

Mayo 2018



## Calderas y Quemadores a Biomasa para Autoconsumo

Manual para usuario de la calculadora



Edición:  
**Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ)  
GmbH**  
Friedrich-Ebert-Allee 40  
53113 Bonn • Alemania  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:  
**NAMA: Energías renovables para  
Autoconsumo en Chile**  
Marchant Pereira 150  
7500654 Providencia  
Santiago • Chile  
T            +56 22 30 68 600  
I            [www.giz.de](http://www.giz.de)

Responsable:  
**Ana Almonacid/ Stephan Remler**

En coordinación:  
**Ministerio de Energía de Chile**  
Alameda 1449, Pisos 13 y 14,  
Edificio Santiago Downtown II  
Santiago de Chile  
T            +56 22 367 3000  
I            [www.minenergia.cl](http://www.minenergia.cl)

Responsable:  
**Christian Malebrán/ Marcel Silva**

Título:  
**Calderas y Quemadores a Biomasa para  
Autoconsumo: Manual de usuario para  
calculadora**

Autor:  
**Sylvae Consultores**

#### **Aclaración**

Esta publicación ha sido preparada por encargo del proyecto "NAMA: Energías Renovables para Autoconsumo en Chile" implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania. El proyecto se financia a través de la NAMA Facility del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de Alemania y el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (DBEIS) de Gran Bretaña. Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ.

## Índice

1. Introducción.....	1
2. Metodología.....	1
3. Guía de usuario .....	2

## 1. Introducción

Esta calculadora proporciona información general sobre las tecnologías existentes para el reemplazo de una caldera industrial basada en combustibles fósiles, o leña; por Pellets, Astillas o Biomasa Triturada. Con la información entregada usted obtendrá una primera aproximación técnica/económica/ambiental de las mejores alternativas. En cualquier caso, esta herramienta no pretende sustituir u obviar la opinión de un experto. El Ministerio de Energía y GIZ recomiendan realizar una asesoría experta, antes de comenzar el proceso de instalación.

## 2. Metodología

Para la realización de la calculadora se empleó la siguiente información:

- Caracterización desde un punto de vista energético y monetario de los combustibles biomásicos a ser utilizados: poderes caloríficos, densidad energética y precios por unidades de comercialización. La información de precios se obtuvo mediante consulta a proveedores y la información energética de diferentes fuentes.
- Caracterización desde un punto de vista energético y monetario de los combustibles a ser reemplazados: fósiles y leña. Poderes caloríficos y densidades energéticas se obtuvieron del balance de energía del año 2015. Los antecedentes de precios para estos combustibles no se incluyeron puesto que en la calculadora se considera que serán ingresados por el usuario.
- Para la caracterización de tecnologías de combustión se realizó una categorización de acuerdo a potencias y usos, la que se empleó para determinar los rangos de inversión en unidades monetarias por potencia instalada. Esta caracterización considera también las eficiencias promedio de los equipos.
- Además, se consideran los factores de emisión de los gases de efecto invernadero de todos los combustibles incluidos en la calculadora.

Para más información respecto a los puntos anteriormente mencionados, remitirse a “Calderas y Quemadores a biomasa para autoconsumo. Una guía para empresas e industrias”<sup>1</sup>.

La programación considera el uso de variables discretas que consideran 420 opciones de cálculo, que son el resultado de la combinación de 7 rangos de potencias, 5 usos de las calderas/quemadores y 12 tipos de combustibles. La calculadora permite ingresar el precio del combustible actual y las horas de funcionamiento de los equipos a máxima potencia.

---

<sup>1</sup> [https://www.4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2018/03/Gu%C3%A3a\\_GIZ\\_Biomasa\\_Final.pdf](https://www.4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2018/03/Gu%C3%A3a_GIZ_Biomasa_Final.pdf)

### 3. Guía de usuario

Cuando ingreses a la aplicación se te presenta un mensaje.

Figura 1. Mensaje inicial.



Para continuar deberás seleccionar y completar en las celdas coloreadas, la tecnología que empleas actualmente.

Figura 2. Sección de selección de información.



Deberás seleccionar:

- ✓ Tipo de Combustible a reemplazar
- ✓ Potencia
- ✓ Uso de la caldera

Cuando elijas la celda coloreada se mostrarán las opciones disponibles para seleccionar.

