



PROVINCIA DE RIO NEGRO

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO DE DEMANDA Y PROYECTO  
DE MICRO-RED HIBRIDA DE  
ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO PARA  
EL PARAJE PILQUINIYEU DEL LIMAY

INFORME FINAL

JUNIO 2019

## 1 ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DEL PARAJE PILQUINIYEU DEL LIMAY .....</b>	<b>8</b>
5.1	Generalidades .....	8
5.2	Población.....	9
5.3	Servicios Públicos .....	10
5.3.1	Agua .....	10
5.3.2	Calefacción.....	10
5.3.3	Electricidad .....	10
5.3.4	Alumbrado público.....	15
<b>6</b>	<b>ESTUDIO DE LA DEMANDA DEL PARAJE PILQUINIYEU DEL LIMAY</b>	<b>16</b>
6.1	Medición de la demanda actual .....	16
6.2	Proyección de la demanda .....	17
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISPONIBLES .....</b>	<b>20</b>
7.1	Recurso Solar.....	20
7.2	Recurso Eólico .....	21
7.2.1	Estimación del recurso eólico.....	21
7.3	Distancia a redes eléctricas vinculadas al SADI.....	23
7.4	Combustible.....	23
<b>8</b>	<b>DISEÑO DEL CENTRO DE GENERACIÓN HÍBRIDA.....</b>	<b>23</b>
8.1	Aspectos generales de las micro-redes híbridas .....	23
8.1.1	Sistemas de generación híbridos .....	23
8.1.2	Electrificación rural aislada con micro-redes híbridas.....	24
8.2	Consideraciones económicas.....	25
8.3	Generación solar .....	25
8.4	Generación eólica.....	26
8.5	Grupo electrógeno.....	26
8.6	Banco de baterías .....	26
8.7	Inversor y gestor de micro-red.....	26
8.8	Esquema de interconexión .....	27
8.9	Estrategias de despacho de energía .....	28
8.9.1	Estrategia de seguimiento de carga.....	28

8.9.2	Estrategia de ciclo de carga .....	29
8.10	Resultados de la simulación de opción optima	30
8.10.1	Generación fotovoltaica existente .....	31
8.10.2	Generación fotovoltaica nueva .....	32
8.10.3	Generación eólica existente .....	33
8.10.4	Generación eólica nueva .....	34
8.10.5	Generación convencional .....	35
8.10.6	Inversor .....	36
8.10.7	Baterías .....	37
8.10.8	Obra civil .....	38
8.10.9	Sitio de implantación .....	39
8.10.10	Resumen de costos .....	41
8.10.11	Comparativa con el caso base .....	43
<b>9</b>	<b>EXTENSIÓN DE LA RED EXISTENTE .....</b>	<b>45</b>

## 2 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Registro de potencia activa y aparente promediada cada 1 hora. ....	16
Tabla 2 - Modelo de demanda mensual para comunidades rurales HOMER con base mayo.....	18
Tabla 3 - Demanda proyectada por hora en cada mes del año [kW] .....	18
Tabla 4 – Radiación solar diaria e índice de claridad por mes. ....	20
Tabla 5 - Velocidad media del viento por mes en m/s.....	21
Tabla 6 - Características electricas y estadísticas de operación de la planta fotovoltaica .....	31
Tabla 7 - Características electricas y estadísticas de operación de la planta fotovoltaica .....	32
Tabla 8 - Características electricas y estadísticas de operación de la planta de energía eólica.....	33
Tabla 9 - Características electricas y estadísticas de operación de la planta de energía eólica.....	34
Tabla 10 - Características y estadísticas de operación del generador GLP .....	35
Tabla 11 - Características y estadísticas de operación del inversor.....	36
Tabla 12 - Características y estadísticas de operación del banco de baterías. 37	
Tabla 13 - Costo actual neto .....	41
Tabla 14 - Costo anualizado.....	41
Tabla 15- Resultados económicos en comparación con caso base.....	44

### 3 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Imagen satelital del paraje Laguna Blanca. Fuente: Google.....	8
Figura 2 – Comisión de fomento de Pilquiniyeu del Limay .....	9
Figura 3 - Evolución de la población. Fuente: INDEC y comisión de fomento ...	9
Figura 4 - Instalaciones para la provisión de agua .....	10
Figura 5 – Sala de Generadores .....	11
Figura 6 - Generador 63 kVA .....	11
Figura 7 - Generador 32 kW .....	12
Figura 8 – Almacenamiento de gas.....	12
Figura 9 - Paneles solares .....	13
Figura 10 - Aerogeneradores .....	13
Figura 11 – Inversor .....	14
Figura 12 - Red de distribución .....	14
Figura 13 – Acometida a generadores. ....	15
Figura 14 - Acometida a usuario final.....	15
Figura 15 - Demanda proyectada por hora (mínima, promedio y máxima) .....	19
Figura 16 - Recurso Solar. Fuente: NASA Surface meteorology and solar energy database.....	21
Figura 17 - Velocidad media del viento en función del mes del año.....	22
Figura 18 - Ejemplo de micro-red hibrida .....	25
Figura 19 - Esquema de interconexión propuesto.....	28
Figura 20 - Generación solar de la planta existente por día del año y hora [kW] .....	31
Figura 21 - Generación solar de la planta nueva por día del año y hora [kW]..	32
Figura 22 - Generación eólica en función del día del año y la hora [kW] .....	33
Figura 23 - Generación eólica en función del día del año y la hora [kW] .....	34
Figura 24 - Generación convencional en función del día del año y la hora [kW] .....	35
Figura 25 - Potencia en el inversor en función del día del año y la hora [kW]..	36
Figura 26 - Potencia en el rectificador en función del día del año y la hora [kW] .....	36
Figura 27 - Estado de carga del banco de baterías según día del año y horario [%] .....	37
Figura 28 - Sitio de implantación .....	40
Figura 29 - Resumen de costos .....	42
Figura 30 - Flujo de caja nominal por tipo de costo.....	42
Figura 31 - Flujo de caja nominal por equipo asociado .....	43
Figura 32 - Flujos de caja nominales acumulados .....	44
Figura 33 - Flujos de caja descontados acumulados .....	44



## 4 RESUMEN

El consejo Federal de Inversiones de la República Argentina, a solicitud de la Secretaría de Energía de la Provincia de Rio Negro, encomienda a INVAP Ingeniería según contrato de obra Exp N° 16947-05-01, diseñar una micro-red híbrida de fuentes energéticas: solar, eólica e hidrocarburo, que satisfaga la demanda energética del Paraje Pilquiniyeu del Limay.

Pilquiniyeu del Limay es un paraje rural de la provincia de Rio Negro, Aislado del Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

Actualmente existe un suministro de energía eléctrica provisto desde dos grupos electrógenos a GLP que operan en modo intermitente durante solo 16 hs diarias.

Debido al alto costo de operación y mantenimiento y la escasa calidad del servicio eléctrico vigente, se busca una alternativa que permita optimizar las horas de operación del grupo térmico incorporando fuentes de generación de base renovable, observando fundamentalmente:

- Que la operación de la usina sea continua (24 h/día).
- Que el valor actual neto del sistema sea el óptimo de las alternativas de combinación dimensional que se simulen, con un periodo de recupero simple de, a lo sumo, la tercera parte de la vida útil de los equipos en la comparación del uso del grupo generador térmico exclusivamente. Esto permite poner en valor económico el alto costo de la inversión inicial.

Se propone como alternativa generar una micro-red de generación híbrida solar-eólica-térmica, respaldada en baterías y gestionada por inversores bidireccionales que garanticen la calidad de energía en cuanto a estabilidad de tensión y frecuencia.

Para garantizar la factibilidad y diseñar el sistema propuesto, se realiza un relevamiento de campo que permite efectuar un diagnóstico de la situación actual la que se toma como base a efectos de proyectar la demanda. Los resultados de esta proyección arrojan un promedio anual de 337 KWh/día con un pico de potencia demandado de 29,53 kW.

Finalmente, se presenta una configuración optimizada de generación, combinando paneles solares fotovoltaicos y un grupo electrógeno con motorización a combustión interna de Gas Licuado de Petróleo (GLP), respaldado en un banco de baterías de plomo acido, gestionado por un inversor bidireccional.

La optimización de por resultado un sistema trifásico de corriente alterna (CA) alimentado por un generador a GLP de 60 kVA existente, y un inversor bidireccional de 18,8 kW de potencia nominal. En la barra de corriente continua

(CC) se conectan una generación fotovoltaica de 91,82 kW nominales (7,32 existentes y 84.5 nuevos), 26,7 kW eólicos (12,1 existentes y 14,6 nuevos) y un banco de baterías de plomo ácido compuesto por 13 cadenas, cada una con 8 baterías de 6 V, con una capacidad total de 6136 Ah en 48 Vcc.

El análisis del caso óptimo es comparado contra el caso base representado por el grupo existente, con motorización a combustión interna de GLP operando de continuo.

Los resultados para el caso óptimo, con una inversión inicial de u\$d 418.550, son:

- Consumo de GLP de 11.777 kg/año.
- Operación del grupo de 1282 h/año.

Mientras que para el caso base se tiene:

- Consumo de GLP de 64.981 kg/año.
- Operación del grupo de 8.760 h/año.

Esto garantiza un periodo de recupero de 6,5 años en la curva de flujos de caja nominales acumulados, y de 8,5 años en la curva de flujos descontados acumulados, que tienen en cuenta el capital inicial, la operación y el mantenimiento y las reposiciones de equipos en un proyecto a 20 años.

Al realizar la comparación con la extensión de la red, y considerando la situación de los parajes Cañadón Chileno y Laguna Blanca, se observa que esta podría ser sería una alternativa superadora, al representar inversión inicial similar a la requerida para las tres microredes híbridas, y poseer menores costos de operación y mantenimiento. Sin embargo, esta alternativa debe ser validada con la empresa distribuidora.



## 5 SITUACIÓN ACTUAL DEL PARAJE PILQUINIYEU DEL LIMAY

### 5.1 Generalidades

Entre los días 22 y 24 de abril de 2019 se visitó la localidad de Pilquiniyeu del Limay, un paraje rural ubicado en el departamento Pilcaniyeu, de la provincia de Río Negro, ubicado en las coordenadas 40° 30' 51,57" S, 70° 01' 32,40" O.

Se accedió a la misma, desde la localidad de Comallo, a través del camino de tierra que compone la ruta provincial N° 67, desviando en Laguna Blanca.

El casco urbano del paraje tiene un desarrollo de 700 m en la dirección NE-SO y 200 m en la dirección NO-SE.



Figura 1 - Imagen satelital del paraje Laguna Blanca. Fuente: Google.

El paraje cuenta con 35 hogares y 5 edificios públicos, incluyendo la escuela N°120, una sala de primeros auxilios, y una comisión de fomento.

