



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

ANÁLISIS TECNOLÓGICO Y USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR VITIVINÍCOLA

MAXIMILIAN SAILER

Actividad de Graduación para optar al grado de Magíster en
Ingeniería de la Energía

Profesor Supervisor:

CESAR SAEZ NAVARRETE

ROBERTO SANTANDER MOYA

Santiago de Chile, (Julio, 2019)

© 2019, Max Sailer



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

ANÁLISIS TECNOLÓGICO Y USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR VITIVINÍCOLA

MAXIMILIAN SAILER

Actividad de Graduación presentada a la Comisión integrada por los profesores:

CESAR SAEZ NAVARRETE

ROBERTO SANTANDER MOYA

UBALDO ZUÑIGA QUINTANILLA

JULIO VERGARA AIMONE

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ingeniería de la Energía

Santiago de Chile, (Julio, 2019)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al profesor Roberto Santander por su apoyo y paciencia durante el desarrollo de este trabajo. Es muy valioso un aporte crítico y poder incorporar las recomendaciones.

A los profesores del MIE, por sus buenas presentaciones y la metodología participativa.

Una buena forma de aprender es realizar trabajos en grupo y repartir los esfuerzos.

A mi familia por el apoyo en mantener el entusiasmo.

TABLA DE CONTENIDOS

Agradecimientos	iii
Tabla de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen.....	viii
Abstract	ix
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Generalidades.....	10
1.2 Amenazas para el vino chileno	11
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Alcances del trabajo	14
1.5 Organización del trabajo	14
CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR VITIVINÍCOLA	15
2.1 Proceso de producción del vino.....	15
2.2 Geografía, clima y economía del vino	16
2.3 Energía en la producción del vino.....	18
CAPÍTULO 3 TECNOLOGÍAS DE ENERGIA RENOVABLE	23
3.1 Tecnología Fotovoltaica.....	23
3.2 Tecnología Solar Térmica.....	27

3.3 Tecnología Bomba de Calor.....	29
CAPÍTULO 4 PROYECTO BIOREFINERÍA - COGENERACIÓN	33
4.1 Biogás.....	34
4.2 Biocombustible	40
4.3 Gasificación.....	41
CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	45
5.1 Presentación de los indicadores	45
5.2 Evaluación económica tecnologías solares y bomba de calor	46
5.3 Evaluación económica de la biorefinería	47
CAPÍTULO 6 PROYECTO EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	51
6.1 Indicador de Eficiencia Energética	52
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES.....	55
REFERENCIAS.....	56
GLOSARIO	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: La producción de uva y su uso en Chile	17
Tabla 2: La producción de las diferentes cepas de vino en Chile	17
Tabla 3: Producción de vinos de diferentes países.....	17
Tabla 4: Promedio anual de la radiación solar en Santa Cruz (kWh/m ² /día).....	23
Tabla 5: Región VI y VII. Diferencia porcentual de generación de energía para una orientación e inclinación específica versus el óptimo (verde)	24
Tabla 6: Costo de una instalación solar térmica.....	29
Tabla 7: Potencial de Biogás del sector vitivinícola	35
Tabla 8: Tipos de la Fermentación.....	37
Tabla 9: Análisis químico de los diferentes productos	37
Tabla 10: Cantidad de materiales disponibles.....	38
Tabla 11: Cálculos de Potencias usando Biogás	38
Tabla 12: El poder calorífico de la madera	40
Tabla 13: Cálculo de la Potencia del Biocombustible	40
Tabla 14: Evaluación de costos de los proyectos solares y bomba de calor	46
Tabla 15: Evaluación de costos de los proyectos de la biorefinería	48
Tabla 16: Indicadores de viñas chilenas.....	53
Tabla 17: Indicadores de Eficiencia Energética Internacionales	53
Tabla 18: Indicadores de Eficiencia Energética en Chile (Combustibles).....	54
Tabla 19: Indicadores de Eficiencia Energética en Chile (Electricidad)	54
Tabla 20: Indicadores de Eficiencia Energética en Chile (exterior planta)	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exportación del vino chileno	11
Figura 2. Zona geográfica y calidad del vino.....	13
Figura 3. Proceso de producción de vinos separado en 3 sectores.....	16
Figura 4. Los lugares de la producción de vinos chilenos.	18
Figura 5. Consumo de energía eléctrica en la industria del vino.	21
Figura 6. Consumo de energía (en %) en las diferentes partes del proceso.....	21
Figura 7. Instalaciones de la viña en la sexta región.....	25
Figura 8. La bodega de la viña con techo metálico.....	26
Figura 9. Los equipos del sistema solar térmica	28
Figura 10. Aislación de las tuberías	28
Figura 11. El ciclo de la Bomba de Calor	30
Figura 12. Temperatura del suelo en Chile	31
Figura 13. Potencial de Bioenergía estimado.....	34
Figura 14. Equipos de la Biorefinería	36
Figura 15. Proceso de Gasificación.....	42
Figura 16. Influencia del tamaño de la planta sobre los costes.....	43
Figura 17. Parámetros de la fermentación.....	52

RESUMEN

El vino- junto con el cobre, las frutas, el salmón y la celulosa- es uno de los productos importantes de exportación de Chile.

Con el uso de energía renovable se puede mejorar la imagen del país y disminuir los costos energéticos. Las viñas San Pedro con Biogás en Molina y Miguel Torres con Biomasa y Termosolar en Curicó, entre otras, ya tienen experiencias con energías renovables. Hay grandes potenciales para otras viñas de acercarse a estas tecnologías.

Se analizan los procesos del sector vitivinícola para estudiar las necesidades energéticas en cada etapa y las opciones de usar energías renovables. Las sucesivas etapas como plantar, cosechar, elaborar, embotellar y vender el producto requieren diferentes formas de energía. En varias etapas se generan desechos, como biomasa que tienen ciertas cantidades de valores energéticos.

El presente trabajo propone seis tipos de tecnologías que utilizan energía renovable con el objetivo de disminuir el uso de energía del tipo fósil en las vitivinícolas. Las seis tecnologías analizadas son solar fotovoltaica, termo solar, bomba de calor, biogás, biomasa y gasificación.

Los resultados muestran que se puede lograr la reducción del uso de energías fósiles en ese sector y aprovechar mejor las energías disponibles en la zona (biomasa, solar, bomba de calor, etc.). El aporte de las tecnologías de energía renovable en el ejemplo logra ser de 11% en energía eléctrica y 55% en energía térmica. No es un sustituto completo, pero es una inversión atractiva. Además es cada vez más importante considerar la huella de carbón y la eficiencia energética en la selección de un producto y no solamente el precio o la calidad.

Palabras Claves: Bioenergía, Energía Solar, Eficiencia Energética

ABSTRACT

Vine together with copper, fruits, salmon and pulp is an important product of exportation of Chile.

With the use of renewable energy, it is possible to improve the image of the country and decrease the energy costs. The vineyard San Pedro with biogas in Molina and Miguel Torres with biomass and thermosolar in Curicó, between others, made experience with renewable energies. There are great opportunities for other vineyards to approach these technologies.

There will be an analyse of the process of vinemaking to study the energy needs in every step and the options to use renewable energy. The consecutive steps of planting, harvesting, elaborating, bottling and selling the product require different forms of energy. In the process there will be waste like biomass which has certain amount of calorific value.

This study shows six types of technology which use renewable energies with the aim to reduce the use of fossil fuels in the vineyards. The six technologies analysed are solar photovoltaic, thermosolar, heat pump, biogas, biomass and gasification.

The principal result of the study is the reduction of the use of fossil fuels in this sector and the better usage of available energy in the location (biomass, solar, heat pump, etc.). The contribution of the renewable energy technologies reaches 11% in electric energy and 55% in heat energy. It is not a complete substitute, but it is an attractive inversion. It's becoming important to consider the carbon footprint and energy efficiency in the selection of a product and not only price and quality.

Keywords: bioenergy, solar energy, energy efficiency

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Chile, según OIV (2019) produce alrededor de 12 millones de hectolitros de vino al año y se encuentra en el sexto lugar detrás de Italia, Francia, España, Estados Unidos y Argentina. El consumo en el país no es muy alto aún y en la actualidad, se exporta la mayor cantidad de lo producido. Los mercados de exportación del vino, en la actualidad, establecen rigurosas normas de sustentabilidad del vino. Entre ellas se tienen: CEE 2092/91 para vino orgánico, Ley 18.455, indica que el vino chileno debe tener mínimo 11,5 grados, Decreto 464, Denominación de origen (Lima, 2015), ISO 14067, huella de carbono y ISO 14046, huella de agua (Concha y Toro, 2016).

En cuanto a las certificaciones, estas están administradas por diferentes institutos como demeter, IMO, Naturland o kiwa BCS Oeko Garantie (Kiwa, 2018). Estas organizaciones tienen sistemas reconocidos para verificar la calidad de los productos y de los procesos. De esta manera, incorporar energías renovables en los procesos de producción genera una imagen positiva del sector vitivinícola.

En las zonas donde hay vino también hay sol que puede ser usado como aporte energético, el uso de la biomasa es otra posibilidad a partir de residuos que se desechan del proceso. Asimismo, estos mismos residuos, en vez de quemarse, como se hace en la actualidad podría utilizarse en una recuperación de energía en forma de biogás o biomasa. El estudio considera profundizar estos temas y proponer las potenciales energéticas que se dan especialmente en el sector vitivinícola en las diferentes regiones de Chile.

Una vez conseguida la energía térmica se puede usarla de esa forma u optimizarla y considerar cogeneración. Aparte de la generación de energía, mejor dicho, recuperación de energía también se menciona la eficiencia energética y su mejora en los diferentes procesos.

También hay problemas que debe enfrentar ese sector. Algunos se mencionan en el próximo capítulo y otros se relacionan con el marketing donde la aplicación de Energías Renovables va a jugar un rol cada vez más importante.

1.2 Amenazas para el vino chileno

En los últimos años las exportaciones del vino chileno muestran un estancamiento (ver Figura 1) lo que requiere una reorientación estratégica. Una buena idea puede ser el mejoramiento de la calidad del producto y del proceso, así como una mejora en la competitividad por medio del aumento de la eficiencia energética y la incorporación de energías renovables.

