para configurar adecuadamente el sistema de almacenamiento de energía, se seleccionó el modelo de batería Trojan SSIG 12 230 de 12V y capacidad nominal de 232 Ah (capacidad similar a la seleccionada anteriormente cuando se diseñó el sistema). El string mínimo será de 2 baterías para obtener un banco de trabajo de 24V (Figura 12).

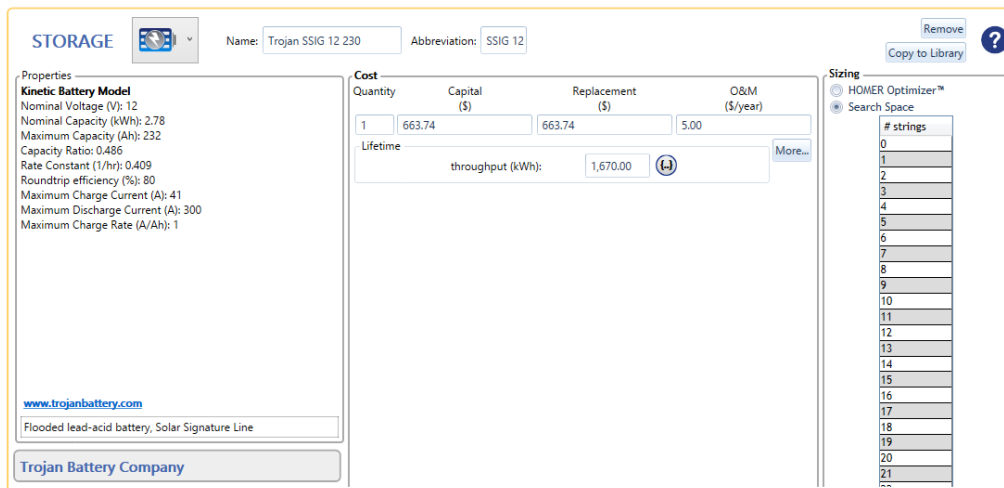


Figura 12. Ventana de HOMER que permite seleccionar las baterías del sistema.

En la Figura 13, se indican las características del convertor modelo *Fronius Galvo 2.5-1*, cuya vida útil es de 10 años y la eficiencia es del 95 %. En cuanto al regulador este lo podemos observar en la Figura 14, el mismo posee una vida útil de 25 años.

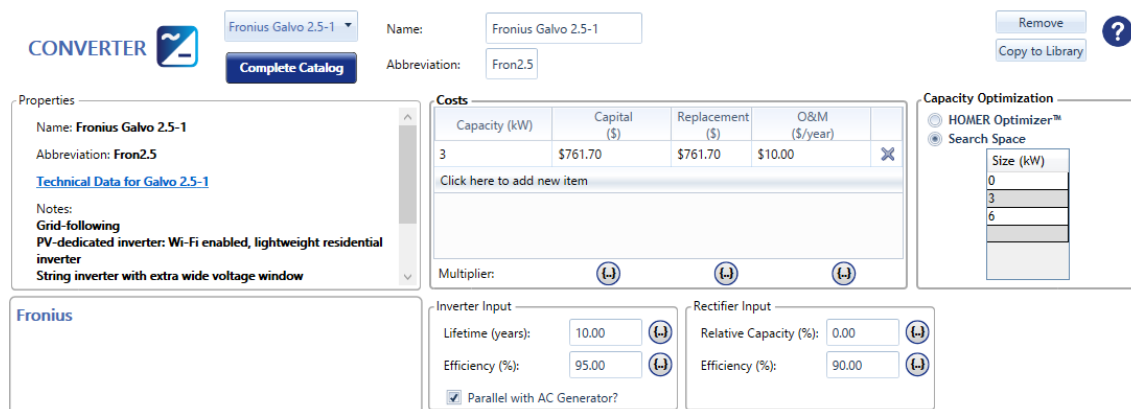


Figura 13. Ventana de HOMER que permite seleccionar el convertor a utilizar en el sistema.

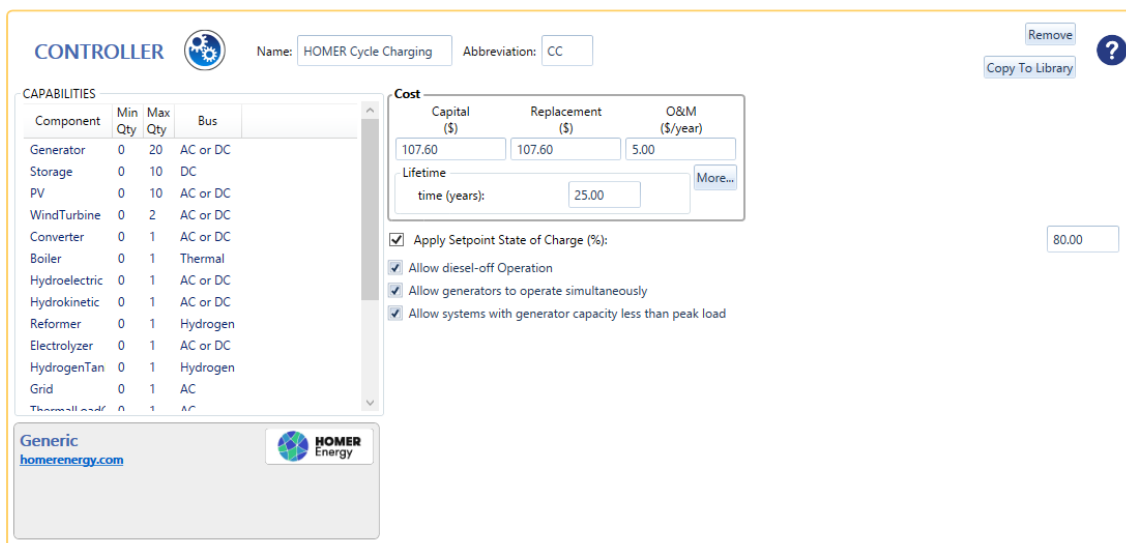


Figura 14. Ventana de HOMER que permite seleccionar el regulador a utilizar en el sistema.