Durante la visita se realizaron distintas entrevistas con pobladores y referentes sociales de la comunidad. De esas charlas se concluye que la mayoría de los habitantes son de escasos recursos económicos, siendo su principal actividad la ganadería ovina.

En cuanto al régimen habitacional, las viviendas están construidas en forma precaria, mayoritariamente poseen muros de ladrillos y techos de chapa.



Figura 2 – Comisión de fomento de Pilquiniyeu del Limay

## 5.2 Población

De acuerdo al Censo 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), la población en el paraje en ese momento era de 104 habitantes. En la actualidad, de acuerdo con el relevamiento realizado por la comisión de fomento, en el paraje residen 70 personas.

El gráfico de la figura 3, presenta la evolución de la población en los últimos 2 censos, y el número actual de habitantes según el relevamiento presentado por la comisión de fomento.

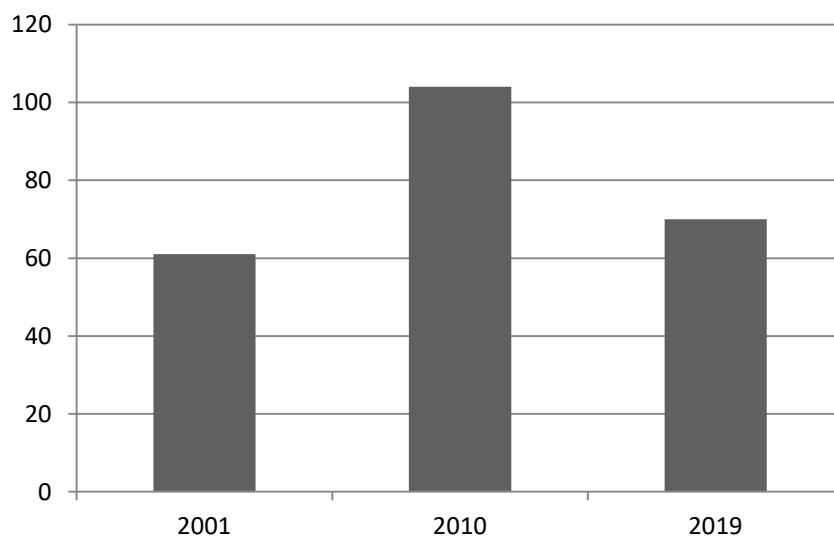


Figura 3 - Evolución de la población. Fuente: INDEC y comisión de fomento

### **5.3 Servicios Públicos**

#### **5.3.1 Agua**

Las instalaciones que se observan en la fotografía de la figura 4 se utilizan para el abastecimiento de agua del paraje.



Figura 4 - Instalaciones para la provisión de agua

El abastecimiento de agua para consumo, higiene y riego se obtiene mediante una bomba sumergible trifásica de 5,5 kW que alimenta tres tanques cisterna.

Se encuentra prevista una ampliación de la potencia de la bomba en un plazo de entre dos y tres años.

#### **5.3.2 Calefacción**

Las viviendas del paraje se calefaccionan mediante el uso de leña, garrafas y estufas eléctricas.

De instalarse la micro red híbrida, sería importante que todas las viviendas cuenten con una fuente de gas para evitar el uso de estufas eléctricas, las cuales son incompatibles con las micro-redes.

#### **5.3.3 Electricidad**

##### **5.3.3.1 Generación**

##### **5.3.3.1.1 Sistema actual de generación**

El paraje Pilquiniyeu del Limay no posee conexión eléctrica con el SADI. El suministro eléctrico del mismo es generado por un conjunto de dos grupos electrógenos trifásicos a GLP, uno marca CETEC de 32 kW, y el otro de 60 kVA.



El sistema de generación, por economía de combustible, opera solamente durante 16 hs por día. Durante 10 hs se utiliza el grupo de 60 kVA, y las 6 horas restantes se utiliza el grupo de 32 kW.



Figura 5 – Sala de Generadores

En la fotografía de la figura 5 se observa la sala de generadores. La fotografía de la figura 6 corresponde al generador de 63 kVA, la de la figura 7 al de 32 kW.



Figura 6 - Generador 63 kVA



Figura 7 - Generador 32 kW



Figura 8 – Almacenamiento de gas.

En la fotografía de la figura 8 se observan los tanques de almacenamiento de gas para los generadores. El consumo promedio informado por la comisión de fomento es de cuatro tanques de 7150 l cada 3,5 meses.

#### 5.3.3.1.2 Sistema de generación fuera de servicio

Adicionalmente al sistema descrito en el punto 5.3.3.1.1, existe un sistema de generación híbrido, solar-eólico, para suministro de energía eléctrica.



Figura 9 - Paneles solares

El mismo se encuentra fuera de servicio por presentar severos daños en su sistema de almacenamiento.



Figura 10 - Aerogeneradores

El sistema cuenta con dos conjuntos de paneles solares, uno marca Total Energie de 36 paneles de 60 Wp cada uno, y otro marca Solartec de 64 paneles de 65 Wp cada uno, que se observan en la figura 9, con dos reguladores de carga solar marca Morningstar MPPT de 60 A. Cinco aerogeneradores de 2 kW marca: Giafa que se observan en la figura 10, e inversores marca Qmax de 3x8kW, que se observan en la figura 11. El sistema contaba además con un banco de 24 baterías de 2 V - 3000 Ah, pero estas fueron retiradas.





Figura 11 – Inversor

El banco de baterías, para tener una vida útil medianamente prolongada, debería estar montado en un ambiente climatizado y contar con mantenimiento periódico.

#### 5.3.3.2 Distribución

El sistema de distribución del paraje fue renovado recientemente. El mismo está compuesto por postes de madera y conductores preensamblados, como puede observarse en la figura 12.



Figura 12 - Red de distribución

La acometida al predio de generadores posee dos seccionadores-fusibles, como se puede observar en la figura 13.



Figura 13 – Acometida a generadores.

La acometidas a un usuarios finales están conformadas por pilares premoldeados de hormigón. Y están equipadas con interruptor termomagnético y diferencial. En la figura 14 se observa la acometida a una vivienda del paraje.



Figura 14 - Acometida a usuario final

#### **5.3.4 Alumbrado público**

El paraje cuenta con un servicio de alumbrado público. El mismo fue renovado recientemente, remplazando sus luminarias por equipos LED de gran eficiencia. El sistema cuenta con 35 equipos de 120 W cada uno.



## 6 ESTUDIO DE LA DEMANDA DEL PARAJE PILQUINIYEU DEL LIMAY

### 6.1 Medición de la demanda actual

Se realizó una recolección de datos cuantitativos de consumo durante 48 hs mediante un registrador digital trifásico marca: Fluke, modelo: 437 Serie II. Para ello se dio aviso a la comunidad del paraje de que durante el periodo de medición se contaría con energía eléctrica las 24 hs. La medición se realizó en la línea de salida del generador, permitiendo cuantificar la demanda global del sistema.

El registrador se puso en funcionamiento a las 12:55 hs del día 23 de abril de 2019, hasta las 13:02 hs del día 25 de abril, registrando datos cada 10 S. La tabla 1 presenta, a modo de resumen, los valores medios de potencia activa y potencia aparente, en intervalos de 1 hora.

Tabla 1 - Registro de potencia activa y aparente promediada cada 1 hora.

Fecha	Hora	Potencia Activa [W]	Potencia Aparente [VA]
23/04/19	13 a 14	10152	11266
23/04/19	14 a 15	9248	10554
23/04/19	15 a 16	8858	10034
23/04/19	16 a 17	8473	9667
23/04/19	17 a 18	10637	11864
23/04/19	18 a 19	13845	15609
23/04/19	19 a 20	19545	20940
23/04/19	20 a 21	20467	21573
23/04/19	21 a 22	20506	21760
23/04/19	22 a 23	18648	19970
23/04/19	23 a 24	18502	19815
24/04/19	0 a 1	15021	16034
24/04/19	1 a 2	9521	10343
24/04/19	2 a 3	9337	10172
24/04/19	3 a 4	9197	10006
24/04/19	4 a 5	8635	9452
24/04/19	5 a 6	8544	9208
24/04/19	6 a 7	8674	9257
24/04/19	7 a 8	8759	9449
24/04/19	8 a 9	7649	8558
24/04/19	9 a 10	9769	11237
24/04/19	10 a 11	10839	12459

Fecha	Hora	Potencia Activa [W]	Potencia Aparente [VA]
24/04/19	11 a 12	12645	14389
24/04/19	12 a 13	12803	14508
24/04/19	13 a 14	14815	16440
24/04/19	14 a 15	12973	14789
24/04/19	15 a 16	15052	17040
24/04/19	16 a 17	14337	16327
24/04/19	17 a 18	14915	16660
24/04/19	18 a 19	11653	13114
24/04/19	19 a 20	17422	18664
24/04/19	20 a 21	19288	20358
24/04/19	21 a 22	19448	20648
24/04/19	22 a 23	20260	21698
24/04/19	23 a 24	18793	20148
25/04/19	0 a 1	15673	16718
25/04/19	1 a 2	11610	12607
25/04/19	2 a 3	9950	10854
25/04/19	3 a 4	9402	10231
25/04/19	4 a 5	9349	10240
25/04/19	5 a 6	9151	9876
25/04/19	6 a 7	8690	9292
25/04/19	7 a 8	9287	10034
25/04/19	8 a 9	9765	10878
25/04/19	9 a 10	9757	11239
25/04/19	10 a 11	11951	13711
25/04/19	11 a 12	13907	15814
25/04/19	12 a 13	14718	16631

## 6.2 Proyección de la demanda

Para la proyección de la demanda no se tuvo en cuenta un incremento de la misma por crecimiento de la población, ya que la misma muestra una tendencia decreciente desde el último censo hasta el presente

La variación estacional de la demanda, será estimada siguiendo el modelo propuesto por HOMER Pro para comunidades rurales. Este, tomando como mes de base mayo, presenta para las demandadas de cada mes las proporciones detalladas en la tabla 2.

Tabla 2 - Modelo de demanda mensual para comunidades rurales HOMER con base mayo.

Mes	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Factor	0,722	0,752	0,813	0,903	1	1,061	1,091	1,061	1	0,903	0,813	0,752

Durante los 20 años de vida útil del proyecto se contempla un potencial incremento de la misma de un 10%.

Por tales motivos consideraremos la demanda por hora en cada mes del año que se detalla en la tabla 3. En la figura 15 se grafican los valores mínimo, medio y máximo, proyectados para cada hora del día.