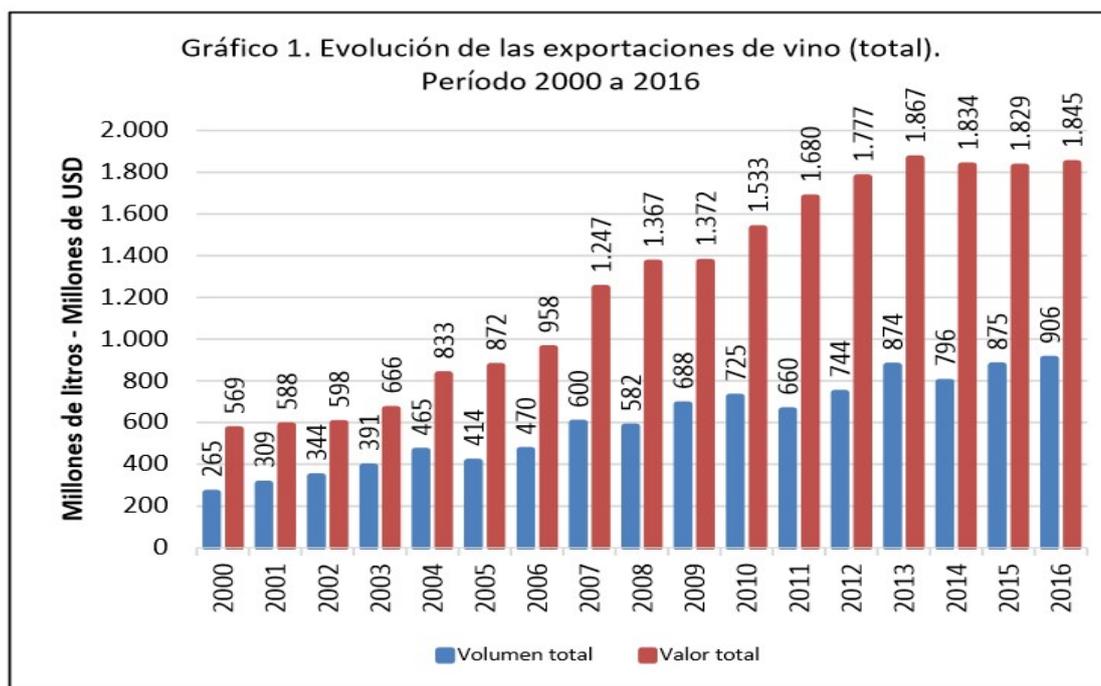


Figura 1. Exportación del vino chileno

Fuente: Buzzetti, (2017)

Entre otros desafíos para la producción del vino a nivel nacional, se encuentra el impacto del cambio climático para las diferentes regiones del país. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.2**, se muestran los efectos climáticos y su influencia a la producción del vino. El aumento de las temperaturas ya está afectando de la siguiente manera:

- Pérdida del carácter balanceado (sabor).
- Adelanto de la maduración.
- Aumento del pH.
- Riesgo de microorganismos no deseables.

Con temperaturas muy altas se obtiene un mayor contenido de alcohol en las uvas. Además, el agua es un factor importante y el viento regula los niveles de humedad. Hay varias alternativas para enfrentar esa problemática del cambio climático:

- Relocalización en nuevos Terroir.
- Uvas más robustas.
- Agricultura de precisión.

Para aumentar la producción se implementa mucha tecnología para medir las condiciones del suelo en muchas zonas dentro del mismo campo. Con eso se logra dosificar los fertilizantes no en forma universal sino variable para cada zona (Best, 2013; Best, 2008; Iezzi, 2009).



Figura 2. Zona geográfica y calidad del vino

Fuente: Iezzi, (2009)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

El objetivo principal del estudio es evaluar oportunidades de reducir el uso indirecto de energías fósiles en el sector vitivinícola aprovechando las energías disponibles en las zonas donde se encuentren emplazadas las empresas vitivinícolas.

1.3.2 Objetivos Específicos

Entre los objetivos específicos se tiene:

- Analizar los usos actuales y potenciales de ER en el sector.
- Analizar oportunidades para aumentar la participación de ER.

- Describir las tecnologías de la producción de vino y el uso de energía asociado.
- Identificar alternativas de energías renovables aplicables a la industria vitivinícola.
- Dimensionar diferentes tecnologías energéticas para una viña de referencia.
- Levantar indicadores.
- Realizar la evaluación económica respectiva.

1.4 Alcances del trabajo

El alcance del presente trabajo es aplicar a una empresa específica de tamaño medio las opciones de energías renovables que dispone la industria vitivinícola luego de una exhaustiva descripción de las opciones y tecnologías.

Para esto, se elige una viña mediana para evaluar la aplicación de las tecnologías de energía renovable más adecuadas en reemplazo del uso eléctrico en base a las tecnologías convencionales.

1.5 Organización del trabajo

En el segundo capítulo se presenta el proceso de producción del vino, las ubicaciones de las viñas en Chile, las cantidades de producción y el uso de energía en el sector vitivinícola.

El siguiente capítulo describe las aplicaciones de fotovoltaica, solar térmica y Bomba de Calor.

El capítulo cuatro se dedica a las aplicaciones de Biogás, biomasa y gasificación.

Después se presentan los indicadores de eficiencia energética.

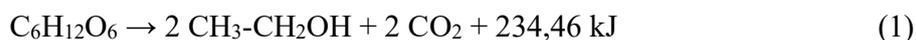
Finalmente, en el capítulo seis se resume los resultados, se presenta las conclusiones y las recomendaciones para futuros trabajos.

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR VITIVINÍCOLA

Durante gran parte de la historia y en muchas partes del mundo, el vino acompaña a la comida agregando energía y salud a las personas. Para producir un buen vino se necesita buenas uvas. El clima en muchas regiones de Chile permite la producción de vino de buena calidad. En los últimos años esa actividad se ha transformado en un sector relevante en la economía.

2.1 Proceso de producción del vino

Según la Figura 3 se puede separar el proceso vitivinícola en tres sectores, los cuales, muchas veces funcionan en lugares distintos. El primer sector es la agricultura que produce las uvas. Durante la vendimia se cosecha la uva y se entrega a la bodega. En la figura también se representan los suministros principales requeridos para la producción del vino. La parte central del proceso es la fermentación lo que se describe mediante la siguiente fórmula química (Henrie, 2005):



(azúcar > alcohol + dióxido de carbono)

El proceso de fermentación alcohólica es un proceso exotérmico, para lo cual se necesitan enzimas y además debe ocurrir en un recipiente hermético. El contacto con aire detiene el proceso y se llama efecto Pasteur. La primera fermentación dura alrededor de 10 días y luego ocurre la segunda fermentación. Para los vinos espumosos se realiza ese proceso en la botella. Normalmente se usan estanques de acero inoxidable para posteriormente pasar el vino a los barriles de madera donde ocurre la maduración y el almacenaje. Después de 6 meses para vino liviano y 3 años para vino robusto se llenan las botellas, se pone las etiquetas y el corcho y se entrega el producto final al tercer sector que es de la distribución.

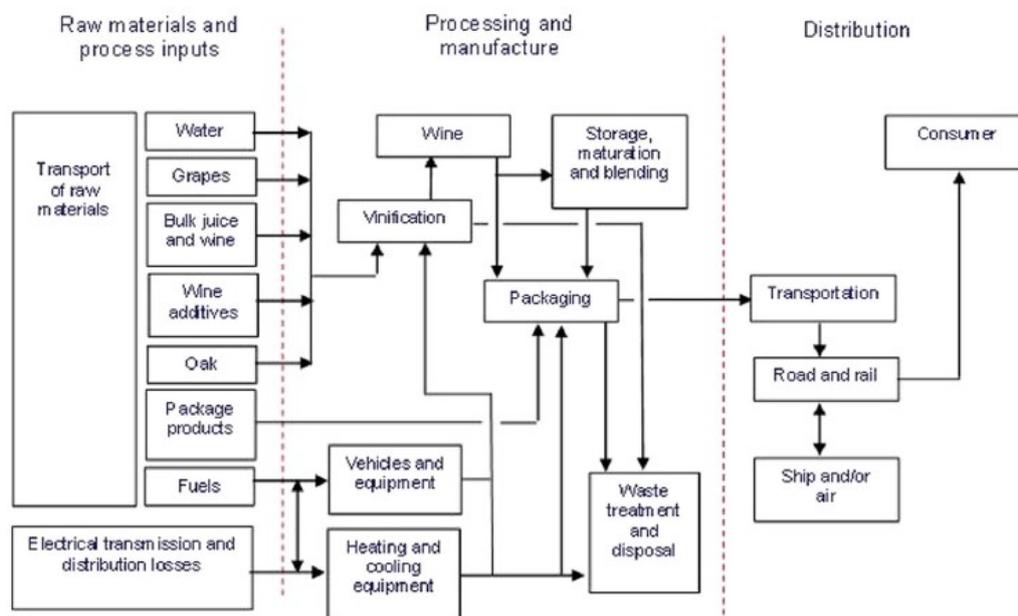


Figura 3. Proceso de producción de vinos separado en 3 sectores.

Fuente: Smyth, (2014)

2.2 Geografía, clima y economía del vino

La temperatura óptima para la plantación de uva para vino se encuentra entre 13°C y 24°C (ver Figura 2). Otros factores son el agua y la calidad del suelo, cuyo conjunto se llama Terroir. La superficie total de las plantaciones de vino en el mundo son 7.861 millones hectáreas. 3.818 millones ha se encuentran en Europa (Iezzi, 2009) y en Chile hay alrededor de 200.000 ha (Buzzetti, 2017).

En las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y 2 se indica la participación de las diferentes cepas en las plantaciones vitivinícolas en Chile incluyendo el pisco y la uva como fruta.

Considerando la elaboración del vino, Chile ha logrado establecerse en el sexto lugar de los productores de vino en el mundo (ver Tabla 3). La distribución de la producción entre las diferentes regiones se muestra en la Figura 4.