Finalmente, se seleccionó el generador diesel modelo *Autosize Genset* (Figura 15).

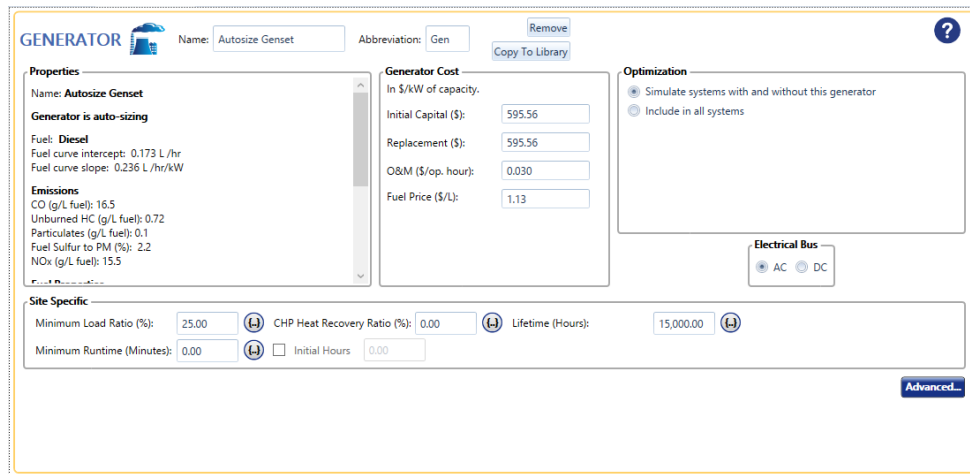


Figura 15. Ventana de HOMER que permite seleccionar el generador a utilizar.

Resultados

Una vez que se caracterizaron los recursos y se eligieron los componentes del sistema se le ordeno al software realizar los cálculos correspondientes, obteniendo como resultado que la demanda energética del complejo de cabañas puede satisfacerse mediante 6 opciones. De estas opciones solo se consideraron aquellas que generan un suministro energético a partir de energía solar y eólica, es decir aquellas que tengan una configuración que incluya paneles y aerogeneradores. Las mismas se pueden observar encerradas en un rectángulo rojo en la Figura 16.

RESULTS														
Optimization Results														
Double click on a system to see its Simulation Details.														
Architecture			Cost			System			Project Economics			Ger		
	PV (kW)	Gen (kW)	SSiG 12 230 (kW)	Fron2.5 (kW)	NPC (\$)	LCDE (\$/kWh)	Operating cost (\$/yr)	CAPEX (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	IRR (%)	Simple Payback (yr)	Hours	Producti (kWh)
	4.32	1	12	3.00	\$27,703	\$0.557	\$1,069	\$13,879	100	0				
	7.56		22	3.00	\$32,116	\$0.649	\$1,004	\$19,135	100	0		7.6		
	4.86	1	3.20	14	3.00	\$32,598	\$0.633	\$1,178	\$17,374	92.4	127	7.6	307	303
		3		18	3.00	\$34,624	\$0.695	\$1,002	\$21,672	100	0			
	7.56		3.20	20	3.00	\$36,774	\$0.714	\$1,320	\$19,714	85.3	246	7.9	599	587
		3	3.20	18	3.00	\$39,634	\$0.769	\$1,242	\$23,578	88.8	192		486	447

Figura 16. Resultados obtenidos mediante el simulador HOMER, el rectángulo rojo indica las opciones que consideran el uso conjunto de paneles y aerogeneradores para satisfacerla demanda energética.

Opción 1

La opción 1 muestra que se abastecerá la demanda energética en un 100% por fuentes de energías renovables, 67,8% por paneles solares y 32,2 % por aerogeneradores. La energía total generada de forma anual por el sistema es de 8.054 kWh. (Figura 17). El

sistema estará integrado por 8 paneles de 540 W, 1 aerogenerador de 1kW, 12 strings de 2 baterías de 12V, 1 convertidor de 3kW y un regulador.

Para el presente sistema de abastecimiento existe un 42,7% de exceso de electricidad (3.441 kWh/año) y un 3,49 % de carga eléctrica insatisfecha (139 kWh/año), lo cual presenta una desventaja ya que en el simulador no se modeló el acceso/uso de red como respaldo.