Tabla 3 - Demanda proyectada por hora en cada mes del año [kW]

Hora\Me s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00 a 01	13,4 1	13,9 7	15,1 0	16,7 7	18,5 7	19,7 0	20,2 6	19,7 0	18,5 7	16,7 7	15,1 0	13,9 7
01 a 02	9,23	9,61	10,3 9	11,5 5	12,7 9	13,5 7	13,9 5	13,5 7	12,7 9	11,5 5	10,3 9	9,61
02 a 03	8,43	8,78	9,49	10,5 4	11,6 7	12,3 8	12,7 3	12,3 8	11,6 7	10,5 4	9,49	8,78
03 a 04	8,13	8,46	9,15	10,1 6	11,2 5	11,9 4	12,2 8	11,9 4	11,2 5	10,1 6	9,15	8,46
04 a 05	7,86	8,18	8,85	9,83	10,8 8	11,5 5	11,8 7	11,5 5	10,8 8	9,83	8,85	8,18
05 a 06	7,73	8,05	8,70	9,67	10,7 1	11,3 6	11,6 8	11,3 6	10,7 1	9,67	8,70	8,05
06 a 07	7,59	7,90	8,54	9,49	10,5 1	11,1 5	11,4 6	11,1 5	10,5 1	9,49	8,54	7,90
07 a 08	7,88	8,21	8,88	9,86	10,9 2	11,5 8	11,9 1	11,5 8	10,9 2	9,86	8,88	8,21
08 a 09	7,61	7,92	8,57	9,51	10,5 4	11,1 8	11,5 0	11,1 8	10,5 4	9,51	8,57	7,92
09 a 10	8,53	8,88	9,61	10,6 7	11,8 1	12,5 3	12,8 9	12,5 3	11,8 1	10,6 7	9,61	8,88
10 a 11	9,96	10,3 7	11,2 1	12,4 5	13,7 9	14,6 3	15,0 4	14,6 3	13,7 9	12,4 5	11,2 1	10,3 7
11 a 12	11,6 0	12,0 8	13,0 6	14,5 1	16,0 6	17,0 4	17,5 3	17,0 4	16,0 6	14,5 1	13,0 6	12,0 8
12 a 13	12,0 2	12,5 2	13,5 4	15,0 4	16,6 5	17,6 7	18,1 7	17,6 7	16,6 5	15,0 4	13,5 4	12,5 2
13 a 14	10,9 1	11,3 6	12,2 8	13,6 4	15,1 1	16,0 3	16,4 8	16,0 3	15,1 1	13,6 4	12,2 8	11,3 6
14 a 15	9,71	10,1 1	10,9 3	12,1 4	13,4 4	14,2 6	14,6 7	14,2 6	13,4 4	12,1 4	10,9 3	10,1 1
15 a 16	10,4 5	10,8 8	11,7 6	13,0 6	14,4 7	15,3 5	15,7 8	15,3 5	14,4 7	13,0 6	11,7 6	10,8 8
16 a 17	9,96	10,3 8	11,2 2	12,4 6	13,8 0	14,6 4	15,0 6	14,6 4	13,8 0	12,4 6	11,2 2	10,3 8
17 a 18	11,1 6	11,6 3	12,5 7	13,9 6	15,4 6	16,4 0	16,8 7	16,4 0	15,4 6	13,9 6	12,5 7	11,6 3
18 a 19	11,1 4	11,6 0	12,5 4	13,9 3	15,4 3	16,3 7	16,8 3	16,3 7	15,4 3	13,9 3	12,5 4	11,6 0
19 a 20	16,1 5	16,8 2	18,1 8	20,2 0	22,3 7	23,7 3	24,4 0	23,7 3	22,3 7	20,2 0	18,1 8	16,8 2

20 a 21	17,3 7	18,0 9	19,5 6	21,7 2	24,0 5	25,5 2	26,2 4	25,5 2	24,0 5	21,7 2	19,5 6	18,0 9
21 a 22	17,4 5	18,1 8	19,6 5	21,8 3	24,1 7	25,6 5	26,3 7	25,6 5	24,1 7	21,8 3	19,6 5	18,1 8
22 a 23	17,0 0	17,7 0	19,1 4	21,2 6	23,5 4	24,9 8	25,6 8	24,9 8	23,5 4	21,2 6	19,1 4	17,7 0
23 a 00	16,2 9	16,9 7	18,3 5	20,3 8	22,5 6	23,9 4	24,6 2	23,9 4	22,5 6	20,3 8	18,3 5	16,9 7

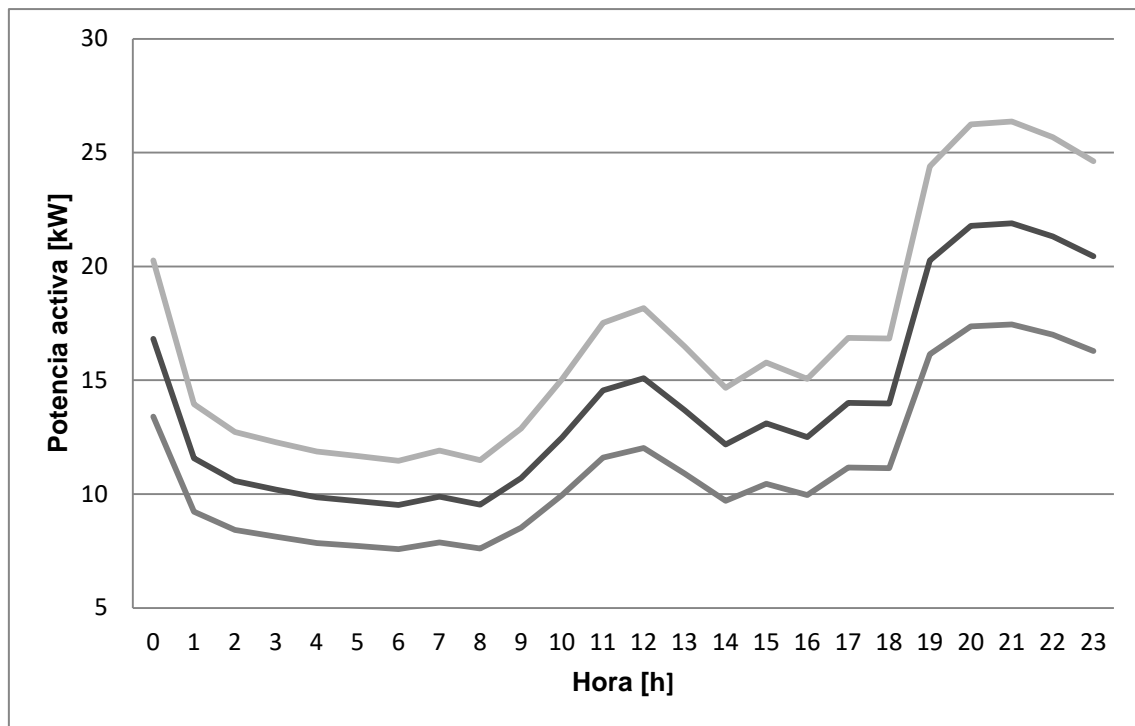


Figura 15 - Demanda proyectada por hora (mínima, promedio y máxima)

## 7 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISPONIBLES

### 7.1 Recurso Solar

La National Aeronautics and Space Agency (NASA) de Estados Unidos posee una base de datos que recopila, entre otros, los valores globales de radiación solar horizontal en el periodo julio 1983 – junio 2005. De acuerdo con la misma, el recurso solar disponible en el paraje Pilquiniyeu del Limay es el detallado en la tabla 4. El mismo se grafica en la figura 16.

Tabla 4 – Radiación solar diaria e índice de claridad por mes.

Mes	Índice de claridad	Radiación diaria [kWh/m <sup>2</sup> /día]
Enero	0,637	7,63
Febrero	0,634	6,71
Marzo	0,557	4,71
Abril	0,519	3,17
Mayo	0,467	2,01
Junio	0,405	1,42
Julio	0,446	1,72
Agosto	0,465	2,47
Septiembre	0,494	3,71
Octubre	0,546	5,36
Noviembre	0,582	6,74
Diciembre	0,597	7,37

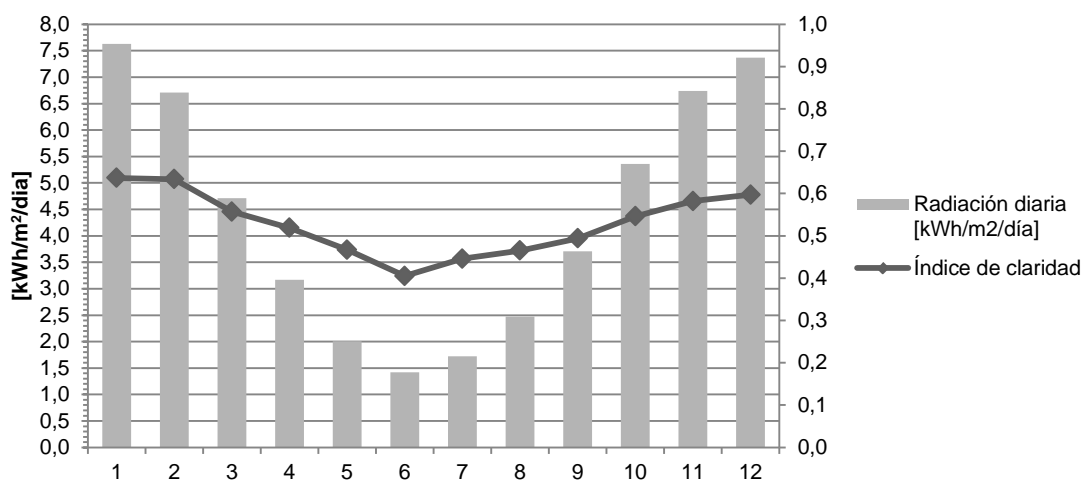


Figura 16 - Recurso Solar. Fuente: NASA Surface meteorology and solar energy database

## 7.2 Recurso Eólico

### 7.2.1 *Estimación del recurso eólico*

Las velocidades medias de los vientos, de acuerdo a la base de datos de la NASA se detallan en la tabla 5 para cada mes del año. Los datos de la tabla se presentan en el gráfico de la figura 17. Los valores presentados consideran una altura de anemómetro de 50 m.