Tabla 1: La producción de uva y su uso en Chile

Tipo de uso de la uva	Superficie [ha]
Uva	49.000
Pisco	9.000
Vino	142.000
Total	200.000

Fuente: *Elaboración propia a base de Buzzetti, (2017)*

Tabla 2: La producción de las diferentes cepas de vino en Chile

Tipo de vino	Superficie [ha]
Cabernet Sauvignon	43.000
Sauvignon Blanc	15.000
Merlot	12.000
Chardonnay	12.000
Carmenere	11.000
Syrah	8.000
Otros	41.000
Total	142.000

Fuente: *Elaboración propia a base de Buzzetti, (2017)*

Tabla 3: Producción de vinos de diferentes países

Puesto	País	Producción [millones de hectolitros]
1	Italia	44.900
2	Francia	44.082
3	España	40.000
4	Estados Unidos	22.000
5	Argentina	14.984
6	Chile	12.000
7	Australia	11.600

8	Sudáfrica	9.788
9	Alemania	9.180
10	Rusia	7.110
11	Rumania	5.600

Fuente: *Elaboración propia a base de OIV, (2018)*

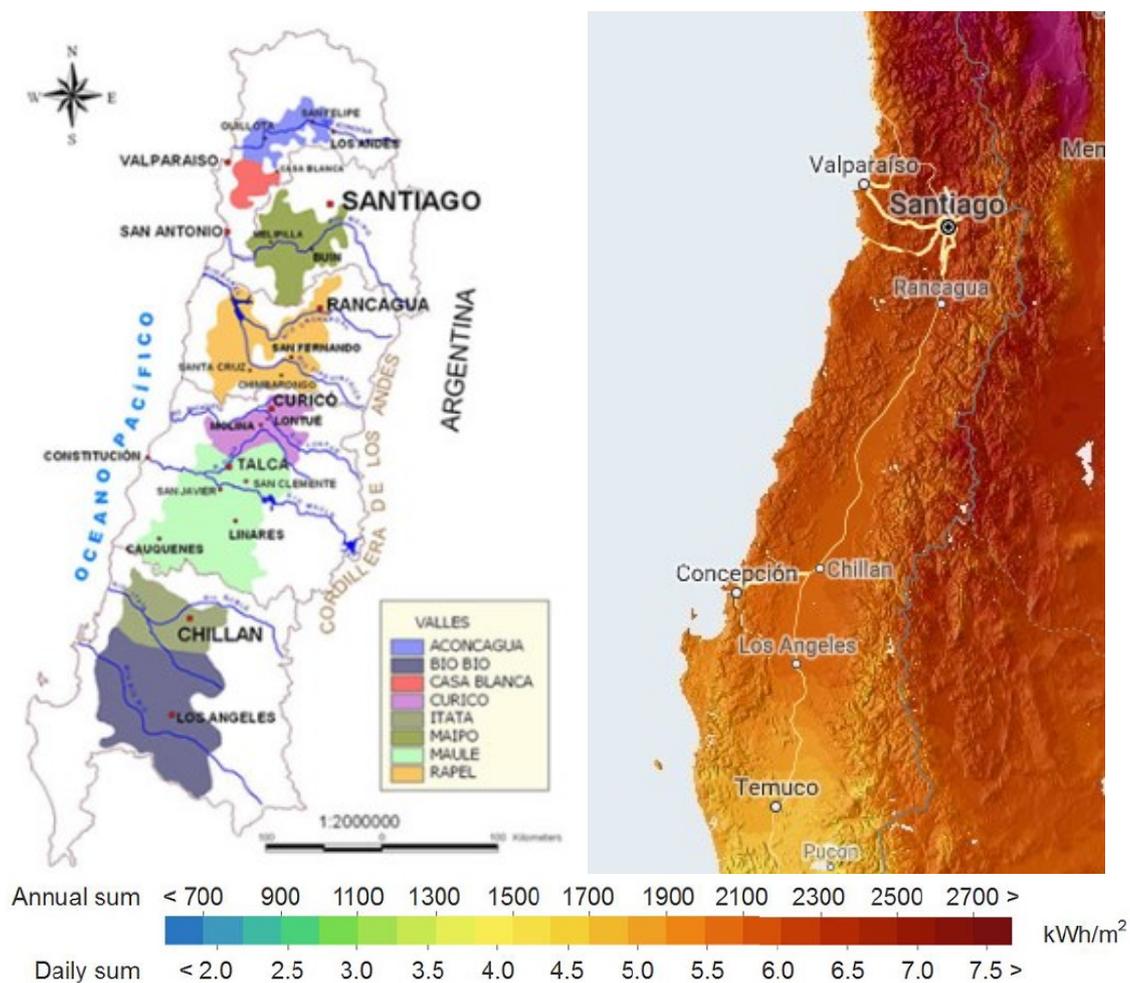


Figura 4. Los lugares de la producción de vinos chilenos y radiación solar.

Fuente: *losvinosdelmundo, (2019), solargis, (2019)*

2.3 Energía en la producción del vino

Para producir vino se requiere energía. En promedio para cada litro se requiere alrededor de 1 kWh (Smyth, 2014), de manera que para cada parte del proceso al interior de una planta de producción de vino se usan diferentes formas de energía. Para el transporte principalmente el diesel, para la calefacción se reparte las formas de energía en gas, Diesel o leña y la mayor parte del proceso se realiza con energía eléctrica (Concha y Toro, 2016). La distribución de esas formas energéticas entre las diferentes funciones se ve en la Figura 6. El consumo más alto de energía eléctrica corresponde a la refrigeración (Galitsky, 2005) especialmente para las grandes viñas. En el caso de la viña mediana los consumos son equivalentes entre producción, refrigeración e iluminación.

La cosecha se realiza cuando la uva está madura y no se debe esperar demasiado tiempo y tampoco cosechar durante neblinas o mal tiempo. Se recomienda separar las uvas inmaduras y las pasadas para obtener la mejor calidad y disminuir la cantidad de energía en los procesos que siguen. Algunas viñas están incorporando cosechadoras mecánicas a sus campos para optimizar sus procesos (Concha y Toro, 2016).

Varias viñas compran las uvas a los campesinos, pero la mayoría tiene su propio campo. Esa parte del proceso se considera como al exterior de la planta. Cuando ingresa la uva a la planta se limpia y se separa el palillo antes de molerla. La molienda solo rompe la piel para liberar el jugo sin apretar los cuescos. El vino blanco se filtra antes de la fermentación mientras el vino tinto se fermenta para luego pasar por los filtros.

La temperatura óptima para producir un buen vino debe ser constante durante la fermentación lo que requiere refrigeración, calefacción y control de la temperatura. El vino tinto se fermenta entre 24°C y 27°C y el vino blanco entre 7°C y 18°C. La fermentación del vino tinto dura entre 7 y 10 días y el vino blanco se demora entre 7 y 28 días. El proceso se controla con la medición del grado de azúcar.

Terminando ese proceso se realiza una clarificación antes de pasar al almacenaje. El vino blanco se guarda entre 4°C y 7°C y el vino tinto entre 7°C y 21°C (Comfort, 2008; Iland, 2012; Lima, 2015).

El vino se comercializa en botellas y eso es el último proceso antes de la distribución. Generalmente se realiza en la misma bodega, solo cuando se trata de grandes cantidades se exporta en estanques y se realiza el embotellamiento en el lugar del destino. Esa parte del proceso también se considera como al exterior de la planta.

Con los datos de las principales viñas de Chile (Galitsky, 2005; Concha y Toro, 2016; Viña San Pedro Tarapacá, 2016; Viña Santa Rita, 2015) se elaboró la Figura 6 donde se distribuye las diferentes formas de energía en porcentaje y asignado al consumo específico. A diferencia de la Figura 5 considera también las fuentes de energía al exterior de la planta. Este estudio se concentra al consumo de energía al interior de la planta (12 %) donde prevalece la Electricidad (6%) antes del Gas (3 %) y el Diesel (3 %).

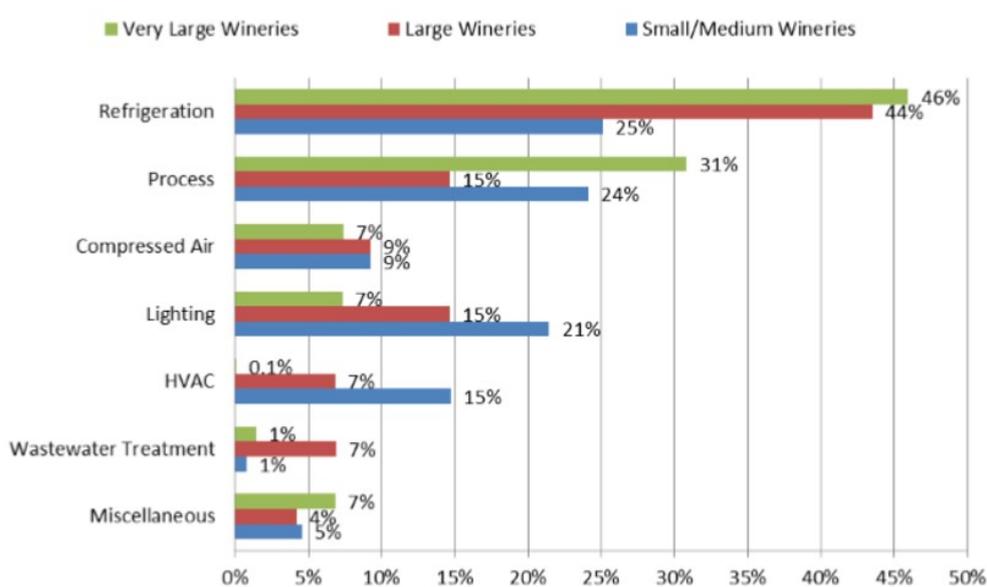


Figura 5. Consumo de energía eléctrica en la industria del vino.
Fuente: Galitsky, (2005)