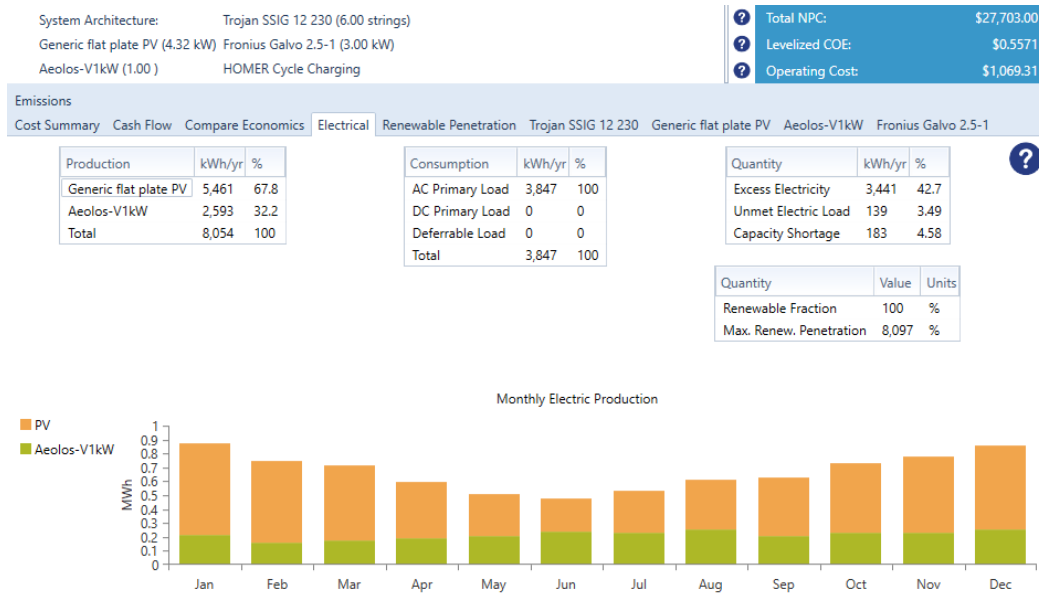


Figura 17. Porcentaje energético que cubren los paneles y aerogeneradores correspondiente a la opción 1.

En cuanto al costo total del sistema este sería de U\$D 27.703,00, el componente que requiere una mayor inversión son las baterías (U\$D 17.598,75), seguido por el aerogenerador (U\$D 5.848,66), los paneles solares (U\$D 2.610,70) y en menor medida el inversor (U\$D 1.472,65) y el regulador (U\$D 172,24). Cabe destacar que estos valores consideran tanto el capital necesario para reemplazar el componente como los costos de mantenimiento (Figura 18).

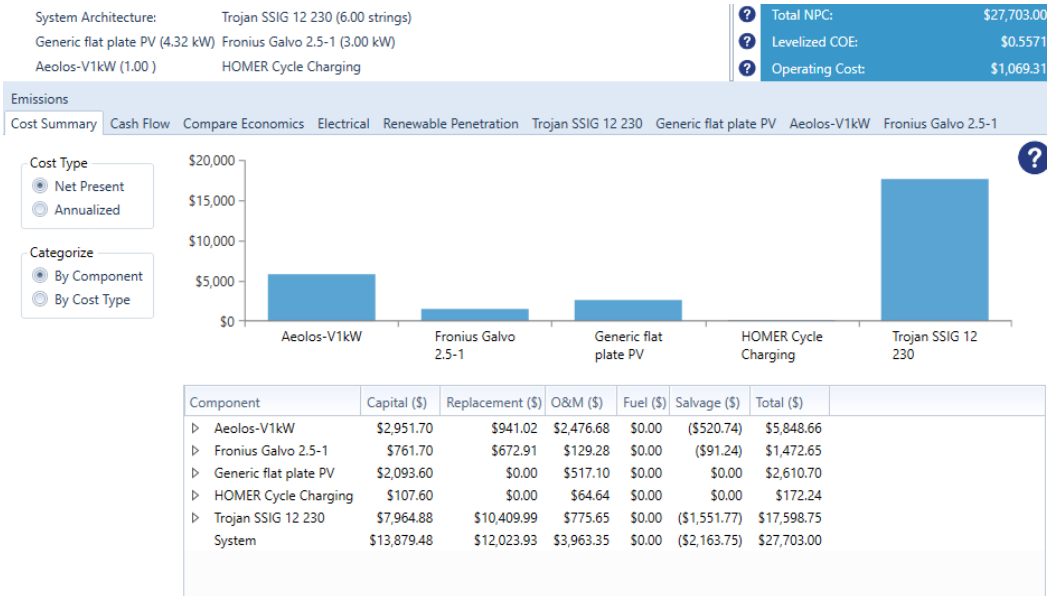


Figura 18. Tabla y gráfico de barras que representan los costos de la opción 1.

Opción 2

Por otra parte, la opción 2 muestra que el 92,4% de la demanda estará cubierta por energías renovables, 68% por paneles y 28,7% por aerogeneradores, mientras que el 3,36% restante lo aportará un generador diesel. La energía total generada de forma anual por el sistema es de 9.040 kWh, con un exceso energético de 4.293 kWh/año, en esta opción no existe un porcentaje de carga insatisfecha ya que la misma será cubierta por el generador (Figura 19). El sistema estará integrado por 9 paneles de 540W, 1 aerogenerador de 1kW, 14 strings de 2 baterías de 12V, 1 convertidor de 3kW y un regulador.

En relación al costo total del sistema este sería de U\$D 32.597,95, el componente que requiere una mayor inversión son nuevamente las baterías (U\$D 18.255,17), seguido por el aerogenerador (U\$D 5.848,66), el generador diesel (U\$D 3.912,19), los paneles solares (U\$D 2.937,04) y en menor medida el inversor (U\$D 1.472,65) y el regulador (U\$D 172,24) (Figura 20).