Tabla 5 - Velocidad media del viento por mes en m/s

Mes	Velocidad Media [m/s]
Enero	5,99
Febrero	5,68
Marzo	5,62
Abril	5,70
Mayo	6,07
Junio	5,91
Julio	5,89
Agosto	5,73
Septiembre	5,68
Octubre	5,86
Noviembre	5,73
Diciembre	6,19

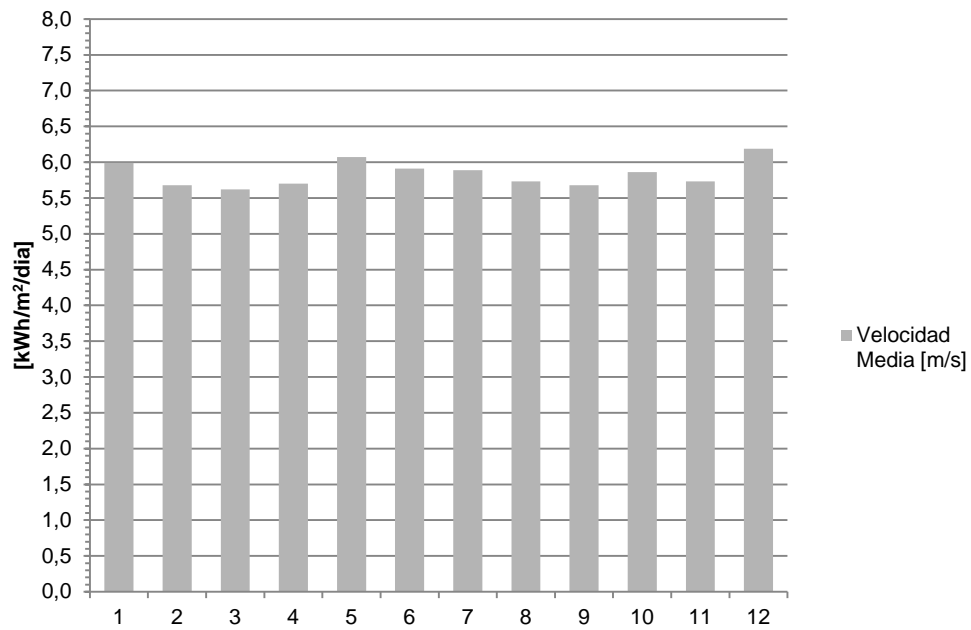


Figura 17 - Velocidad media del viento en función del mes del año

### **7.3 Distancia a redes eléctricas vinculadas al SADI**

Durante el relevamiento se observó que la distancia aproximada del paraje Pilquiniyeu del Limay a la línea de media tensión más cercana es de aproximadamente 79 km. La línea corre en forma paralela a la RP 67, desde la localidad de Comallo.

Se observa que la extensión de esta línea podría servir para brindar servicio no solo al paraje Pilquiniyeu del Limay, sino también a otros parajes como por ejemplo Laguna Blanca y Cañadón Chileno.

### **7.4 Combustible**

Dado que la provincia de Rio Negro posee un contrato con YPF Gas para la provisión de GLP, este será el recurso energético a considerar a la hora de alimentar la generación eléctrica convencional.

## **8 DISEÑO DEL CENTRO DE GENERACIÓN HÍBRIDA**

### **8.1 Aspectos generales de las micro-redes híbridas**

#### **8.1.1 *Sistemas de generación híbridos***

Las instalaciones híbridas constituyen un sistema de generación que permite optimizar en gran medida la producción de electricidad a partir de energías renovables, como la fotovoltaica y la eólica, combinándolas con las no renovables como el uso de grupos electrógenos diesel. La tecnología actual permite el respaldo en sistemas de almacenaje (baterías), de acondicionamiento de la potencia (inversores, rectificadores, reguladores de carga) y de regulación y control mediante inversores bidireccionales que interactúan en el sistema como gestores de energía.

El objetivo de combinar las fuentes de generación es minimizar a la vez los costes y las emisiones contaminantes que genera la producción de energía en sistemas convencionales aislados de la red eléctrica, además de reducir la energía no suministrada (demandada por los usuarios pero que no puede ser abastecida).

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenamiento proporcionan hasta el 80-90% de las necesidades energéticas, dejando al diesel solo una función auxiliar.

La configuración típica de un sistema híbrido es la siguiente:

- Una o más unidades de generación de fuentes renovables.
- Una o más unidades de generación convencional.



- Sistema de almacenamiento.
- Sistemas de acondicionamiento de la potencia.
- Sistema de regulación y control.

### **8.1.2 Electrificación rural aislada con micro-redes híbridas**

Normalmente ante los altos costos de operación y mantenimiento de las usinas eléctricas basadas en motores de combustión interna, la mayoría de los procesos de electrificación rural siguen el modelo de extensión de red, sin embargo esta solución muchas veces no resulta económicamente viable, ya sea por distancias o por la imposibilidad técnica de ofrecer un servicio confiable.

La tecnología renovable basada en sistemas aislados o micro-redes representa una importante revolución tecnológica para aquellas zonas rurales sin acceso a la red eléctrica.

Así pues, la electrificación rural sin conexión a red es un campo extenso y difuso, en el que conviven diferentes tecnologías, recursos energéticos, aplicaciones y condiciones locales. En muchos casos se dan circunstancias que pueden dar una idea de las dificultades que aparecen al trabajar en este entorno: población dispersa, baja demanda eléctrica, ingresos económicos medios bajos y comunicaciones deficientes.

Estos sistemas, que benefician principalmente a los consumidores y al medio ambiente, favorecen la independencia de la red eléctrica y aprovechan de forma más eficaz las energías renovables y los sistemas de almacenamiento.

En resumen, la operación de las unidades de generación eléctrica, almacenamiento y carga como micro-red busca alcanzar los siguientes objetivos:

- Mejorar la eficiencia energética, esto se logra gracias a una planificación y operación adecuada de las unidades de generación y almacenamiento.
- Reducción de emisión de gases de efecto invernadero.
- Incremento del uso de las energías renovables y recursos locales.
- Reducción de los costes de energía.
- Mejora de la Calidad de Suministro.
- Minimización de pérdidas eléctricas, dado que las unidades de generación dispersas operan cerca de las cargas.

La figura 18 presenta un ejemplo de micro-red híbrida aislada.

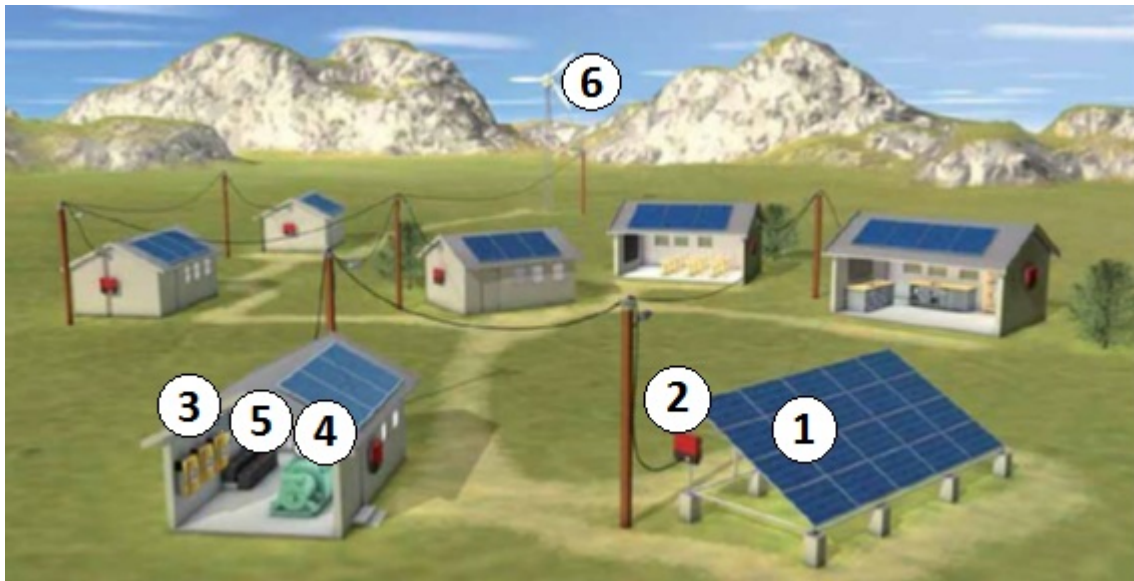


Figura 18 - Ejemplo de micro-red híbrida

- |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| 1. Módulos solares fotovoltaicos | 2. Inversor solar   |
| 3. Equipamiento de control       | 4. Generador diesel |
| 5. Baterías                      | 6. Generador eólico |

## 8.2 Consideraciones económicas

El análisis del proyecto fue realizado en dólares estadounidenses.  
Se consideró una inflación anual del 2 % y una tasa del 8 % en dólares.  
Todos los precios están nacionalizados y no incluyen IVA.  
Se consideró una vida útil para el proyecto de 20 años.

## 8.3 Generación solar

El diseño considera el aprovechamiento del recurso solar detallado en el punto 7.1, mediante la utilización de los equipos detallados en el punto 5.3.3.1.2 y la de una nueva planta fotovoltaica de paneles solares multicristalinos, ubicados a nivel de suelo. Cada uno de los paneles adicionales utilizados en la simulación posee las características que se detallan a continuación:

- Potencia Nominal ( $P_{max}$ ): 330 W
- Tensión a circuito abierto ( $V_{OC}$ ): 42,4 Vcc
- Dimensiones aproximadas (largo x ancho): 2 m x 1 m
- Vida útil: 80% de potencia a 25 años.

#### **8.4 Generación eólica**

El diseño considera el aprovechamiento del recurso eólico detallado en el punto 7.2, mediante la utilización del equipamiento detallado en el punto 5.3.3.1.2 y la instalación de un nuevo conjunto de generadores eólicos de las siguientes características:

- Potencia Nominal: 2,4 kW
- Velocidad de viento nominal: 12,5 m/s
- Tipo de hélice: tripala
- Tensión de salida: 48 Vcc.

#### **8.5 Grupo electrógeno**

El diseño considera la reutilización del grupo electrógeno trifásico existente, detallado en el punto 5.3.3.1.1. Se buscará mediante el sistema de control, cargando baterías, que el equipo no trabaje en ningún caso por debajo del 30 % de su potencia nominal.

Los grupos existentes son capaces de suministrar el 100 % de la demanda proyectada de ser requerido, y están en aparente buen estado de funcionamiento. Por tal motivo se considera la reutilización de estos componentes, considerando el agregado del equipamiento necesario para que operen en forma automática.

#### **8.6 Banco de baterías**

El diseño contempla la utilización de baterías abiertas de plomo-acido de ciclo profundo, para aplicación solar-industrial, conformando un banco de 48 Vcc.

Este tipo de baterías tiene una expectativa de vida del orden de los 15 años, si son utilizadas con un ciclado adecuado, y se lleva a cabo un correcto mantenimiento de las mismas.

El modelo de referencia utilizado en el diseño es la Trojan SIND .06 1225.

#### **8.7 Inversor y gestor de micro-red**

Existen en el mercado distintas marcas de equipos que controlan y administran el uso de la energía en sistemas de micro redes. En este trabajo se realizan las simulaciones con equipos de las siguientes características:

- Tensión nominal del bus DC: 48 V
- Tensión nominal del bus AC: 230/400 V

- Tipo de inversor: bidireccional para aceptar generación distribuida
- Rendimiento inversor y cargador: hasta 95%

Sólo serán utilizados en el proyecto modelos de inversores tipo string inverters por el tamaño de proyecto, modularidad y facilidad de mantenimiento. En cuanto a la cantidad de entradas MPPT se requieren al menos 2 entradas por contar el sistema con 2 conjuntos diferentes de paneles.