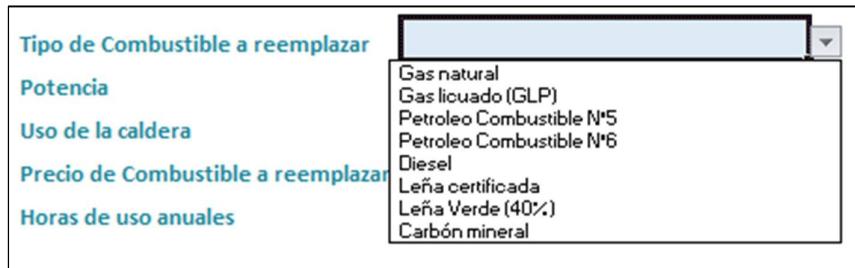
Deberás ingresar el precio del combustible empleado actualmente y las horas de funcionamiento anuales. Si no has seleccionado el tipo de combustible a reemplazar, el sistema no te dejará ingresar un valor. El valor ingresado siempre debe ser un número o el sistema enviará un mensaje de alerta.

**OJO:** Deberás estar seguro de que el precio corresponde a las unidades que se muestran en pantalla o los valores que obtendrás no servirán para un correcto análisis. **El botón siguiente solo funcionará si todas las celdas coloreadas tienen algún valor.**

**Las opciones a seleccionar son las siguientes:**

- Tipo de combustible a reemplazar: Gas natural
- Gas licuado (GLP)
- Petróleo Combustible N°5
- Petróleo Combustible N°6
- Diesel
- Leña certificada
- Leña Verde (40%)
- Carbón mineral

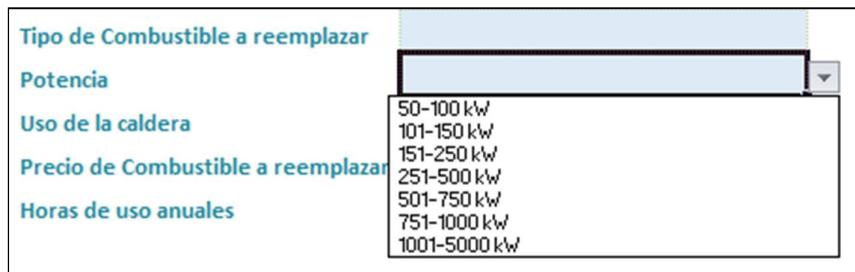
Figura 3. Lista desplegable con tipos de combustibles.



Potencia:

- 50-100 kW
- 101-150 kW
- 151-250 kW
- 251-500 kW
- 501-750 kW
- 751-1000 kW
- 1001-5000 kW

Figura 4. Lista desplegable con las potencias.



### Uso de la caldera

- Vapor Industrial alta presión
- Vapor Industrial baja presión
- Agua a alta temperatura (calefacción)
- Agua a baja temperatura (ACS)
- Calor directo (llama)

Figura 5. Lista desplegable con los usos de caldera.

<b>Tipo de Combustible a reemplazar</b>	
<b>Potencia</b>	
<b>Uso de la caldera</b>	<input type="button" value="▼"/>
<b>Precio de Combustible a reemplazar</b>	
<b>Horas de uso anuales</b>	

Vapor Industrial alta presión  
 Vapor Industrial baja presión  
 Agua a alta temperatura (calefacción)  
 Agua a baja temperatura (ACS)  
 Calor directo (llama)

Al situarte sobre el precio del Combustible se te indicará que verifiques las unidades.

Figura 6. Ingreso del Precio del Combustible.

<b>Tipo de Combustible a reemplazar</b>	Diesel
<b>Potencia</b>	1001-5000 kW
<b>Uso de la caldera</b>	Agua a baja temperatura (ACS)
<b>Precio de Combustible a reemplazar</b>	341
<b>Horas de uso anuales</b>	CLP/lt sin IVA

INGRESAR VALOR  
 ¡Por favor verificar que las unidades sean las correctas!

Si cometiste un error en el tipo de combustible no te preocunes, al cambiarlo se borrará el precio del combustible y podrás ingresarlo correctamente.

Después se te solicitará que se ingrese las horas de uso anuales.