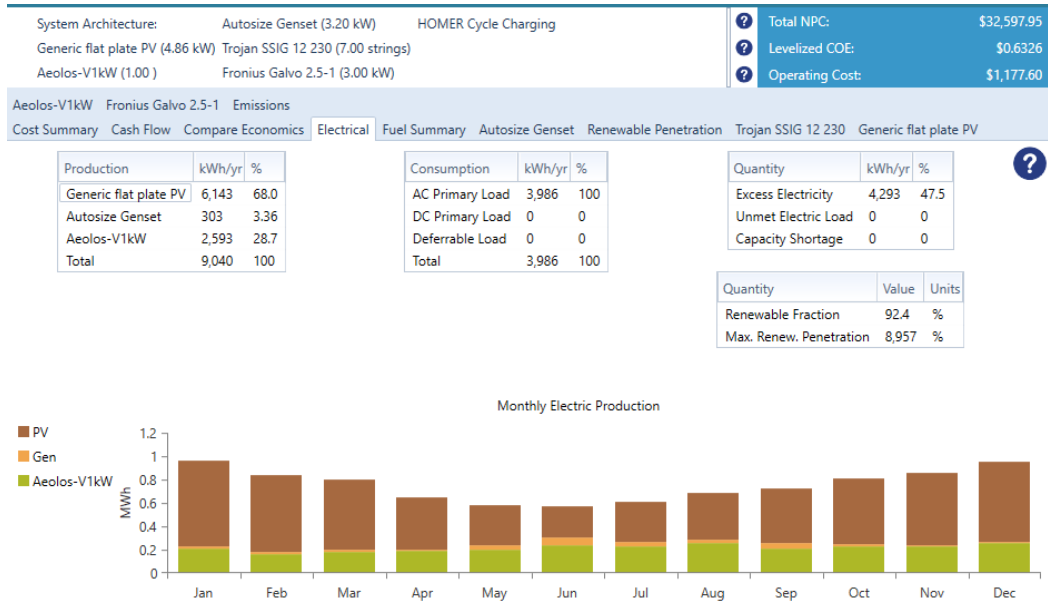


Figura 19. Porcentaje energético que cubren los paneles y aerogeneradores correspondiente a la opción2.

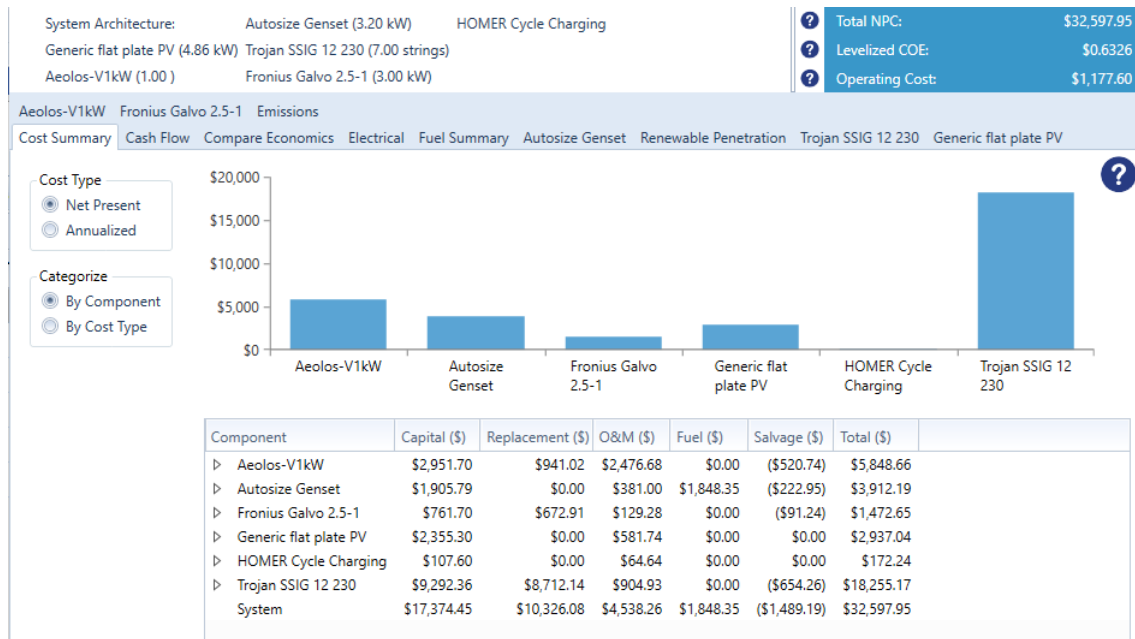


Figura 20. Tabla y gráfico de barras que representan los costos de la opción 2.

Conclusión

En primer lugar, a partir de realizar el dimensionamiento y configuración del sistema de abastecimiento energético para el complejo de cabañas denominado “Naturaleza Andina”, ubicado en la localidad de San Martín de los Andes. Se pudo determinar que

para cubrir el 50% de la demanda con energía solar y el porcentaje restante con energía eólica será necesario contar con 9 paneles solares de 540W, 3 aerogenerador de 1kW, un inversor de 3kW, un regulador y un banco de baterías compuesto por 34 baterías de 12V con un string mínimo de 2 baterías. El primer cálculo estimativo, para satisfacer los requerimientos energéticos del proyecto demandaría una inversión de U\$D 39.919.

Luego, al realizar un refinamiento de los cálculos mediante el simulador HOMER, se obtuvieron varias opciones para satisfacer la demanda, pero solo dos de ellas cumplían con el requisito de formar un sistema híbrido, es decir que el mismo proporcione la potencia requerida mediante energía fotovoltaica y eólica. Al analizar estas dos opciones propuestas por el simulador, se pudo observar que ambas muestran que la mayor cobertura de la demanda está dada por la generación de energía fotovoltaica, ya que el recurso solar proporciona al sistema más energía que el recurso eólico en la localidad de San Martín de los Andes.

La opción 1 es la más económica ya que tiene un costo de U\$D 27.703, aunque anualmente parte de la carga eléctrica no podrá satisfacerse y también registra un excedente energético de 3.441 kWh/año. Esta opción nos propone un sistema compuesto por 8 paneles de 540 W, 1 aerogenerador de 1kW, 12 strings de 2 baterías de 12V, 1 convertidor de 3kW y un regulador.

La opción 2 tiene un costo de U\$D 32.597,95 cubre el total de la demanda a lo largo del año y tiene un excedente energético de 4.293 kWh/año. El sistema propuesto por esta opción cuenta con 9 paneles de 540W, 1 aerogenerador de 1kW, 14 strings de 2 baterías de 12V, 1 convertidor de 3kW y un regulador.