A los propósitos de control, el modelo de inversor elegido tendrá que controlar su potencia de salida por lectura de frecuencia de red (FSPC - freq shift power control) ya que esta es la forma más simple de evitar sobrecarga de baterías en un sistema aislado.

Por estos motivos no se consideró la utilización del inversor descrito en el punto 5.3.3.1.2.

## **8.8 Esquema de interconexión**

Se propone un sistema combinado de energía solar, eólica y GLP respaldado en un banco de baterías. El esquema contempla 2 barras principales, una de corriente alterna (CA) y una de corriente continua (CC), vinculadas entre sí mediante un inversor bidireccional.

El generador GLP y la salida de carga se vinculan a la barra de CA, mientras que la generación solar, la generación eólica y el banco de baterías son vinculados en la barra de CC. Esto se detalla en la figura 19.

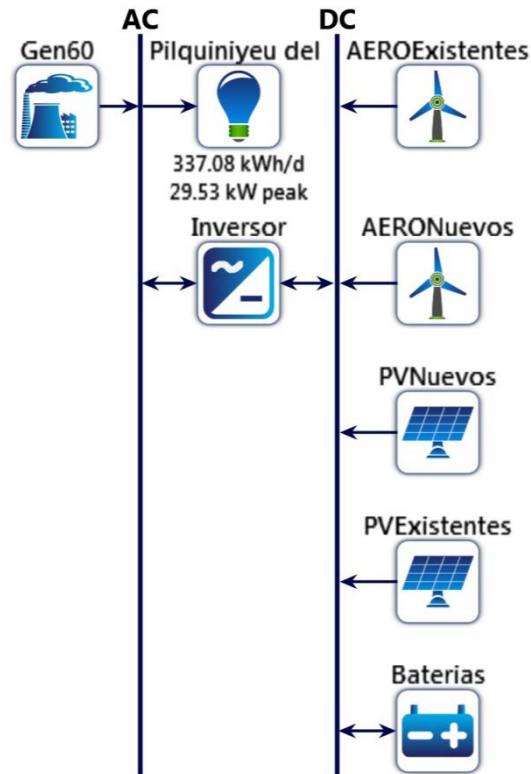


Figura 19 - Esquema de interconexión propuesto

## 8.9 Estrategias de despacho de energía

Una estrategia de despacho de energía es un conjunto de reglas que rigen el funcionamiento del generador y del banco de baterías. La estrategia de despacho de energía considerada en este trabajo es una combinación de las estrategias ciclo de carga y seguimiento de carga que se detallan en los puntos 8.9.1 y 8.9.2. El software calcula con ambas estrategias y aplica la más conveniente para cada periodo de tiempo.

### 8.9.1 Estrategia de seguimiento de carga

En la estrategia de seguimiento de carga el generador produce sólo suficiente energía para satisfacer la demanda en el momento que éste sea necesario. El seguimiento de carga suele ser óptimo en sistemas con mucha potencia renovable, cuando la salida de energía renovable a veces es superior a la carga.

La estrategia de seguimiento de carga, es una estrategia de despacho de energía en la que cada vez que el generador opera, produce solamente la potencia suficiente para abastecer la carga primaria conectada. Los objetivos

de menor prioridad, como cargar el banco de baterías o se dejan para las fuentes de energías renovables.

Bajo la estrategia de seguimiento de carga, el gestor de energía despacha las fuentes de potencia controlables del sistema (generador y banco de baterías), de manera de alimentar la carga primaria al menor costo total en cada intervalo de simulación, cumpliendo con el requerimiento de reserva operativa. El costo total incluye los costos de combustible, de operación y mantenimiento, y de reemplazo.

Para lograr esto, en la simulación HOMER calcula el costo fijo y el marginal de cada fuente de potencia despachable:

- El costo fijo de un generador, es igual a su costo horario de operación y de mantenimiento más el costo horario de reemplazo, más el costo de su consumo de combustible sin carga. Su costo marginal es igual a la pendiente de su curva de consumo de combustible multiplicada por el precio del combustible.
- El costo fijo del banco de batería es igual a cero y su costo marginal es igual al costo de desgaste de la batería.

Una vez que caracteriza cada una de las fuentes despachables de este modo, HOMER busca una combinación de fuentes de generación que satisfaga la carga primaria, la reserva operativa requerida y la carga térmica al mínimo costo

### **8.9.2 Estrategia de ciclo de carga**

La estrategia de ciclo de carga, es una estrategia de despacho de energía por medio de la cual cuando un generador debe operar para abastecer la carga primaria, éste opera a máxima potencia. La producción excedente de electricidad, se dirige a objetivos de menor prioridad como cargar el banco de baterías.

En la simulación, cuando se emplea la estrategia de ciclo de carga, HOMER despacha las fuentes de energía controlables (generador y banco de baterías) en cada intervalo de tiempo de simulación, mediante un proceso de dos pasos. Primero, HOMER selecciona la combinación óptima de fuentes de energía para servir la carga primaria, de acuerdo con la estrategia de seguimiento de carga. Luego, HOMER aumenta la producción de cada generador en esa combinación óptima hasta su capacidad nominal (o lo más cerca posible) sin generar en exceso.

#### **8.10 Resultados de la simulación de opción optima**

La simulación realizada en HOMER da como resultado la siguiente configuración optima:

### 8.10.1 Generación fotovoltaica existente

La tabla 6 detalla las estadísticas de operación, previstas para la planta fotovoltaica existente, de acuerdo con la simulación óptima en HOMER.

Tabla 6 - Características eléctricas y estadísticas de operación de la planta fotovoltaica

Característica	Valor
Salida mínima	0 kW
Salida máxima	6,36 kW
Capacidad nominal	7,32 kW
Potencia de salida promedio	1,03 kW
Energía de salida promedio diaria	24,7 kWh/d
Horas de operación	4380 h/año
Factor de capacidad	16,3 %
Producción total	9.004 kWh/año

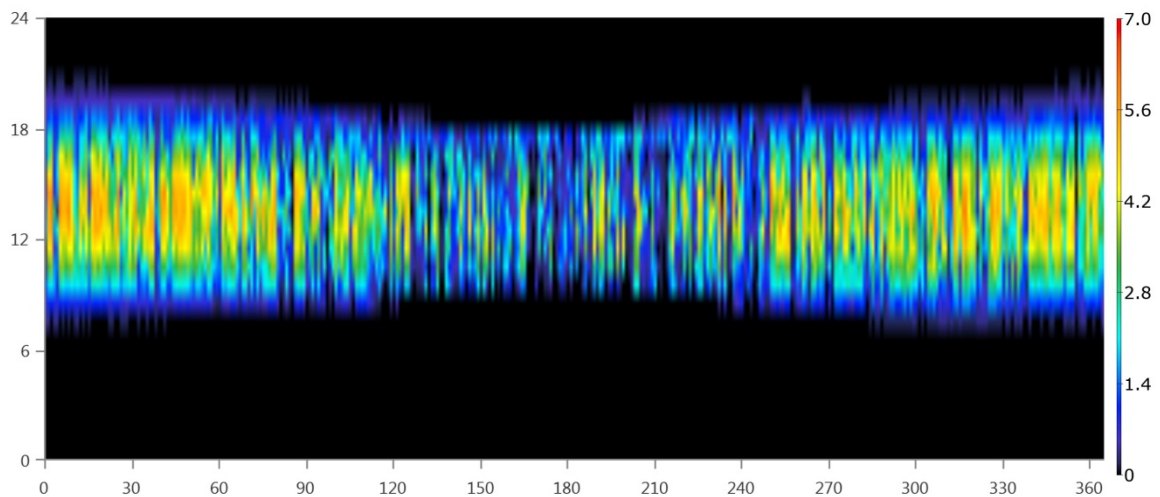


Figura 20 - Generación solar de la planta existente por día del año y hora [kW]



### 8.10.2 Generación fotovoltaica nueva

La tabla 7 detalla las características del sistema de generación fotovoltaica nuevo que surge como resultado de la simulación óptima en HOMER. Esta resulta de la instalación de la instalación de 256 paneles de las características detalladas en el punto 8.3.

Tabla 7 - Características eléctricas y estadísticas de operación de la planta fotovoltaica

Característica	Valor
Salida mínima	0 kW
Salida máxima	80,6 kW
Capacidad nominal	84,5 kW
Potencia de salida promedio	13,4 kW
Energía de salida promedio diaria	323 kWh/d
Horas de operación	4380 h/año
Factor de capacidad	15,9 %
Producción total	117.718 kWh/d
Costo normalizado	0,0568 u\$/kWh

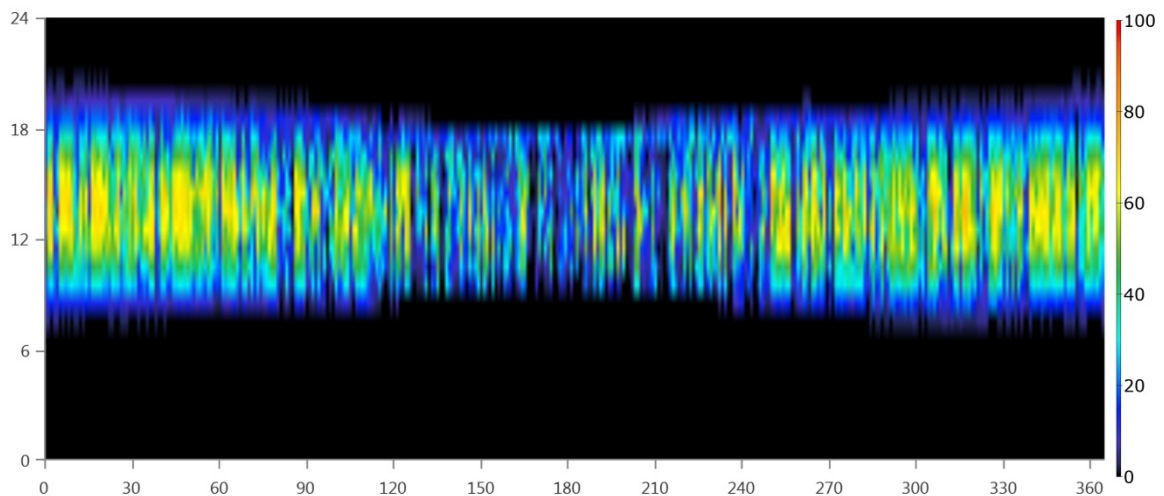


Figura 21 - Generación solar de la planta nueva por día del año y hora [kW]

### 8.10.3 Generación eólica existente

La tabla 8 detalla las estadísticas de operación del sistema de generación eólica existente, que surgen como resultado de la simulación óptima en HOMER. El gráfico de la figura 22 presenta la generación estimada en función del día del año y la hora.