Figura 7. Ingreso de Horas de uso

<b>Tipo de Combustible a reemplazar</b>	Diesel
<b>Potencia</b>	1001-5000 kW
<b>Uso de la caldera</b>	Agua a baja temperatura (ACS)
<b>Precio de Combustible a reemplazar</b>	341
<b>Horas de uso anuales</b>	CLP/lt sin IVA
	1800

Una vez ingresada toda la información podrás hacer click en siguiente para que puedas ver la tabla comparativa.

Figura 8. Datos ingresados correctamente.

Para continuar selecciona y completa en las celdas coloreadas, según la información de la tecnología que empleas actualmente

Tipo de Combustible a reemplazar	Diesel
Potencia	1001-5000 kW
Uso de la caldera	Agua a baja temperatura (ACS)
Precio de Combustible a reemplazar	341 CLP/lt sin IVA
Horas de uso anuales	1800

**SIGUIENTE** 

Luego de presionar siguiente, se mostrará una nueva ventana.

Figura 9. Ventana con los resultados.

Resultados Calculadora de Biomasa Beta					
<u>Tecnología Actual</u>					
Tipo de Combustible a reemplazar	Diesel				
Potencia	1001-5000 kW				
Uso de la caldera	Agua a baja temperatura (ACS)				
Precio de Combustible a reemplazar	341 CLP/lt sin IVA				
Horas de uso	1800				
<u>Cuadro Comparativo</u>					
Combustible	Diesel	Pellet	Astilla seca < 25%	Astilla húmeda > 25%	Biomasa triturada
Potencia	1001-5000 kW				
Uso de la Caldera	Agua a baja temperatura (ACS)				
Eficiencia	95%	91%	91%	91%	91%
Ahorro en Combustible (CLP/año)	4.994.560		135.829.564	141.068.445	138.797.886
Rango de Costos de Inversión (CLP)	80192612.5 - 541937500.	80192612.5 - 541937500.	91806715 - 620425000.	91806715 - 620425000.	
Período de recuperación de la inversión (años)	17 - 110		1 - 4	1 - 5	1 - 5
Reducción anual de Gases de Efecto Invernadero (t CO2eq/año)		1.448	1.436	1.409	1.391

En ella podrás ver los datos que ingresaste para la tecnología actual en verde.

Figura 10. Tecnología actual.

<u>Tecnología Actual</u>	
<b>Tipo de Combustible a reemplazar</b>	<b>Diesel</b>
<b>Potencia</b>	<b>1001-5000 kW</b>
<b>Uso de la caldera</b>	<b>Agua a baja temperatura (ACS)</b>
<b>Precio de Combustible a reemplazar</b>	<b>341 CLP/lt sin IVA</b>
<b>Horas de uso</b>	<b>1800</b>

Y debajo de la información, en color verde un cuadro comparativo entre la opción actual y las opciones recomendadas (variables de salida).

Las opciones recomendadas son:

- Pellet
- Astilla seca < 25%
- Astilla húmeda > 25%
- Biomasa triturada

Figura 11. Cuadro comparativo.

Cuadro Comparativo					
Combustible	Diesel	Pellet	Astilla seca < 25%	Astilla húmeda > 25%	Biomasa triturada
Potencia	1001-5000 kW				
Uso de la Caldera	Agua a baja temperatura (ACS)	Agua a baja temperatura (ACS)	Aqua a baja temperatura (ACS)	Aqua a baja temperatura (ACS)	Aqua a baja temperatura (ACS)
Eficiencia	95%	91%	91%	91%	91%
Ahorro en Combustible (CLP/año)		4.934.560	155.829.564	141.068.445	138.797.886
Rango de Costos de Inversión (CLP)		80192612.5 - 541937500.	80192612.5 - 541937500.	91806715 - 620425000.	91806715 - 620425000.
Período de recuperación de la inversión (años)		17 - 110	1 - 4	1 - 5	1 - 5
Reducción anual de Gases de Efecto Invernadero (t CO <sub>2</sub> eq/año)		1.448	1.436	1.409	1.391

Así podrás comparar a igual potencia y uso de la caldera, los diferentes tipos de combustibles.

Conocerás:

- ✓ La Eficiencia de las distintas opciones.
- ✓ El Ahorro anual en Combustibles, al hacer el reemplazo. Si el ahorro no existe la calculadora te entregará un mensaje “NO APLICA”, en vez de un valor.
- ✓ El rango de inversión necesario para adoptar las nuevas tecnologías.
- ✓ Con esos datos se calculará el periodo de recuperación de la inversión. Vale decir, los años que me demoro en pagar la inversión con el ahorro de combustible.