A partir de esta información se tomó la decisión de utilizar la opción 2 propuesta por el software, ya que a pesar de requerir una mayor inversión que la opción 1, esta cubre el 100% de la demanda y en el caso de poder conectarse a la red eléctrica para inyectar los excesos.

Por otra parte, se pudo verificar la utilidad del software de cálculo HOMER, ya que no requiere grandes conocimientos y es fácil de manejar por parte del usuario. Nos presenta varias configuraciones de sistemas, mostrándonos la demanda cubierta por cada componente y el costo de cada opción, entre otras variables. Esta información nos permite tomar decisiones acerca de cuál es la opción más conveniente en función a nuestras necesidades. Cabe destacar que los resultados obtenidos por el programa se encuentran muy cercana al costo arrojado por el dimensionamiento en Excel.

Bibliografía

HOMER Energy. (s.f.). HOMER Pro - Microgrid Software for Designing Optimized Hybrid Power Systems. HOMER Energy. Recuperado el [fecha de acceso], de <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html>

IRENA. (2020). Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020. <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020>

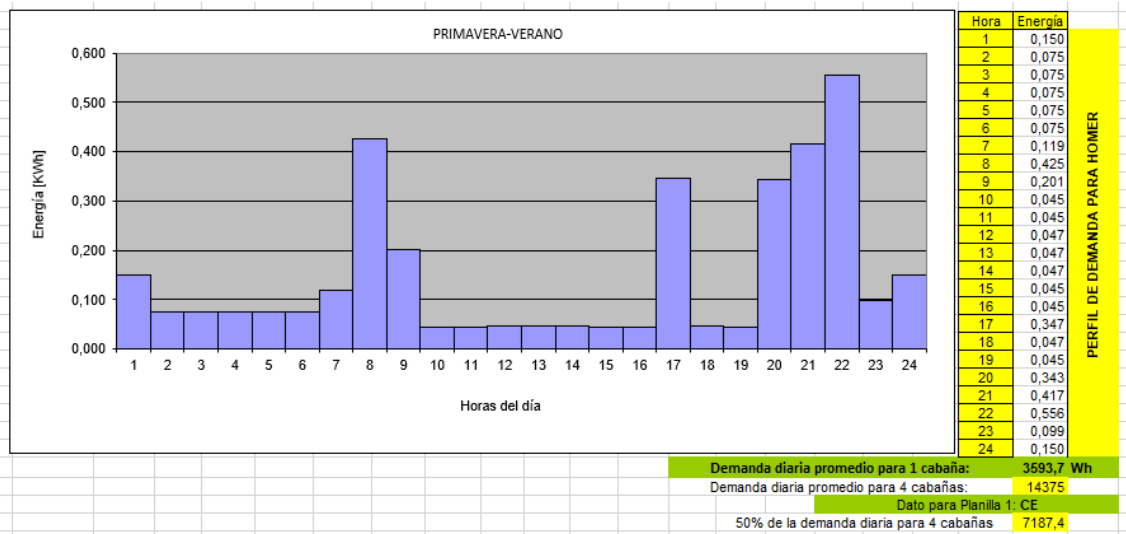
NASA. (n.d.). POWER Data Access Viewer. En NASA. <https://power.larc.nasa.gov/>

Prandtl, L. (1904). "Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung". In: Verhandlungen des III. Internationalen Mathematiker-Kongresses, Heidelberg, 1904.