Tabla 8 - Características eléctricas y estadísticas de operación de la planta de energía eólica

Característica	Valor
Salida mínima	0 kW
Salida máxima	11,6 kW
Capacidad nominal	12,1 kW
Potencia de salida promedio	2,22 kW
Factor de capacidad	18,3 %
Horas de operación	6.843 h/año
Penetración eólica	15,8 %
Producción total	19.461 kWh/d

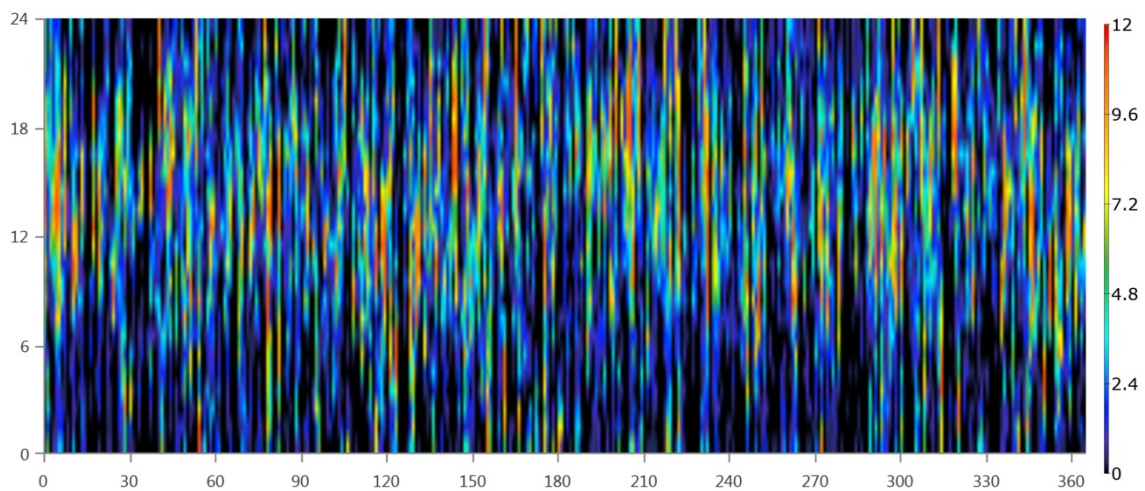


Figura 22 - Generación eólica en función del día del año y la hora [kW]

#### 8.10.4 Generación eólica nueva

La tabla 9 detalla las características del sistema de generación eólica que surge como resultado de la simulación óptima en HOMER. Esta resulta de la instalación de siete aerogeneradores de las características detalladas en el punto 8.4. El gráfico de la figura 23 presenta la generación estimada en función del día del año y la hora.

Tabla 9 - Características eléctricas y estadísticas de operación de la planta de energía eólica

Característica	Valor
Salida mínima	0 kW
Salida máxima	13,9 kW
Capacidad nominal	14,6 kW
Potencia de salida promedio	2,67 kW
Factor de capacidad	18,3 %
Horas de operación	6.843 h/año
Penetración eólica	19 %
Producción total	23.354 kWh/d
Costo normalizado	0 kW

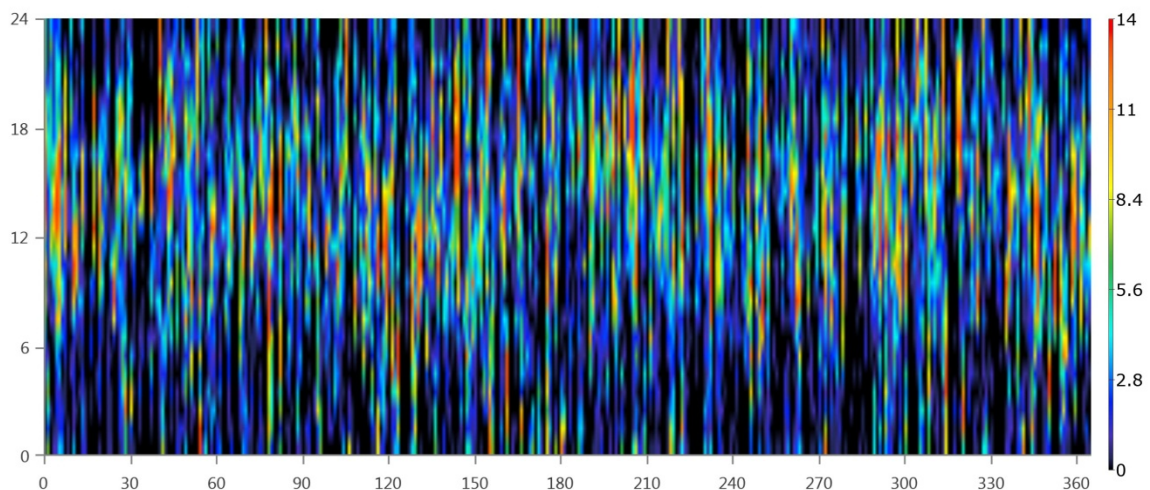


Figura 23 - Generación eólica en función del día del año y la hora [kW]

### 8.10.5 Generación convencional

La tabla 10 resume las características y condiciones de operación del generador GLP. Se consideró la utilización de los generadores trifásicos, descriptos en el punto 5.3.3.1.1. El gráfico de la figura 24 presenta la generación estimada convencional para cada día del año y hora.

Tabla 10 - Características y estadísticas de operación del generador GLP

Característica	Valor
Potencia mínima	18 kW
Potencia máxima	39 kW
Potencia nominal	60 kW
Potencia promedio	24,9 kW
Energía generada por año	31.858 kWh/año
Horas de operación	1.282 h/año
Cantidad de arranques por año	425
Costo fijo	5,15 u\$d/h
Costo marginal	0,218 u\$d/kWh
Consumo de GLP	11.777 kg/año

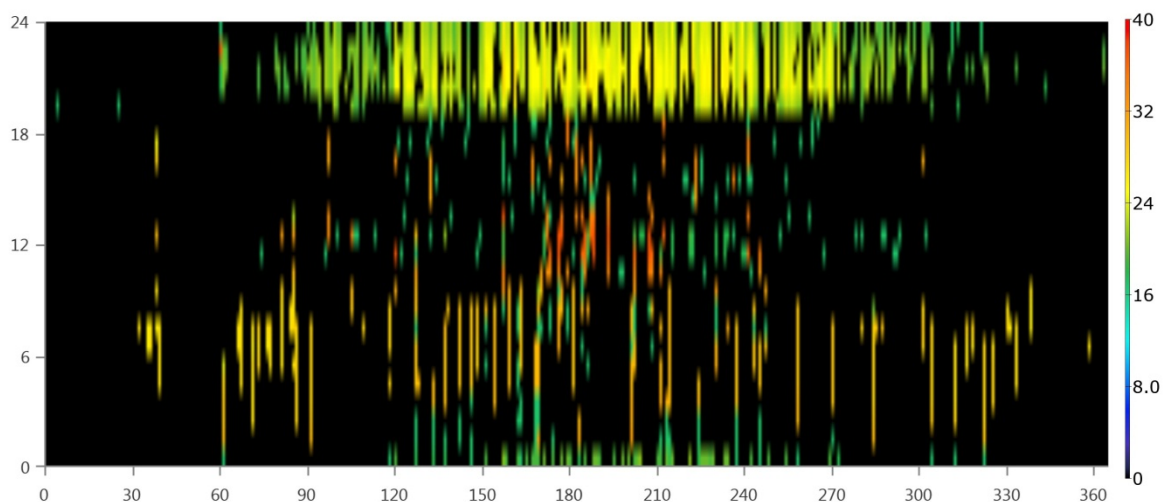


Figura 24 - Generación convencional en función del día del año y la hora [kW]

### 8.10.6 Inversor

La tabla 11 resume las características y condiciones de operación del inversor bidireccional que surge como resultado de la simulación de optimización en HOMER.

La figura 25 presenta la potencia media de salida del inversor en función del día del año y la hora del día.

La figura 26 presenta la potencia de salida del rectificador en función del día del año y la hora del día.

Tabla 11 - Características y estadísticas de operación del inversor

Característica	Valor
Potencia nominal	18,8 kW
Potencia media	11,2 kW
Horas de operación	7.478 h/año
Energía de salida	98.169 kWh/año
Energía de entrada	103.336 kWh/año
Pérdidas	5.167 kWh/año

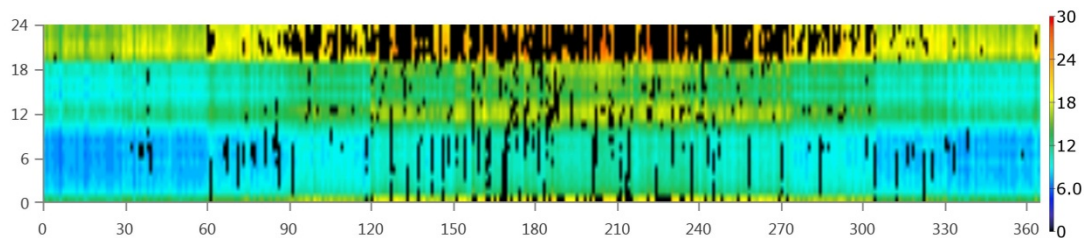


Figura 25 - Potencia en el inversor en función del día del año y la hora [kW]

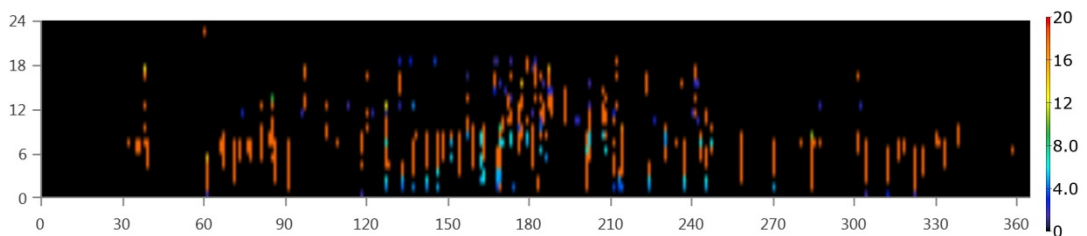


Figura 26 - Potencia en el rectificador en función del día del año y la hora [kW]



### 8.10.7 Baterías

La tabla 12 resume las características del sistema de almacenamiento de energía en baterías y las estadísticas de operación del banco.

Para lograr una vida útil prologada del banco de batería se limita el estado de carga mínimo al 40%.