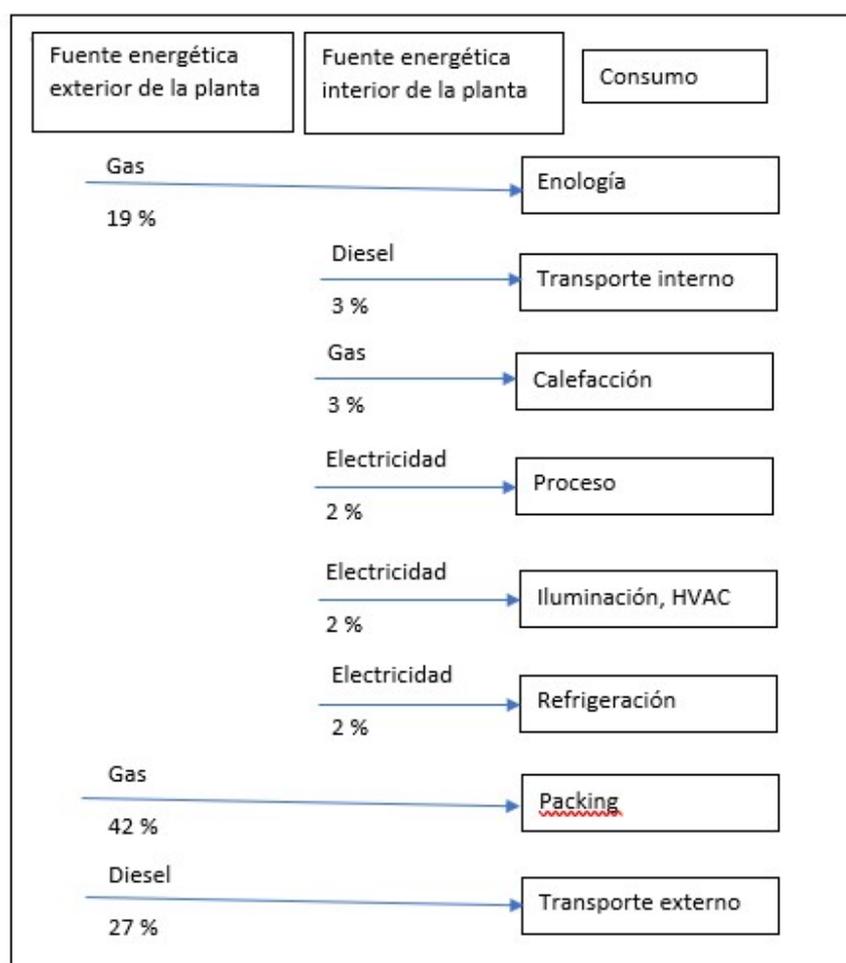


Figura 6. Consumo de energía (en %) en las diferentes partes del proceso.
Fuente: Elaboración propia a base de Galitsky, (2005); Concha y Toro, (2016); Viña San Pedro Tarapacá, (2016); Viña Santa Rita, (2015)

CAPÍTULO 3 TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA RENOVABLE

En este capítulo se presentan las tecnologías de energía renovable con aplicaciones aptas para el sector vitivinícola. En particular, se estima que la de mayor aplicabilidad son las energías del tipo de la Fotovoltaica, la Solar Térmica y las Bombas de Calor. Después de una breve presentación de los equipos y su funcionamiento se dimensiona un ejemplo específico para verificar su costo y la opción de instalarlo. Las biotecnologías se presentan separadas en el capítulo 4.

3.1 Tecnología Fotovoltaica

Para implementar sistemas fotovoltaicos hay muy buenas condiciones en el sector vitivinícola. Las necesidades geográficas para un rango de temperaturas (ver capítulo 2.2) y la alta radiación solar en estas zonas favorecen la aplicación de la energía solar. Como las mayores viñas en Chile están en la sexta y séptima región se obtiene las radiaciones según Tabla 4 y para el lugar del proyecto en la sexta región se considera 2083 kWh/m²/año.

Para la selección del lugar y lograr una alta representatividad se consideró los siguientes criterios:

- Viña mediana
- Zona de una alta producción de vino
- Orientación del techo de la bodega hacia el norte

Tabla 4: Promedio anual de la radiación solar en Santa Cruz (kWh/m²/día)

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Directa	4.58	4.33	4.51	4.67	4.81	4.59	5.13	4.99	4.74	4.72	4.6	4.59	4.21
Difusa	0.95	0.99	0.94	0.95	0.9	0.95	0.88	0.92	0.94	0.94	0.93	0.95	1.02
Suelo	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Global	5.64	5.43	5.56	5.73	5.83	5.65	6.13	6.03	5.79	5.77	5.64	5.65	5.34

(b) Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.

Fuente: *Elaboración propia a base de www.exploradorsolar, (2019)*

Como esta radiación corresponde al valor energético incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio en cuestión, para los efectos de este estudio, la inclinación se considera 30° con orientación al norte. En el caso que la inclinación o ubicación se aleja de la orientación óptima, lo que significa una disminución de la energía, hay que considerar unos factores. Mientras se logra un factor menor de 10% (zona azul de la Tabla 5) se puede recomendar la instalación de un sistema fotovoltaico en el techo.

Desde un punto de vista estructural, la estabilidad de un techo que permita alojar un sistema fotovoltaico es definido en la norma NCH 1537 donde se exige 100 kg/m² y para el sistema fotovoltaico se considera una sobrecarga de 30 kg/m². Los techos de adobe o pizarreño (fibrocemento) no son recomendable. Los materiales deben ser compatibles con la norma NCH 433 como hormigón, acero, madera o albañilería.

Tabla 5: Región VI y VII. Diferencia porcentual de generación de energía para una orientación e inclinación específica versus el óptimo (verde)

Orientación/ Inclinación	-90°	-70°	-290°	-60°	-45°	-35°	0°	35°	45°	60°	70°	90°
5°	10.6%	10.1%	9.5%	9.0%	8.3%	8.0%	7.6%	8.4%	8.8%	9.6%	10.1%	11.3%
10°	10.9%	9.8%	8.7%	7.7%	6.4%	5.8%	5.0%	6.6%	7.4%	8.8%	9.9%	12.3%
20°	12.4%	10.1%	8.1%	6.2%	3.9%	2.8%	1.4%	4.3%	5.8%	8.4%	10.5%	14.8%
30°	14.8%	11.7%	8.8%	6.3%	3.3%	1.7%	0.0%	3.8%	5.8%	9.4%	12.1%	18.1%
40°	18.1%	14.3%	10.9%	7.9%	4.4%	2.7%	0.9%	5.3%	7.6%	11.7%	14.8%	21.9%
45°	20.0%	15.9%	12.3%	9.2%	5.6%	3.9%	2.2%	6.8%	9.1%	13.3%	16.5%	24.0%

* Cálculos obtenidos en bases a simulaciones en el Explorador Solar del Ministerio de Energía, datos de Parral.

Fuente: Romero, (2008)

Para efectos del presente estudio se seleccionó una viña representativa a la cual pueda aplicarse las tecnologías en discusión. En las Figuras 7 y 8 se muestra la viña elegida.



Figura 7. Instalaciones de la viña en la sexta región
Fuente: Google Earth, (2017)



Figura 8. La bodega de la viña con techo metálico

Fuente: Google Earth, (2017)

Para estimar el valor del consumo energético se tomó información de los reportes de sustentabilidad de las viñas Concha y Toro, San Pedro y Santa Rita, que tienen plantaciones de uva en un área de 11.000 ha, 4.208 ha y 3.706 ha, respectivamente. La viña considerada en ese estudio tiene un área de 700 ha (Siegelvinos, 2017). Con esos datos se puede calcular los siguientes factores del tamaño relativo para calcular la Demanda de Energía eléctrica:

$$F1 = \text{Valor Viña Considerada} / \text{Valor Viña C y T} = 700 / 11.000 = 0,0636$$

$$F2 = \text{Valor Viña Considerada} / \text{Valor Viña San Pedro} = 700 / 4.208 = 0,166$$

$$F3 = \text{Valor Viña Considerada} / \text{Valor Viña Santa Rita} = 700 / 3.706 = 0,189$$

Demanda de Energía eléctrica de la Viña Considerada = F2 x Demanda de Energía eléctrica de la Viña San Pedro = 0,166 x 13.278 MWh / año = 2.204 MWh / año. Se consideró esa viña para el cálculo por ser la más eficiente de las tres (ver Tabla 16).

Para este caso, se tiene una bodega de 400 m² con un techo hacia el sur de 200 m² y hacia el norte de 200 m². Con esa superficie y la ubicación se puede instalar un sistema fotovoltaico con 60 módulos y una potencia total de alrededor de 15 kW.

(cálculo: $200 \text{ m}^2 / (1,8 + 1,6 \times \cos 30^\circ) \text{ m} = 62,8 \text{ m}$)

Para la evaluación se debe considerar una degradación de 0,7% por año. El tamaño estándar de un módulo de 250 W es de 1,6 m x 1 m. En el techo se debe dejar un espacio entre filas de 1,8 m para evitar que la primera fila de sombra a la segunda fila. Además, hay que verificar la ausencia de edificios vecinos o árboles que podrían dar sombra a los paneles fotovoltaicos.

Considerando la radiación del lugar geográfico, el clima y las horas de sol se llega a una producción de energía eléctrica de 23.652 kWh/año. Con eso se determina el factor de planta en $23.652 \text{ kWh} / (15 \text{ kW} \times 8760 \text{ h}) = 0,18 = 18 \%$.

Considerando la instalación de la planta fotovoltaica se logra obtener un aporte ER al consumo de energía eléctrica de alrededor de 1%.

La inversión de las instalaciones es de 18.000 USD, considerando el valor 1.200 USD/kW (Grandel, 2016).

Los costos de mantención corresponden a alrededor de 1% de la inversión lo que significa 180 USD cada año.

3.2 Tecnología Solar Térmica

Para calentar agua con paneles solares se requieren los siguientes equipos, conforme es mostrado en la Figura 9. Los colectores se ubican en el techo con una inclinación hacia al norte, el intercambiador separa los circuitos primarios del secundario y el acumulador guarda el agua caliente para el tiempo cuando no hay sol. Como respaldo se puede usar una caldera a base de un combustible como gas, petróleo o biomasa. Los equipos se conectan con tubería de cobre aislada (Figura 10) y las bombas se ubican en el lado del agua fría. Considerando los 200 m² con

orientación al norte y dejando un pasillo de 1 m entre las filas se pueden ubicar 80 módulos de 2 m² cada uno.

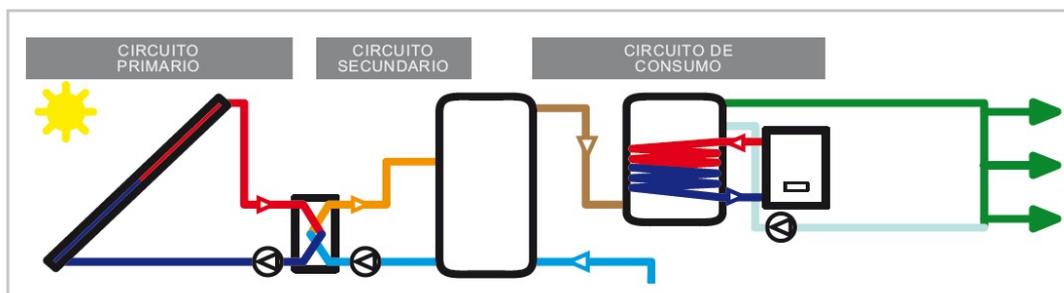


Figura 9. Los equipos del sistema solar térmica

Fuente: Martínez, (2010)



Figura 10. Aislación de las tuberías

Fuente: Martínez, (2010)

El caudal del sistema se calcula en

$$Q = 50 \text{ l/h m}^2 \times 160 \text{ m}^2 = 8000 \text{ l/h}$$

Para ese caudal se considera una tubería de 50 mm de diámetro.