Adicionalmente se entrega la información de la reducción de carbono, donde podrás conocer el beneficio ambiental.

En el caso que se tenga duda o desconocimiento de algún término, se puede consultar en el glosario que se encuentra en la tercera hoja del Excel llamada “Glosario y Datos referenciales”.

Figura 12. Glosario de términos.

GLOSSARIO DE TERMINOS EMPLEADOS EN LA CALCULADORA Y DATOS REFERENCIALES	
TERMINO	SIGNIFICADO
Astilla	Las astillas son pequeñas partículas de madera que se obtienen del procesamiento de troncos descortezados, de bajas dimensiones y de residuos de la industria maderera, con el fin de reducir y homogeneizar su tamaño. A diferencia del triturado, el astillado se realiza mediante herramientas de corte montadas en discos o tambores que giran a gran velocidad, el resultado son partículas de madera homogéneas y estandarizadas en cuanto a tamaño, forma y contenido de impurezas. Como se producen a partir de madera virgen y limpia, sus contenidos de cenizas y otras impurezas son más bajos que los de la biomasa triturada. En Chile se utilizan mayoritariamente en la industria de la celulosa y para la producción de tableros reconstituidos de madera.
Astilla húmeda > 25%	Astilla con un contenido de humedad superior al 25%, o agua contenida en ésta, expresada en porcentaje (%) en relación a su masa anhidra (libre de agua).
Astilla seca < 25%	Astilla con un contenido de humedad inferior al 25%, o agua contenida en ésta, expresada en porcentaje (%) en relación a su masa anhidra (libre de agua).
Biomasa triturada	Corresponde principalmente a residuos de cosecha y manejo de bosques, los que se colectan en la superficie intervenida y se trituran mediante molinos de martillo con el fin de reducir y homogeneizar su tamaño para facilitar su transporte, almacenamiento y uso como combustible. Debido a su origen presenta un contenido de humedad heterogéneo que varía según la estación y la zona geográfica, un mayor contenido de cenizas e impurezas, tales como tierra, arena y piedras. La geometría y mayor heterogeneidad del material requiere de sistemas de alimentación a las calderas más robustos. Si bien es un combustible más económico, en comparación a las astillas y los pellets, generalmente exige mayor inversión en equipos.
Leña verde (40%)	Leña con un contenido de humedad igual o superior al 40%, es decir, el agua contenida en ésta, expresada en porcentaje (%) en relación a masa anhidra (libre de agua).
CLP	Peso Chileno (\$)
Eficiencia	También conocido como rendimiento, se mide en porcentaje y es la relación entre la energía (calor) útil entregada por la caldera y el calor contenido en el combustible que se quema (poder calorífico).
Período de recuperación de la Inversión (años)	Es el tiempo promedio (años) que se demora en recuperar el dinero invertido o “Período de Payback”, considerando los ingresos y/o ahorros anuales en relación a la inversión inicial.
Potencia	Capacidad energética (kW) que potencialmente puede ser generada por una caldera.
Reducción anual de Gases de Efecto Invernadero (t CO <sub>2</sub> eq/año)	Mitigación de gases de efecto invernadero (CO <sub>2</sub> equivalente) o contribución a la mitigación de cambio climático, producto de dejar de usar combustibles fósiles y reemplazarlos por una fuente de energía renovable como la biomasa.

También, a modo de ayuda, en la hoja “Glosarios y Datos referenciales” existe un cuadro que indica la conversión de GLP de Kg a litros (Figura 13).

Figura 13. Cuadro de apoyo para conversión de gas licuado del petróleo.

Conversión GLP a litros
cilindro de 5 kg = 9,1 litros
cilindro de 11 kg = 20 litros
cilindro de 15 kg = 27,3 litros
cilindro de 45 kg = 81,8 litros

Por último, en el cuadro “Precios referenciales en línea” hay hipervínculos que re direccionan a páginas web que contienen los precios del gas natural, el gas licuado y la leña actualizados.

Figura 14. Cuadro con precios referenciales en línea.

Precios referenciales en línea
<a href="#">Gas Natural (GN) y Diesel</a> <a href="#">Gas licuado del petróleo (GLP)</a> <a href="#">Leña</a>