Tabla 12 - Características y estadísticas de operación del banco de baterías

Característica	Valor
Cantidad de baterías	104
Baterías por serie	8
Series en paralelo	13
Tensión del banco	48 V
Autonomía del banco	15,5 h
Costo de almacenamiento	0,256 u\$d/kWh
Expectativa de vida útil	10,7 años

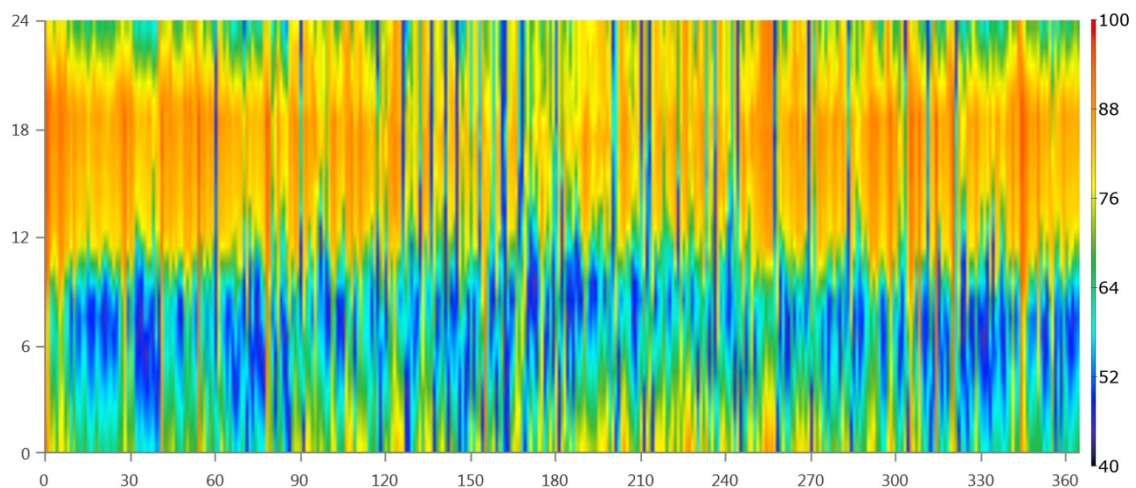


Figura 27 - Estado de carga del banco de baterías según día del año y horario [%]

### **8.10.8 Obra civil**

Según sean las características de los equipos provistos se requiere una obra civil que cuente al menos con las dependencias que se detallan entre los puntos 8.10.8.1 y 8.10.8.4.

Dado que la obra civil de los sistemas de generación existentes (tanto el que se encuentra en funcionamiento como el que esta fuera de servicio) están en buen muy estado, su aprovechamiento debe ser tenido en cuenta al momento de diseñar la obra civil requerida.

#### **8.10.8.1 Sala de Baterías:**

Este ambiente se dimensionará de acuerdo a las características particulares de las baterías que se provean, se debe tener especial atención en que el acceso y las maniobras de montaje de los bancos sea posible y con bancos montados sea posible reponer cualquiera las baterías de cada uno de los bancos sin riesgo para la seguridad de los operarios.

Se recomiendan disposiciones que permitan el acceso directo cada batería. Con pasillos y esquinas que permitan el acarreo de una carretilla o Zorra manual adecuada para el traslado de las mismas. Esta sala debe estar adecuadamente ventilada y ser provista de un sistema de detección de hidrógeno permanente.

Los bancos estarán montados en bandejas adecuadas para contener el electrolito en caso de derrame.

Su estructura se calculará considerando el peso de las baterías.

La sala contará con acondicionamiento de temperatura para garantizar el rango óptimo de operación de las baterías que se provean.

La iluminación de esta sala será antiexplosiva.

#### **8.10.8.2 Sala de tableros reguladores e inversores:**

Esta será una sala limpia, completamente cerrada con aberturas selladas que garanticen el no ingreso de polvo.

Contará con piso liso con cualquier terminación que garantice la no acumulación de polvo, tierra etc. y minimice la generación de electricidad estática.

Esta sala se encontrará adecuadamente aislada/compartimentada respecto a la sala de baterías y sala de motores.

Se dimensionará de acuerdo a las características particulares del equipamiento provisto.

Las paredes deberán diseñarse de forma tal que garanticen el anclaje de tableros su portación y la correcta distribución de bandejas porta cables.

#### **8.10.8.3 Salas de generadores GLP**

Esta sala será dimensionada en función de las características de los equipos provistos. Dispondrá de espacio para dos motores idénticos. Se dispondrá de las instalaciones de montaje, combustible, gases de escape, facilidades de mantenimiento y acometidas eléctricas para los dos equipos.

Se recomienda el montaje de un monorriel sobre cada equipo que permita realizar tareas de montaje y mantenimiento.

Se montaran contenedores de derrames apropiados alrededor de cada equipo.

La plataforma de montaje será calculada para el uso considerando cargas y vibraciones.

Esta sala será adecuadamente ventilada por medios naturales y de convección forzada preservando la limpieza.

#### **8.10.8.4 Taller - Depósito:**

Se dispondrá de un espacio adecuado para realizar tareas de mantenimiento, con mesas de trabajo y elementos de sujeción y manejo de cargas de hasta 1000 kg. Este será un ambiente permanente para operarios del sistema y eventual para los especialistas de mantenimiento.

Deberá adicionalmente contar con espacio e infraestructura para el almacenaje de repuestos del sistema. Se tendrá en cuenta la posibilidad de almacenar:

- Paneles solares
- Estructuras de montaje de paneles.
- Tableros eléctricos y electrónicos.
- Repuestos de aerogeneradores
- Repuestos de motor.
- Aceite
- Grasas
- Solventes
- Agua destilada
- Cables
- Accesorios de montaje en general (tornillería, ferretería)

#### **8.10.9 Sitio de implantación**



La superficie mínima adicional requerida para el nuevo sistema de generación es de 1.700 m<sup>2</sup> para la ubicación de paneles.

El sitio de implantación de los equipos de generación propuestos, en principio, podría ser el terreno lindante a terreno en el cual se ubica actualmente la generación eléctrica. La figura 28 ilustra el sitio de implantación propuesto.



Figura 28 - Sitio de implantación

### 8.10.10 Resumen de costos

La tabla 13 presenta un resumen de los costos actuales netos del proyecto. La tabla 14 presenta los costos anualizados. El gráfico de la figura 29 presenta un resumen de los costos. La figura 30 presenta el flujo de caja nominal, diferenciado por tipo de costo, mientras que la figura 31 presenta el flujo de caja nominal diferenciado por equipo asociado. Todos los valores presentados están en dólares estadounidenses.

Tabla 13 - Costo actual neto

	Capital	Operación y mantenimiento	Reemplazo	Valor residual	Recursos	Total
Baterías	124.800	60.217	62.151	-4.601	0	242.559
Generador GLP	2.000	26.723	14.324	-2.591	102.287	142.743
Aerogeneradores existentes	0	17.370	0	0	0	17.370
Aerogeneradores nuevos	12.900	20.845	0	0	0	33.745
Inversor bidireccional	11250	2.171	0	-657	0	12.763
Planta fotovoltaica existente	0	730	0	-322	0	-408
Planta fotovoltaica nueva	67.600	9.785	0	0	0	77.385
Proyecto, instalación y puesta en marcha	200.000	0	0	0	0	250.000
Sistema	418.550	76.476	137.841	-8.180	102.287	776.974

Tabla 14 - Costo anualizado

	Capital	Operación y mantenimiento	Reemplazo	Valor residual	Recursos	Total
Baterías	10.777	5.200	5.367	-398	0	20.946
Generador GLP	173	2.308	1.237	-224	8.833	12.326
Aerogeneradores existentes	0	1.500	0	0	0	1.500
Aerogeneradores nuevos	1.114	1.800	0	0	0	2.914
Inversor bidireccional	971	188	0	-57	0	1.102
Planta fotovoltaica existente	21.588	0	0	0	0	21.588
Planta fotovoltaica nueva	0	63	0	-28	0	35
Proyecto, instalación y puesta en marcha	4.670	845	0	0	0	6.683
Sistema	39.293	11.903	6.604	-706	8.833	67.095