Los acumuladores se dimensionan en:

$$V = 50 \text{ l/m}^2 \times 160 \text{ m}^2 = 8000 \text{ l}$$

En ese caso conviene considerar 2 acumuladores de 4000 l cada uno.

La potencia del sistema se calcula en:

$$P = 579 \text{ W / m}^2 \times 160 \text{ m}^2 = 92.640 \text{ W}$$

Demanda de Energía térmica de la Viña Considerada = F1 x Demanda de Energía térmica de la Viña Concha y Toro = 0,0636 x 58.889 MWh / año = 3.745 MWh / año

Considerando la instalación de la planta termosolar se logra obtener un aporte ER al consumo de energía térmica de alrededor de 4%.

Esa tecnología entra en conflicto con la fotovoltaica por usar el mismo espacio en el techo.

El costo de las instalaciones suma cerca de 108.000 USD y se detalla de la siguiente forma (González, 2009):

Tabla 6: Costo de una instalación solar térmica

Descripción	Unidades	Precio unitario	Precio
Captadores	80	700	56.000
Acumuladores circuito primario	2	5.000	10.000
Acumuladores circuito secundario	2	4.000	8.000
Bombas, Intercambiador	1	20.000	20.000
Soportes, Tubería	1	14.000	14.000
Costo Total en USD			108.000

Fuente: Elaboración propia a base de González (2009)

Los costos de mantención corresponden a alrededor de 2% de la inversión lo que significa 2.160 USD cada año.

3.3 Tecnología Bomba de Calor

Una bomba de calor usa la energía del ambiente y la transporta a un lugar específico para aumentar la temperatura (calefacción) o disminuirla (aire

acondicionado). Su funcionamiento está asociado a los 4 elementos que están conectados en el ciclo termodinámico. El evaporador extrae el calor del ambiente que puede ser el aire, el agua o el suelo y lo incorpora al ciclo. El compresor aumenta la presión del fluido refrigerante (usualmente R410) en estado gaseoso y lo entrega al condensador para calentar el agua o la habitación. El fluido pasa al estado líquido y la válvula de expansión regula la cantidad del fluido refrigerante. Este ciclo se muestra en la Figura 11.

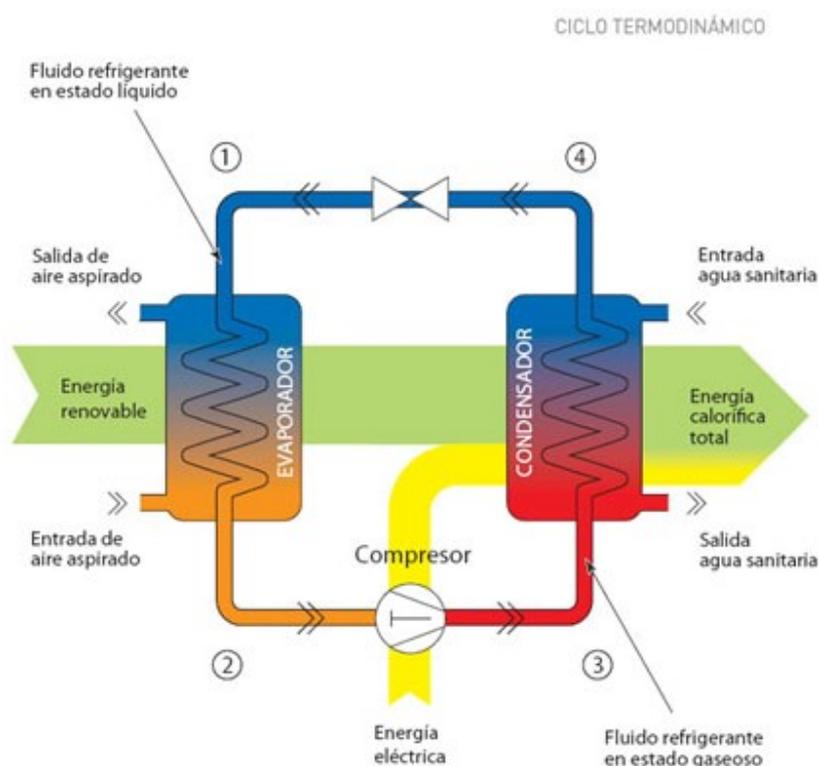


Figura 11. El ciclo de la Bomba de Calor

Fuente: Ariston, (2015)

En aquellas bombas de calor donde se requiera extraer el calor del suelo, las tuberías enterradas pueden estar dispuesto de manera horizontal o vertical. Mientras el sistema vertical logra alcanzar la profundidad (15 a 20 m) donde la temperatura

es estable (ver Figura 12), el sistema horizontal es más fácil de instalar porque requiere menos excavaciones. Para usar sistemas abiertos se requiere solicitar permisos porque se rigen con el código de agua.

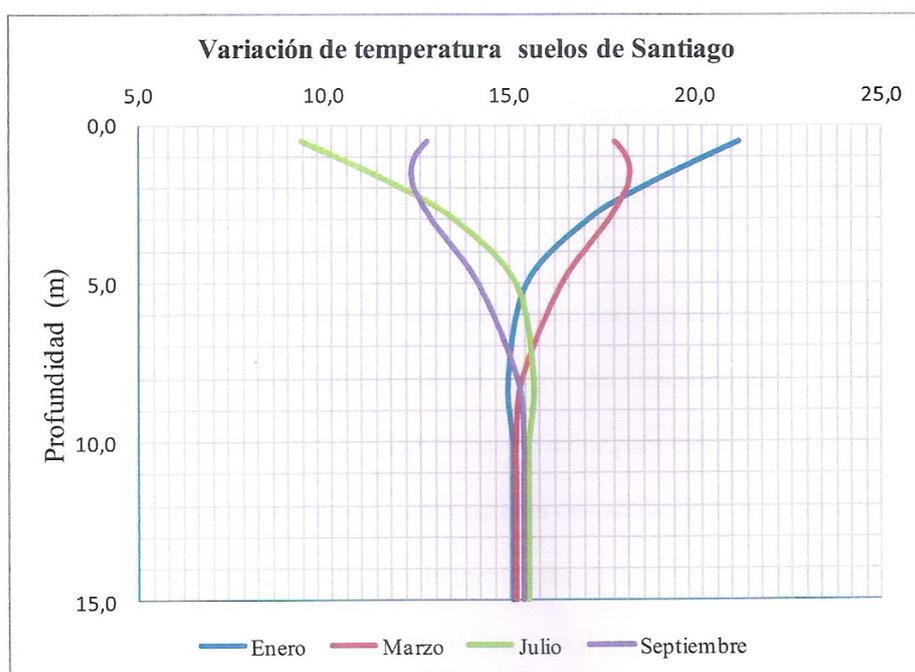


Figura 12. Temperatura del suelo en Chile
Fuente: Palacios, (2014)

El consumo actual de energía térmica de la viña es 3.745 MWh/año. Considerando la instalación de la bomba de calor se logra obtener un aporte ER al consumo de energía térmica de alrededor de 6%.

Esa tecnología no entra en conflicto con las dos anteriores.

El costo de las instalaciones suma cerca de 110.000 USD (Palacios, 2014).

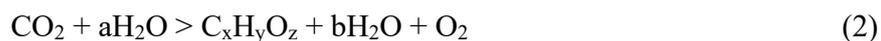
Los costos de mantención corresponden a alrededor de 2% de la inversión lo que significa 2.200 USD cada año.

CAPÍTULO 4 PROYECTO BIOREFINERÍA - COGENERACIÓN

El potencial de desarrollar la Bioenergía para usarla en otra forma es enorme. Se estima que el uso actual en el mundo es de 50 EJ y puede llegar a alrededor de 500 EJ en el año 2050 según Figura 13. Grandes oportunidades están en la recuperación de material que actualmente se destina a la basura. Incluso alrededor de 40 % de la comida no llega a su uso final.

En una viña se planta las parras para obtener uva y producir vino lo que es el producto principal. Hay productos secundarios, como podas, orujo y escobajo que en la actualidad la industria vitivinícola no utiliza para efectos de uso energético. Para poder dar una utilidad energética a esos productos secundarios a continuación se muestran algunas opciones.

El uso de una biorefinería permite generar diferentes productos de la biomasa. Como esa biomasa tiene su origen en la naturaleza, el uso de esta tecnología es factible de aplicar perfectamente a la industria del vino. Ese proceso se llama fotosíntesis que transforma la energía solar en biomasa y se puede describir con la siguiente fórmula:



Es una reacción endotérmica que requiere 469 kJ por mol. Esa energía queda almacenada en la planta como energía química.

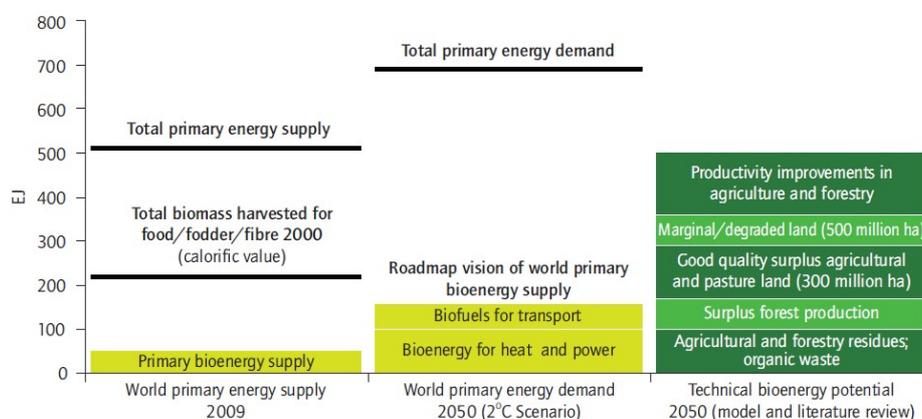


Figura 13. Potencial de Bioenergía estimado

Fuente: van der Hoeven. (2012)

El potencial de bioenergía en una viña se asocia al abundante residuo que queda una vez procesado el vino. La forma más simple es el compostaje, cuando los restos de las ramas y hojas se transforman en fertilizante. Otra forma es la combustión en forma abierta o en una caldera. Más elegante es el uso de biogás (CH_4) o la gasificación (H_2). También se puede pensar en aplicar celdas de combustible MFC (=Microbial Fuel Cells). Algunas de esas formas se describen a continuación.