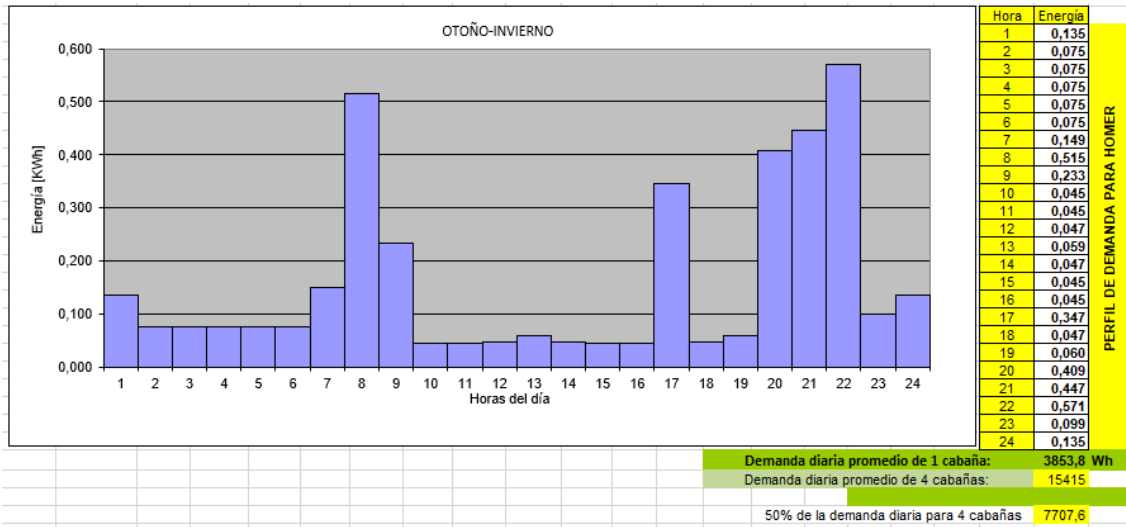
Anexos

Sistema Fotovoltaico

PERFIL DIARIO DE DEMANDA ENERGÉTICA																													
salida del sol 06:40		CÁLCULO VERANO																											
puesta del sol 21:12																													
https://meteogram.es/sol/argentina/san-martin-de-los-andes/																													
Artefacto	Potencia [W]	Cantidad	Horas del día																										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Lámpara techo	12	2							1,00	0,50											1,00	1,00	1,00			4,50			
Pava eléctrica	2000	1								0,15	0,05									0,15		0,00	0,05			0,40			
Heladera	150	1	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	7,20			
Lámpara techo	12	2							1,00	0,50											0,00	1,00	1,00	0,50		4,00			
TV	100	1							0,50	0,50											1,00	1,00	1,00			4,00			
Celular	5	4																			0,00	1,00	1,00			2,00			
Notbook	150	1																			1,00	1,00	1,00			3,00			
Lámpara techo	12	2							0,50												0,50	1,00	1,00			3,00			
Velador	6	2																			0,00		1,00	0,50		1,50			
Lámpara techo	12	2							0,50												0,50	1,00				3,00			
Velador	6	2																			0,00		1,00	0,50		1,50			
Lámpara de techo	12	1							0,16	0,50	0,50			0,16	0,16	0,16			0,16	0,16	0,00	0,50	0,50			2,96			
Lámpara exterior	15	2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00													0,00	0,50	1,00	1,00		8,50			
Bomba elevadora (ta	373	1	0,20																		0,00			0,20		0,40			
																									0,00	0,00			
																									0,00	0,00			
rgía demandada por hora [KWh]			0,150	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,119	0,425	0,201	0,045	0,045	0,047	0,047	0,047	0,047	0,045	0,045	0,347	0,047	0,045	0,343	0,417	0,556	0,099	0,150	0,00



PERFIL DIARIO DE DEMANDA ENERGÉTICA																											
salida del sol 8:59 a.m puesta del sol 18:54 p.m https://meteoграм.es/sol/argentina/san-martin-de-los-andes/																											
CÁLCULO INVIERNO																											
Lugar	Artefacto	Potencia [W]	Cantidad	Horas del día																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Cocina	Lámpara techo	12	2							1,00	1,00	0,50									1,00	1,00	1,00				
	Pava eléctrica	2000	1								0,15	0,05											0,05				
Living-comedor	Heladera	150	1	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30		
	Lámpara techo	12	2							1,00	0,50										0,50	1,00	1,00	0,50			
	TV	100	1								0,50	0,50									1,00	1,00	1,00				
	Celular	6	4																			1,00	1,00	1,00	0,50		
habitacion 1	Notbook	150	1																			1,00	1,00	1,00			
	Lámpara techo	12	2							0,50	1,00	0,50									1,00	1,00	1,00				
habitacion 2	Velador	6	2																			1,00	1,00	1,00	0,50		
	Lámpara techo	12	2							0,50	1,00	0,50										1,00	1,00	1,00	0,50		
Baño general	Velador	6	2																				1,00	1,00	0,50		
	Lámpara techo	12	1							0,16	0,50	0,16			0,16	0,16	0,16			0,16	0,16		0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Jardín delantero	Lámpara exterior	15	2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00														1,00	
	Bomba elevadora (tanque 1000L)	373	1	0,16																						0,16	
Energía demandada por hora [KWh]				0,135	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,149	0,515	0,233	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,047	0,059	0,047	0,060	0,409	0,447	0,571	0,099	0,135



Días acumulados	Día medio	Promedio diario mensual (San Martin de los Andes)	[MJ/m ² . día	[KWh/m ²]	[MJ/m ²]	
0	17,1		27,972	Enero	7,77	27,972
31	47,2		24,372	Febrero	6,77	24,372
59	76		18,216	Marzo	5,06	18,216
90	105,5		11,88	Abril	3,3	11,88
120	134,6		7,2	Mayo	2	7,2
151	160,8		5,292	Junio	1,47	5,292
181	197,9		6,156	Julio	1,71	6,156
212	226,9		8,604	Agosto	2,39	8,604
243	256,3		13,716	Septiembre	3,81	13,716
273	285,6		18,684	Octubre	5,19	18,684
304	315,9		24,048	Noviembre	6,68	24,048
334	343,3		27,432	Diciembre	7,62	27,432

Meses	Estacional	Mensual	Anual
Enero	6,92	3,3	32
Febrero	6,92	18,34	32
Marzo	48,28	35,56	32
Abril	48,28	52,11	32
Mayo	48,28	62,45	32
Junio	62,47	66,74	32
Julio	62,47	65,11	32
Agosto	62,47	56,38	32
Septiembre	23,92	42,07	32
Octubre	23,92	24,07	32
Noviembre	23,92	8,13	32
Diciembre	6,92	0	32

Promedio mensual de HPS (para plano inclinado óptimo)			
Meses	Estacional	Mensual	Anual
Enero	7,77	7,78	7,25
Febrero	6,91	7,00	6,87
Marzo	5,73	5,84	5,83
Abril	4,67	4,67	4,46
Mayo	3,42	3,51	3,12
Junio	2,91	2,91	2,49
Julio	3,23	3,23	2,81
Agosto	3,61	3,62	3,38
Septiembre	4,50	4,67	4,62
Octubre	5,50	5,50	5,46
Noviembre	6,57	6,72	6,39
Diciembre	7,58	7,62	6,97

Panel							
PPP = Potencia Pico del Panel [W]	540	Los datos se cargan en las celdas pintadas					
Batería							
CAP = Capacidad [Ah]	240						
VOLT = Tensión de la Batería [V]	12						
ND = Nivel de Descarga	35%				Tensión de banco	24 V	
T = Numero de días sin generación	4				String mínimo	2 baterías en serie	
Eficiencia del sistema	0,684						
ER = Eficiencia del Regulador	0,95						
EB = Eficiencia de las Baterías	0,80						
EC = Eficiencia del Convertidor	0,90						
FS = Factor de seguridad	1,15						