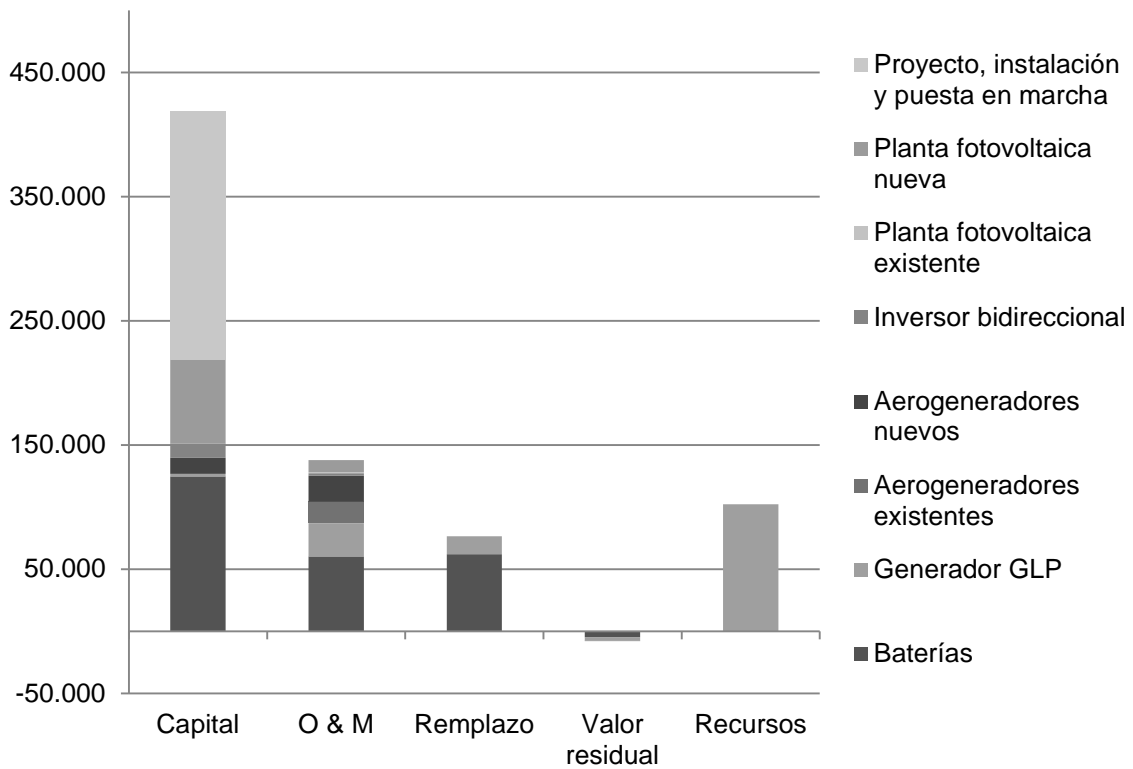


Figura 29 - Resumen de costos

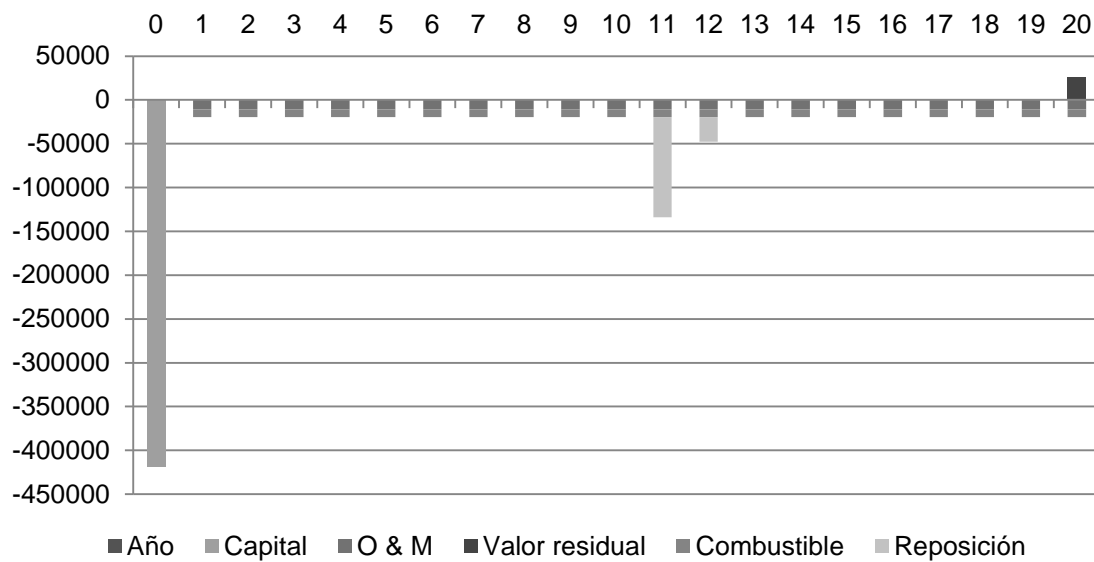


Figura 30 - Flujo de caja nominal por tipo de costo

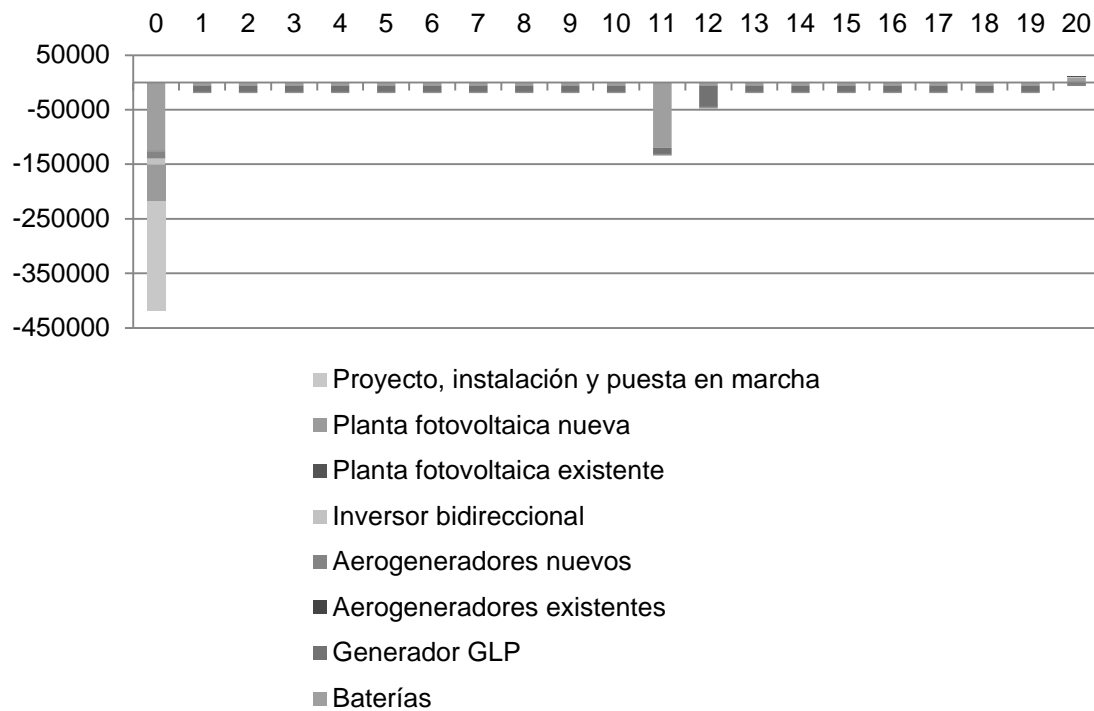


Figura 31 - Flujo de caja nominal por equipo asociado

#### 8.10.11 Comparativa con el caso base

De la comparación entre los flujos de caja de la micro-red híbrida desarrollada en este trabajo y los que corresponden a uno de los generadores GLP existentes, funcionando durante 24 hs al día surgen los datos de la tabla 15.

En la figura 32 se observan los flujos de caja nominales acumulados de ambas alternativas. En la misma se evidencia que el periodo de recupero simple del proyecto es de 6,5 años aproximadamente. La figura 33 presenta los flujos de caja descontados. En la misma se observa que el periodo de recupero descontado es de 8,5 años.

Se observa en ambos flujos de cajas acumulados un quiebre en la curva de la micro-red alrededor del año 11, esto se debe al remplazo del banco de baterías.

Tabla 15- Resultados económicos en comparación con caso base

Valor actual neto	u\$d 695.840
Retorno de la inversión	25,96%
Tasa interna de retorno	26,08%
Periodo de recupero simple	6,5 años
Periodo de recupero descontado	8,5 años

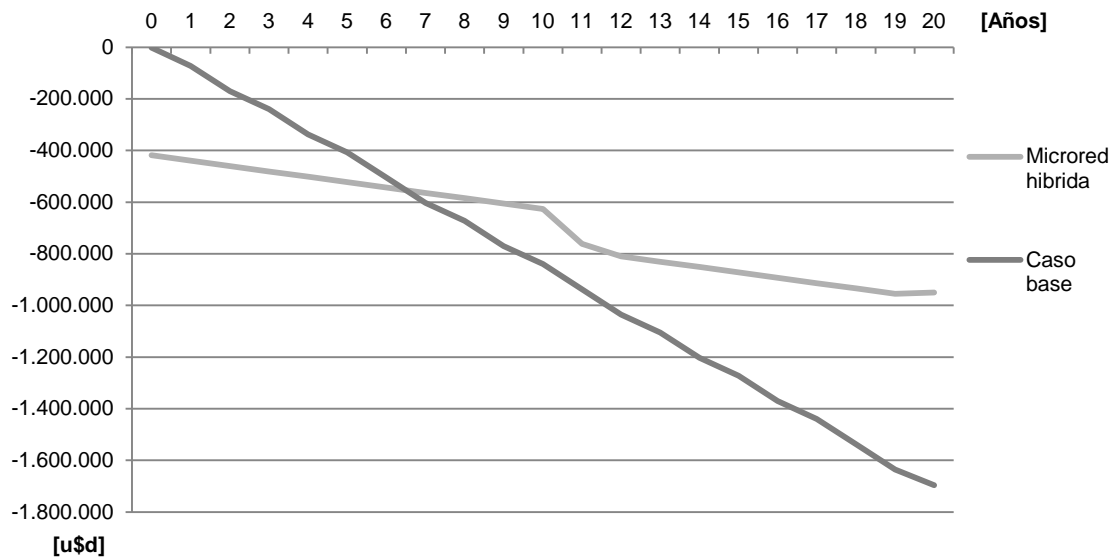


Figura 32 - Flujos de caja nominales acumulados

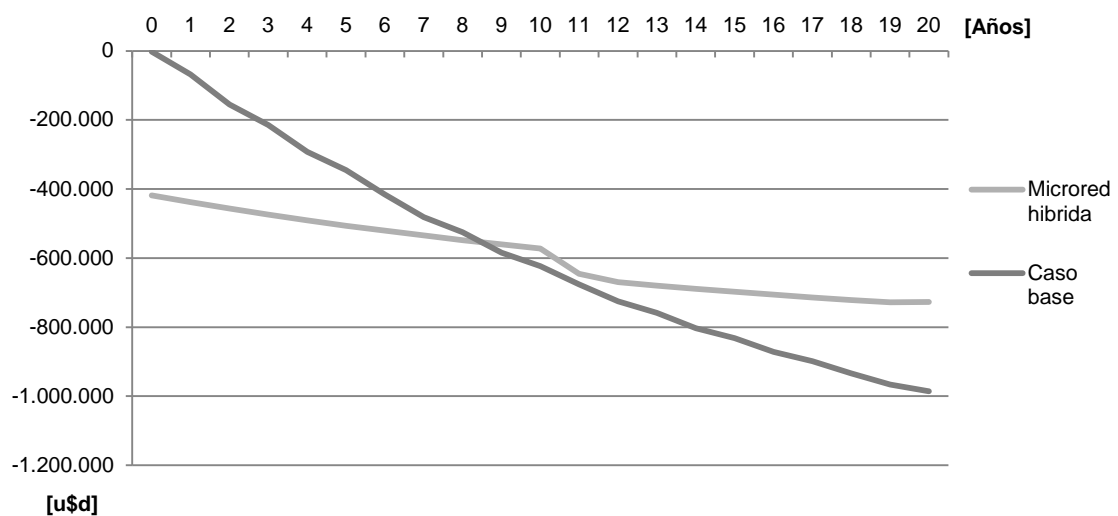


Figura 33 - Flujos de caja descontados acumulados

## **9 EXTENSIÓN DE LA RED EXISTENTE**

Considerando un costo de extensión de la red de media tensión de 13,2 kV existente de 13.000 u\$d/km, y la instalación de un transformador trifásico tipo rural de 63 kVA, se estima un costo de extensión de la red de u\$d 1.040.000

Si bien la inversión necesaria para la extensión de la red, en principio, sería mucho mayor a la necesaria para la implementación de la microred híbrida, esta merece ser estudiada en detalle porque, por un lado representa un costo menor de operación y mantenimiento, y por otra parte no solo serviría para abastecer la demanda del paraje Pilquiniyeu del Limay sino que también podría abastecer a los parajes Cañadón Chileno y Laguna Blanca, evitando así la inversión necesaria para la microred de esos paraje, y haciendo tornando así el capital necesario para la instalación de las tres microredes del mismo orden del requerido para la extensión de la red.

Esta posibilidad debe ser validada con la empresa distribuidora.