4.1 Biogás

El potencial en fuentes de biomasa como residuos sólidos es muy grande en la sexta y séptima región (ver Tabla 7). Generalmente se quema en el mismo lugar donde se realizó la poda. Con esas prácticas se genera contaminación y un peligro de incendio. La biomasa puede ser aprovechada para la generación directa de electricidad, calor o para la producción de Biogás. El proceso de generar biogás funciona con microorganismos y se llama digestión anaeróbica. La digestión anaeróbica sucede en 4 etapas principales dentro de un reactor biológico o digestor: hidrólisis, ácido-génesis, aceto-génesis y metano-génesis.

Tabla 7: Potencial de Biogás del sector vitivinícola

Región	Materia orgánica disponible t/año	Biogás miles m ³ /año	Metano miles m ³ /año
RM	2.116	1.481	918
IV	194	135	84
V	440	308	191
VI	2.023	1.416	878
VII	7.171	5.020	3.112
VIII	201	141	87
IX	0	0	0
X	6	4	2
Total bodegas	12.151	8.505	5.272
Industria procesadora residuos	39.218	27.561	17.088

Fuente: Chamy, (2007)

En la Figura 14 se describen los equipos que se ocupan en una planta de biogás. El proceso comienza inicialmente con la recepción de los materiales y la preparación (agregar agua y mezclar). A continuación, ingresa a los digestores donde fermenta en forma anaeróbica y produce el biogás. Luego es almacenado en unos estanques antes de ocupar el material como fertilizante. Un beneficio de este tipo de procesamiento es que la carga de organismos patógenos en los lodos es muy baja. Otro beneficio adicional es la reducción de gases de efecto invernadero. En vez que el material orgánico emita el CH₄ en la naturaleza, este proceso permite captar y usar esa forma de energía. El uso más adecuado es en forma de cogeneración lo que significa que se obtiene energía eléctrica y térmica desde un grupo electrógeno.

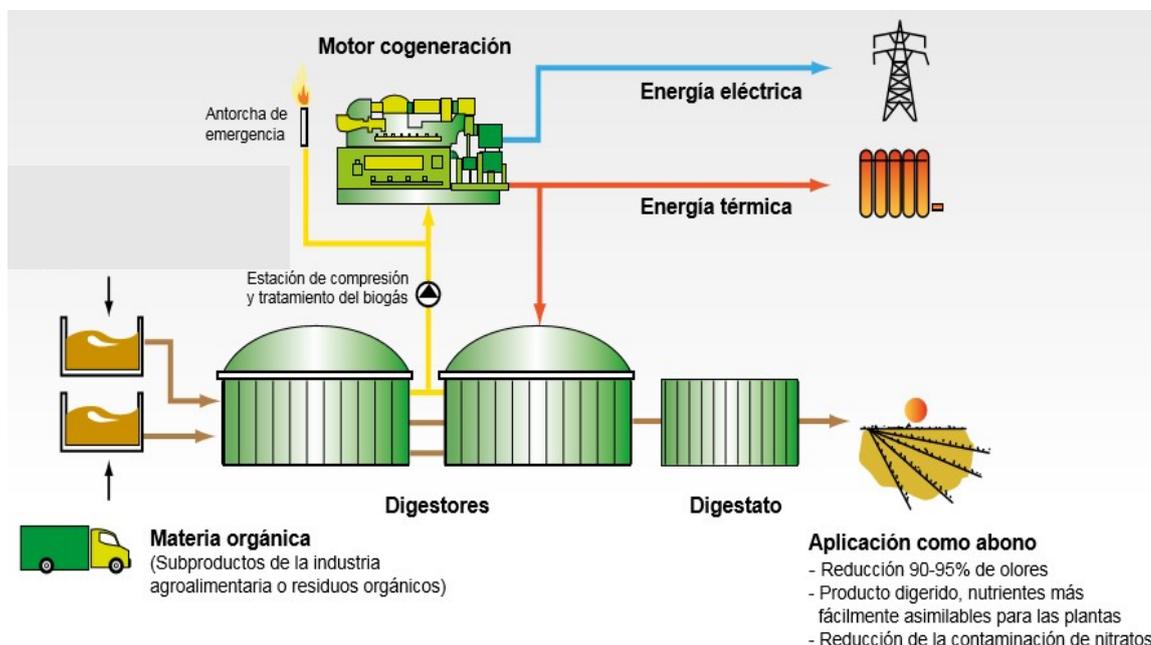


Figura 14. Equipos de la Biorefinería

Fuente: Chamy, (2007)

Para plantas más grandes se usan otras tecnologías. El criterio de elección es el tamaño de la planta: para plantas mayores a 2 MWe se utilizan turbinas a gas y para tamaños menores se utilizan motores de combustión interna.

Para la cogeneración es necesaria la eliminación del ácido sulfhídrico (H_2S) compuesto tóxico para la salud y que, además, puede mezclarse con el vapor de agua en el biogás y formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) el que corroe a los equipos. De los diferentes tipos de fermentación (ver Tabla 8) se ocupa generalmente la mesofílica. Para usar el tipo termofílico hay que usar una temperatura más alta que requiere más energía, pero reduce el tiempo de la fermentación.

Tabla 8: Tipos de la Fermentación

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psicofílica	4-10 [°C]	15-18 [°C]	20-25 [°C]	Sobre 100 días
Mesofílica	15-20 [°C]	25-35 [°C]	35-45 [°C]	30 a 60 días
Termofílica	25-45 [°C]	50-60 [°C]	75-80 [°C]	10 a 15 días

Fuente: Carrasco, (2015)

Un factor importante para la planta de biogás es la relación carbono nitrógeno C / N que debe estar entre 35 : 1 y 8 : 1. El análisis químico según Tabla 9 indica que la poda y el escobajo por si solo no cumplen ese factor. Significa que se deben mezclar con otros materiales para no dificultar el proceso.

Tabla 9: Análisis químico de los diferentes productos

Producto		C	H	O	N	S	PCI
	(phyllis)	%	%	%	%	%	MJ/kg
poda de viñedo	1253	46,6	5,9	43,9	0,83	0,04	17,8
escobajo (despalillado)	3285	45,7	5,1	44,3	1,07	0,08	18,3
orujo (resto del prensado)	1252	52,9	5,9	30,4	1,86	0,03	19,1
pepas	2862	45,3	5,6	35,4	1,80	0,05	17,2

Fuente: Elaboración propia a base de ECN, (2018)

De la energía producida hay que considerar 2% de la energía eléctrica para el uso interno de bombas etc. y 25% de la energía térmica para mantener los digestores a la temperatura.

A continuación, se analizarán los potenciales asociados a la viña presentada en el capítulo 3.

Usando el Factor F3 y con los datos del reporte de sustentabilidad de la Viña Santa Rita se obtiene la siguiente cantidad de materiales disponibles (Tabla 10):

Tabla 10: Cantidad de materiales disponibles

Ítem	Descripción	Factor	Materiales Viña Santa Rita t/año	Materiales Viña de estudio t/año	
A1	podas	0,189	1.042	197	
A2	orujo	0,189	794	150	
A3	escobajo	0,189	397	75	
A4	pepas	0,189	79	15	
A5	borras	0,189	111	21	
	Total			458	
A6 / A7	Total vendimia			261	son 87 t/mes
A8	Total resto del año			197	son 22 t/mes
A9	Diferencia				65 t/mes

Fuente: Elaboración propia a base de la Viña Santa Rita, (2015)

Los materiales A2, A3, A4 y A5 solo están disponibles durante la vendimia que se realiza en verano entre febrero y abril (3 meses) lo que permite determinar los factores A6, A7, A8 y A9. A continuación se muestra 2 opciones para definir el tamaño de la planta.

Opción 1: Con el resultado mostrado en la Tabla 10 conviene conseguir 65 t de material durante 9 meses para lograr una continuidad de producción de biogás con 87 t de material mensual.

Opción 2: En el caso de usar solo material propio sin aporte de las podas de los vecinos se calcula con los 458 t anuales.

Tabla 11: Cálculos de Potencias usando Biogás

Ítem	Descripción	Formula	Opción 1	Opción 2
A10	material por año		1.044 t	458 t
V1	Volumen del Digestor	$A10 \times 28/365$	80 m ³	35 m ³
Ítem	Descripción	Formula	Opción 1	Opción 2
D1	Diámetro	$2 \times \text{raiz}(V1/(3m \times 3,14))$	5,8 m	3,9 m
V2	Producción de Gas	$A10 \times 0,3 \times 0,7 \times 0,55 \times 1000$	120.582 m ³ /año	52.899 m ³ /año

V3	Estanque de Gas	$V2 \times 0,2/365$	66 m ³	35 m ³
P1	Potencia eléctrica	$V2 \times PCI \times 0,3/7500$	26,8 kW	11,8 kW
	Potencia térmica	$P1 \times 0,5/0,3$	44,7 kW	19,6 kW

Fuente: Elaboración propia a base de DGS, (2005)

En la tabla se usaron las siguientes condiciones:

- La densidad rho es $1000 \text{ kg} / \text{m}^3 = 1 \text{ t} / \text{m}^3$
- El tiempo de retención es de 28 días
- La altura del digestor h es 3 m
- La cantidad de materia seca DM es 30 %
- La relación materia orgánica / materia seca OM / DM es 70%

Para calcular el costo de una planta de biogás se puede considerar los siguientes factores según (Carlini, 2017). Las plantas mayores de 1 MW tienen un costo de 3.000 Euro / kW, entre 100 kW y 1 MW cuestan 4.000 Euro / kW y las plantas menores de 100 kW tienen un valor de 7.000 Euro / kW.

$$1 \text{ Euro} = 1,23 \text{ USD}$$

$$C1 = 26,8 \text{ kW} \times 7.000 \text{ Euro} / \text{kW} = 187.600 \text{ Euro} = 230.748 \text{ USD}$$

$$C2 = 11,8 \text{ kW} \times 7.000 \text{ Euro} / \text{kW} = 82.600 \text{ Euro} = 101.598 \text{ USD}$$

Los costos de mantención corresponden a alrededor de 2% de la inversión lo que significa 4.615 USD cada año para la opción 1 y 2.032 USD para la opción 2.

El consumo actual de energía térmica de la viña es 3.745 MWh/año y eléctrica 2.204 MWh/año. Considerando la instalación de la planta de biogás se logra obtener un aporte ER al consumo de energía térmica de alrededor de 9% y de energía eléctrica de alrededor de 9%.