MES	HPS (sobre plano inclinado)	CE= PM*TL	ES	NP=CE*FS / (PPP*HPS* ES) a 60°	NB	Energía generada por los paneles
ENERO	7,768	7187,0	0,684	2,88	31,69	2869,2
FEBRERO	6,907	7187,0	0,684	3,24	31,69	2551,2
MARZO	5,733	7707,6	0,684	4,19	33,98	2117,5
AERIL	4,666	7707,6	0,684	5,14	33,98	1723,4
MAYO	3,421	7707,6	0,684	7,01	33,98	1263,6
JUNIO	2,906	7707,6	0,684	8,26	33,98	1073,4
JULIO	3,23	7707,6	0,684	7,43	33,98	1193,0
AGOSTO	3,609	7707,6	0,684	6,65	33,98	1333,0
SFPTFMRRF	4,502	7187,0	0,684	4,97	31,69	1662,9
OCTJBRE	5,498	7187,0	0,684	4,07	31,69	2030,7
NOVIEMBRE	6,573	7187,0	0,684	3,40	31,69	2427,8
DICIEMBRE	7,561	7187,0	0,684	2,95	31,69	2800,1

Sistema Eólico

5. CONSUMOS

CANTIDAD	DESCRIPCION	POTENCIA POR DISPOSITIVO [W]	POTENCIA TOTAL [W]	FACTOR DE PICO	PICO DE POT. PEOR CASO [W]	HORAS USO/DIA	ENERGIA [Wh]
5	Lampara de techo	12,0	60,0	1,0	60,0	2,5	150,0
2	veladores	6,0	12,0	1,0	12,0	0,5	6,0
1	TV LED 32"	100,0	100,0	1,0	100,0	2,0	200,0
2	Luminarias exteriores	15,0	30,0	1,0	30,0	4,3	127,5
1	Notebook	150,0	150,0	1,5	225,0	1,5	225,0
1	pava electrica	2000,0	2000,0	1,0	2000,0	0,2	400,0
1	Heladera	150,0	150,0	1,0	150,0	3,6	540,0
1	Bomba de agua chica	373,0	373,0	4,0	1492,0	0,2	56,0
5	celular	5,0	25,0	3,0	75,0	1,0	25,0
			0,0		0,0		0,0
TOTAL			2900,00		4144,00		1729,45

CONSUMO ESTIMADO (C_e)
POTENCIA NOMINAL REQUERIDA S/C.A
POTENCIA MÁXIMA REQ. S/C.A.

6917,00 [Wh/día]
2900,00 [W]
4144,00 [W]

Simultaneidad supuesta 100% (Peor Caso) / valor va a Hoja Costos Aproximados
Simultaneidad supuesta 100% (Peor Caso) / valor va a Hoja Costos Aproximados

Calculo de Baterías - Equipo con Inversor

Proyecto: Complejo de cabañas Naturaleza Andina
Fecha: 16/7/2024 21:23
Revisión: B

Parametros:

Capacidad Nominal Bat.	$Cap_{bat} [Ah]$	240,00
Tension Bateria	$V_{bat} [V]$	12,00
Tension Trabajo CC	$V_{sis} [V]$	24,00 (12,24,48V)
Cantidad Bat. en SM	SM[]	2,00 (String Mínimo)
Rendimiento Regulador	$\eta_R []$	95,00%
Rendimiento Baterias	$\eta_B []$	80,00%
Rendimiento Inversor	$\eta_I []$	90,00% Fte.: Planilla Inversor
Nivel de Descarga	$N_{desc} []$	35,00% (Recom.->30 a 40%)

Variables para Cálculo Diario:

Consumo Estimado/dia	$C_E [Wh]$	6917,80 Wh/dia	Fte.: Planilla Energía
Días sin Viento (de max.)	$T_{sin viento max.}$	3,00	Estimado
Días sin Viento (de min.)	$T_{sin viento min.}$	1,00	Estimado
Tipo de Bateria:		Bateria 240 solar (ver link mas abajo)	

Calculos:

Energía de SM

$$ESM = SM * CAP * V_{bat} * (1 - N_{desc})$$

3744,00 Wh/SM (Corrección de P.Martín 05.07.21)

Consumo Diario Afectado de Rendimientos:

$$Cdt = C_E / (\eta_R \eta_B \eta_I)$$

10113,74 Wh/dia

Consumo Con T días sin viento:

$$CT_M = Cdt * T_{sin viento (max)}$$

30341,23 Wh

$$CT_m = Cdt * T_{sin viento (min)}$$

10113,74 Wh

Cantidad de Baterías (de maxima)

$$NSM = CT_M / ESM$$

8,10 SMs

$$NSM_a = INT(NSM) \quad (\text{entero máximo})$$

9 SMs

$$NB(M) = NSM * SM$$

18 Baterías

Cantidad de Baterías (de minima)

$$NSm = CT_m / ESM$$

2,70 SMs

$$NSM_i = INT(NSm) \quad (\text{entero mínimo})$$

3 SMs

$$NB(m) = NSM_i * SM$$

6 Baterías

ELECCION DE BATERIAS

Precio Unitario final / estimado	\$616.745,00 pesos	(Final con IVA)
CANTIDAD ELEGIDA	18 Baterías	(valor q va a hoja Costos Aproximados)

Calculo de Aerogeneradores

(ER-UNPA / R,Oliva 2021)

Proyecto: Complejo de cabañas Naturaleza Andina

Fecha: 16/7/2024 21:23

Revisión: B

Parametros:

Tension Trabajo CC V_{sis} [V] 24,00

Variables para Cálculo Diario:

Consumo Estimado/día C_E [Wh] 6917,80 Wh/día

Consumo Diario Afectado de Rendimientos:

$C_{dt} = C_E / (\eta_R \eta_B \eta_I)$ 10113,74 Wh/día

Calculos:

Coefficientes para cálculos energía (Eolux)

29,85 -62,77

Modelo base Eolux - 24 o 48V

Potencia Nominal

800 W

Generación Referencia P_n x 24hs

19200 Wh/día

Mes	Vel [m/s] a 18 m	Vel [m/s] a 10 m	Promedio Mensual [kWh]	Promedio Diario [kWh]
Enero	3,75	7,76	168,98	5,45
Febrero	3,50	7,25	153,53	5,48
Marzo	3,37	6,98	145,50	4,69
Abril	3,50	7,25	153,53	5,12
Mayo	3,47	7,18	151,68	4,89
Junio	3,99	8,26	183,81	6,13
Julio	3,91	8,10	178,87	5,77
Agosto	4,10	8,49	190,61	6,15
Setiembre	3,76	7,79	169,60	5,65
Octubre	4,00	8,28	184,43	5,95
Noviembre	4,02	8,32	185,67	6,19
Diciembre	4,05	8,39	187,52	6,05

Para cubrir la demanda Cdt

Mes	Nº Aeros	Entero Mínimo
Enero	1,86	2
Febrero	1,84	2
Marzo	2,15	3
Abril	1,98	2
Mayo	2,07	3
Junio	1,65	2
Julio	1,75	2
Agosto	1,64	2
Setiembre	1,79	2
Octubre	1,70	2
Noviembre	1,63	2
Diciembre	1,67	2

<http://www.giacobone.com/servicios/soluciones-energeticas/energia-eolica/>

ELECCION DE AEROGENERADORES	
Tensión de Trabajo (Definida en Baterías)	24,00 Volts
Distancia Aprox, desde Torre a Tablero	50,00 metros
Costo Unitario Aprox, / 2020 (aprox, usd3000bna)	\$2.742.750,00 pesos
CANTIDAD ELEGIDA	3 Aeros

Calculo de Inversor

(ER-UNPA / R.Oliva 2021)

Proyecto: Complejo de cabañas Naturaleza Andina

Fecha: 16/7/2024 21:31

Revisión: B

Parametros prefijados:

Tension Trabajo CC	$V_{sis} [V]$	24,00 (Planilla Baterías)
Frecuencia de Salida:	$f_{sis} [Hz]$	50,00
Tensión de Salida:	$V_o [V]$	230,00
Tipo:	Monofásico	

Variables de Planilla Energía:

Potencia Nominal Requerida	$P_N [W]$	2900,00 W
Potencia Pico Requerida	$P_{pk} [W]$	4144,00 W
Rendimiento Nom.	$\eta_i []$	90,00% (Aprox. 85-90%)

Para cubrir la demanda de Potencia

Ingresar Datos

Modelo elegido:	Enertik ICB-3K- 24	24
Tensión Nominal:	24,00	(Copiar de tabla)
Potencia Nominal:	3000,00	(Copiar de tabla)
Potencia Pico:	6000,00	(Copiar de tabla)

Cálculos

% de Pot. Nominal Cubierta:	103,45%	(Preferentemente >100%)
% de Pot. Pico Cubierta:	144,79%	(Preferentemente >100%)

ELECCION DE INVERSOR		
Tensión de Trabajo (Definida en Baterías)	24,00	Volts
Modelo Inversor (definido en Ingresar Datos)	Enertik ICB-3K- 24	24
CANTIDAD ELEGIDA	1,00	Inversor/es
Tipo de Cambio (Si es en \$ poner 1)	1,00	(\$/u\$\$)
COSTO (DE TABLA)	\$ 707.758,00	pesos

CALCULO DE COSTOS APROXIMADOS

(ER-UNPA / R.Oliva 2021)

Proyecto: Complejo de cabañas Naturaleza A
Fecha: 25/7/2024 18:44
Revisión: A

Datos Adicionales	Sar / IVAinc
Precio cable Sintenax 3x6mm2	13821,00
Torre 12m reticulado	750000,00
Costos montaje/cables/bases	119184,78
Fletes, Instalacion, admin.	95347,83

Resumen de Datos del Proyecto y Selecciones:

Energía Diaria Demandada	6917,80	Wh	Planilla Energía
Tensión de Trabajo Sistema CC:	24,00	Volts	Planilla Baterías
Nº de Baterías Requerido:	18	Unidades	Planilla Baterías
Cantidad de Aerogeneradores + Torre + Cableado:	3	Unidades	Planilla Aerogenerado
Distancia en Metros de Aerog. a Tablero:	50	metros	Planilla Aerogenerado
Inversor: Cantidad en Circuitos Separados	1	Unidades	Planilla Inversor
Inversor: Potencia Nominal Requerida	2900,00	W	Planilla Energía
Inversor: Potencia Pico Requerida	4144,00	W	Planilla Energía
Tipo de Inversor	Enertik ICB-3K- 24	-	Planilla Inversor

CANTIDAD	DESCRIPCION	Precio Unitario	Precio Total	IVA 21% incluido	\$ A PAGAR c/IVA incl.
3	AEROGENERADORES EOLUX	2742750,00	8228250,00	0,00	8228250,00
3	TORRES TIPO RETICULADO 12m	750000,00	2250000,00	0,00	2250000,00
3	MONTAJES-CABLES-BASES	119184,78	357554,35	0,00	357554,35
150	MTS totales CABLEADO EXTERIOR SINTENAX	13821,00	2073150,00	0,00	2073150,00
18	Bateria 240 solar	616745,00	11101410,00	0,00	11101410,00
1	Enertik ICB-3K- 24	707758,00	707758,00	0,00	707758,00
1	FLETES, INSTALACION Y GASTOS ADMIN.	95347,83	95347,83	0,00	95347,83
TOTAL CON IMPUESTOS					24813470,17