4.2 Biocombustible

Para usar la biomasa como combustible es importante reducir la humedad. El material que se obtiene cuando se realiza la poda tiene un contenido de agua en la madera entre 40% a 80%. Hay partes con más humedad y otras con menos. Lo que indica separar esas partes y destinar diferentes usos. La parte más húmeda son las hojas y las ramas pequeñas que sirven mejor para la digestión anaeróbica o compostaje mientras las partes más gruesas son más aptas para la combustión o gasificación. En la Tabla 12 se muestran los diferentes valores del poder calorífico de la biomasa del vino.

Tabla 12: El poder calorífico de la madera

Determination of the GCV and NCV of the wood according to the vine variety.

Varieties	GCV (MJkg ⁻¹)	NCV (MJkg ⁻¹)
Sauvignon blanc	18.7	17.3
Pinot	16.5	15.1
Cabernet sauvignon	17.6	16.2
Chardonnay	17.6	16.2
Carmenere	18.7	17.3
Average	17.8	16.5
Standard deviation	0.920	0.920
Coeff. of variation (%)	5.2	5.2

Fuente: Fernández-Puratich, (2015)

En la Tabla 13 se indica el cálculo de la potencia de la planta.

Tabla 13: Cálculo de la Potencia del Biocombustible

Fuente: Elaboración propia a base de DGS, (2005)

Ítem	Descripción	Formula	Más húmedo	Más seco
A1	material por año	197 t	98 t	99 t
	Potencia térmica	A1 x PCI2 x eta / t		54 kW

En la tabla se usaron las siguientes condiciones:

- La eficiencia de la caldera es 90%.
- El poder calorífico del combustible es 16,5 MJ / kg.

$$C3 = 100 \text{ USD} / \text{kW} \times 54 \text{ kW} = 5.400 \text{ USD}$$

Los costos de mantención corresponden a alrededor de 2% de la inversión lo que significa 108 USD cada año.

El consumo actual de energía térmica de la viña es 3.745 MWh/año. Considerando la instalación de la caldera de biomasa se logra obtener un aporte ER al consumo de energía térmica de alrededor de 11%.

4.3 Gasificación

Una muy buena opción de usar la biomasa para producir hidrógeno es la gasificación a altas temperaturas. Este proceso es mostrado en la Figura 15 donde se observan cuatro etapas: secado, pirólisis, combustión y reducción. En el mundo hay 144 plantas de gasificación (Cárdenas, 2012) que producen 56.238 MW de gas de síntesis o amoniaco.

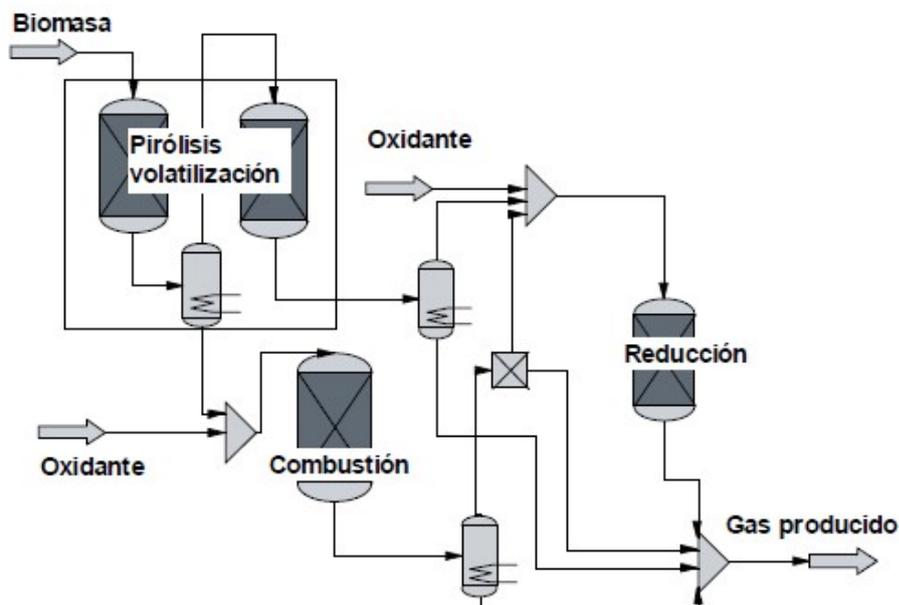
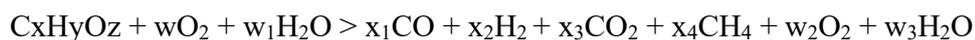


Figura 15. Proceso de Gasificación

Fuente: Cárdenas, (2012)

En la primera etapa se debe bajar la humedad del material a un valor de menos de 2% mediante aumento de temperatura a 150°C. En la pirólisis (350°C a 500°C) se separa el vapor del agua, los líquidos orgánicos y los gases no condensables del carbón fijo del combustible. La combustión (800°C a 1000°C) se requiere para proporcionar el calor para las reacciones endotérmicas de la pirólisis. La reducción da la composición final del gas generado y opera adiabáticamente. Al final se usa una limpieza de los gases principalmente para remover el alquitrán.

Las plantas de gasificación funcionan a base de carbón o biomasa y operan según la siguiente fórmula:



Los conceptos en donde se emplea la gasificación con oxígeno como agente gasificante (IGT) son más eficientes que aquellos conceptos en donde se emplea

aire (TPS). De todos los conceptos, la producción de hidrógeno a partir de la gasificación con oxígeno (IGT H₂) es el de mayor rendimiento energético.

Existe la opción de agregar el proceso Fischer-Tropsch para producir combustible líquido como Diesel. Así se puede obtenerlo de fuentes naturales en vez de fuentes fósiles.

A partir de la siguiente relación, es posible determinar la cantidad de hidrógeno que se puede producir en la planta en estudio (Cárdenas, 2012).

$$Q(\text{H}_2) = m(\text{Biomasa}) \times 1,2 \text{ m}^3 / \text{kg} = 197 \text{ t} \times 1000 \text{ kg} / \text{t} \times 1,2 \text{ m}^3 / \text{kg} = 236.400 \text{ m}^3$$

La potencia de la planta se calcula con la siguiente fórmula (Cárdenas, 2012):

$$P = m(\text{Biomasa}) \times \text{PCI} / \text{tiempo} = (197 \text{ t} / \text{año} \times 16,5 \text{ MJ} / \text{kg} \times 1000 \text{ kg} / \text{t}) / (7500 \text{ h} / \text{año} \times 3600 \text{ s} / \text{h}) = 120 \text{ kW}$$

En la Figura 16 se observa que con el aumento del tamaño de la planta disminuyen los costos.

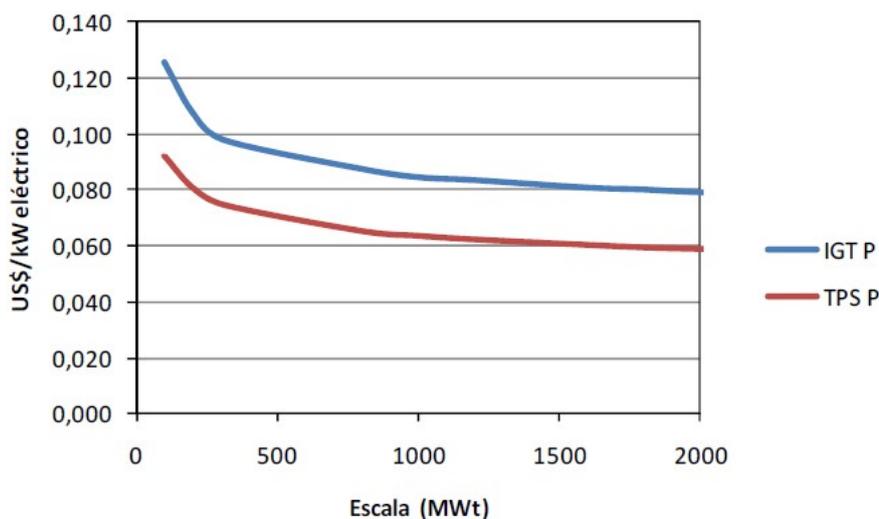


Figura 16. Influencia del tamaño de la planta sobre los costes
Fuente: Cárdenas, (2012)

Para calcular el costo de una planta de gasificación se puede usar la siguiente fórmula (Cárdenas, 2012):

$$1 \text{ Euro} = 1,23 \text{ USD}$$

$$Q = 197 \text{ t / año} = 0,022 \text{ t / h}$$

$$C4 = 30.820 \times (Q \times 1000)^{0,6983} = 30.820 \times (0,022 \times 1000)^{0,6983} = 270.000 \text{ Euro} = 333.000 \text{ USD}$$

Los costos de mantención corresponden a alrededor de 3% de la inversión lo que significa 10.000 USD cada año.

El consumo actual de energía térmica de la viña es 3.745 MWh/año. Considerando la instalación de la planta de gasificación se logra obtener un aporte ER al consumo de energía térmica de alrededor de 24%.

CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se presentan los costos de los diferentes proyectos para poder compararlos e indicar la tecnología más recomendable.

5.1 Presentación de los indicadores

En los proyectos de ingeniería se necesita definir indicadores para la evaluación de su desempeño económico. Los principales indicadores de proyectos son:

- a) Retorno de la inversión (Payback o ROI)

Este indicador calcula el tiempo en que el periodo tarda en recuperar la inversión según la fórmula:

$$0 = -I_0 + \sum_{i=1}^T F_i$$

Donde I_0 corresponde a la inversión inicial del proyecto, F_i al flujo de efectivo en el período i y T al periodo de retorno de la inversión, en donde la ecuación se cumple.

- b) Valor actual neto (VAN)

Este indicador corresponde a la suma de los flujos de efectivo del proyecto para un tiempo cero (actual). Para un proyecto en el que se están evaluando N periodos el VAN se calcula según:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^N \frac{F_i}{(1+r)^i}$$

Donde r representa la tasa de descuento del proyecto que aumenta para sistemas más riesgosos y representa el valor del dinero en el tiempo. Un proyecto que retorne flujos de efectivo posee un VAN mayor a cero.

Para comparar las diferentes tecnologías se ha ingresado los datos en las Tablas 14 y 15.

5.2 Evaluación económica tecnologías solares y bomba de calor

En los proyectos de ingeniería se necesita definir indicadores para la evaluación de su desempeño económico. Los principales indicadores de proyectos son:

Tabla 14: Evaluación de costos de los proyectos solares y bomba de calor

Tasa descuento	10%		
	ERNC	ERNC	ERNC
	Solar FV	Termosolar	Bomba de Calor
Capacidad [kW] eléctrica	15	0	0
Capacidad [kW] térmica	0	93	96
Factor de planta	18%	19%	28%
Costo unitario de Inversión [US\$/kW]	1.200	1.161	1.146
Costo Fijo Anual [US\$]	180	2.160	2.200
Costo variable [US\$/MWh]	0	0	0
Vida útil	20	20	20
Generación anual [kWh] eléctrica	23.652	0	0
Generación anual [kWh] térmica	0	153.160	237.792
Valor de Inversión [US\$]	18.000	108.000	110.000
factor de recuperación de capital	0,1175	0,1175	0,1175
Costos en US\$			
CF anual	180	2.160	2.200
CV anual	0	0	0
Costo Transporte	0	0	0
Costo Anual	180	2.160	2.200

	Solar FV	Termosolar	Bomba de Calor
Ingresos en US\$			
Ingresos Venta Energía	2.129	0	0
Ingresos Venta Potencia	243	0	0
Ingresos Venta Combustible	0	15.771	24.486
Ingreso anual	2.372	15.771	24.486
Valor presente Ingresos	20.191	134.270	208.464
Valor presente costos	1.532	18.389	18.730
VAN	659	7.880	79.734
ROI	19	17	8

Para el cálculo se consideró un precio de 90 USD/MWh para la energía eléctrica, 9 USD / kWh para la potencia eléctrica y 1 USD/l de combustible Diesel.

El costo de inversión de la instalación fotovoltaica es mucho menor que la instalación termosolar o bomba de calor (18.000 USD versus 108.000 USD o 110.000 USD). Pero la bomba de agua es más grande (96 kW versus 15 kW), el factor de planta es más alto (28 % versus 18 %) y la producción de energía es casi diez veces mayor.

La instalación fotovoltaica es atractiva por su bajo costo y la simplicidad en tecnología, montaje y mantenimiento, aunque el aporte es bajo. La bomba de calor, por el otro lado es interesante por su alto factor de planta y mayor aporte al suministro energético.

5.3 Evaluación económica de la biorefinería

Para comparar las diferentes tecnologías de la biorefinería se ha ingresado los datos en la siguiente Tabla 15.

Tabla 15: Evaluación de costos de los proyectos de la biorefinería

Tasa descuento	10%		
	ERNC	ERNC	ERNC
	Biogás	Biomasa	Gasificación
Capacidad [kW] eléctrica	27	0	0
Capacidad [kW] térmica	45	54	120
Factor de planta	88%	86%	86%
Costo unitario de Inversión [US\$/kW]	5.162	100	2.775
Costo Fijo Anual [US\$]	4.615	108	10.000
Costo variable [US\$/MWh]	0	0	0
Vida útil	20	20	20
Generación anual [kWh] eléctrica	207.753	0	0
Generación anual [kWh] térmica	346.514	404.922	899.827
Valor de Inversión [US\$]	230.741	5.400	333.000
factor de recuperación de capital	0,1175	0,1175	0,1175
Costos en US\$			
CF anual	4.615	108	10.000
CV anual	0	0	0
Costo Transporte	0	0	0
Costo Anual	4.615	108	10.000
Ingresos en US\$			
Ingresos Venta Energía	18.698	0	0
Ingresos Venta Potencia	724	0	0
Ingresos Venta Combustible	35.681	41.696	92.657
Ingreso anual	55.103	41.696	92.657
Valor presente Ingresos	469.126	354.980	788.845
Valor presente costos	39.289	919	85.136
VAN	199.096	348.661	370.710
ROI	7	0,2	6

El costo de inversión de la planta de biomasa es mucho menor que la de la planta de biogás y la gasificación (5.400 USD versus 230.741 USD y 333.000 USD). Pero la

planta de gasificación es más grande (120 kW versus 45 kW), el factor de planta es casi igual (86 % versus 88 %) y la producción de energía térmica es casi tres veces más grande.

La gran diferencia aparte de los precios es la dificultad de la tecnología. Mientras las calderas son bien conocidas, las plantas de biogás recién se ganaron su terreno de experiencia con una planta de gasificación hay pocas referencias lo que significa mayor riesgo para la inversión.

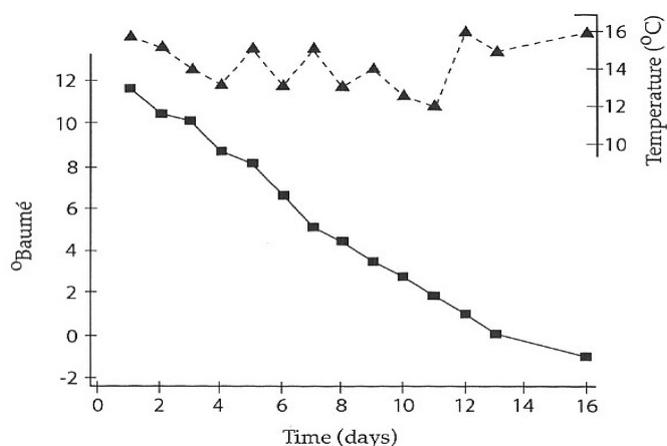
CAPÍTULO 6 PROYECTO EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para la determinación de la eficiencia energética de una planta es conveniente averiguar cuanta energía (kWh) es necesaria invertir para producir 1 kWh del producto final en la industria del vino. Este valor puede determinarse a partir de la energía contenida en un litro de vino. Específicamente, una copa de vino de 175 ml tiene alrededor de 150 calorías. Para 100 ml son 85 kcal y un litro tiene 850 kcal. Eso corresponde a 1 kWh por litro.

¿Cuánta energía en kWh se invierte para producir 1 kWh del producto final en la industria del vino?

Para obtener una respuesta conviene mirar con más detalle la parte del proceso que consume la mayor cantidad de energía que es la refrigeración (ver capítulo 2.3). Como durante el proceso de la fermentación hay que mantener la temperatura lo más constante posible hay que tener un buen sistema de control. El fin de la fermentación se logra cuando la concentración de azúcar (Baumé) alcanza el nivel cero en alrededor de 16 días (ver Figura 17).

En el sentido de poder comparar el consumo energético de las diferentes viñas, regiones y países se usa ese valor (kWh / l) como indicador.



An example of a record of the fermentation rate.

Figura 17. Parámetros de la fermentación

Fuente: Iland, (2012)

6.1 Indicador de Eficiencia Energética

Mediante la investigación de las fuentes de información de organismos autorizados ha sido posible evaluar los indicadores energéticos de varias viñas.

Mientras las Viñas San Pedro y Santa Rita declaran su indicador en el reporte, para la Viña Concha y Toro se calculó el valor con los siguientes datos (ver Tablas 18, 19 y 20):

$$\text{Consumo energético} = 2.959 \text{ TJ} + 181 \text{ TJ} + 212 \text{ TJ} = 3.352 \text{ TJ}$$

$$\text{Indicador} = 3.352 \text{ TJ} \times 1 \text{ kWh} / (245 \times 10^6 \text{ l} \times 3,6 \text{ MJ}) = 3,8 \text{ kWh} / \text{l}$$

Los indicadores internacionales varían entre 0,2 y 2 kWh / l (ver Tabla 17) mientras los nacionales tienen una variación más amplia, entre 0,07 y 8,5 kWh / l (ver Tabla 16). Esto significa que todavía no se ha establecido un criterio unificado de realizar las mediciones para calcular el indicador energético.

Tabla 16: Indicadores de viñas chilenas

	Producción	Energía
Viña San Pedro	184 Millones l / año	0,07 kWh / l
Viña Concha y Toro	245 Millones l / año	3,8 kWh / l
Viña Santa Rita	109 Millones l / año	8,5 kWh / l

Fuente: Elaboración propia a base de Viña San Pedro, (2016); Viña Concha y Toro, (2016); Viña Santa Rita, (2015)

Tabla 17: Indicadores de Eficiencia Energética Internacionales

Various regional/national energy benchmark metrics.

	kWh/l
New Zealand average	0.47
<i>The Mission winery, NZ</i>	0.2
Canadian range	0.21 to 1.9
Nova Scotia average	0.7
Australian range	0.75 to 2.0
South Australian average	2.14
<i>Ferngrove winery, WA</i>	0.25
<i>Domain Carneros, California</i>	1.62
English average	0.557 kWh/l

Fuente: Smyth, (2014)

Tabla 18: Indicadores de Eficiencia Energética en Chile (Combustibles)

Consumo de Combustibles Interno

Consumo total de combustible	Unidad	2014	2015	2016	VARIACIÓN
Gasolina	Miles lt	556	1.121	958	-15%
Petróleo	Miles lt	2.418	2.335	2.317	-1%
GLP	Miles lt	3.129	3.355	3.503	4%
Total	Miles lt	6.103	6.811	6.778	0%
Gas Natural	Miles m ³ s	-	144	161	12%
TOTAL	TJ	187	213	212	-1%

Fuente: Viña Concha y Toro, (2016)

Tabla 19: Indicadores de Eficiencia Energética en Chile (Electricidad)

Consumo de Electricidad Interno

Área	Unidad	2014	2015	2016	VARIACIÓN
Agrícola	MWh	10.463	11.302	11.826	5%
Bodegas	MWh	20.820	22.373	22.230	-1%
Operaciones	MWh	14.307	14.926	15.236	2%
Oficinas WTC	MWh	410	388	384	-2%
Total (MWh)	MWh	46.000	48.992	49.676	1%
Total (Tera Joule)	TJ	166	177	181	2%

Fuente: Viña Concha y Toro, (2016)

Tabla 20: Indicadores de Eficiencia Energética en Chile (exterior planta)

Consumo Energético Externo

Consumo energético relevante en actividades de producción	Unidad	2014	2015	2016	VARIACIÓN
Insumos de packaging	Tera Joule	1.207	1.235	1.362	10%
Insumo enológicos	Tera Joule	644	796	636	-20%
Bodegas de Vinificación Externas	Tera Joule	-	57	57	0%
Transporte de productos (exportación)	Tera Joule	523	578	604	4%
Transporte de uva propia y comprada	Tera Joule	55	124	61	-51%
Transporte nacional de productos	Tera Joule	45	59	65	10%
Transporte de vino	Tera Joule	-	75	97	30%
Transporte a centro de distribución	Tera Joule	-	13	7	-47%
Transporte desde plantas a VCT Chile	Tera Joule	-	31	26	-14%
Viajes de negocio	Tera Joule	20	37	44	19%
TOTAL	Tera Joule	2.494	3.004	2.959	-1%

Fuente: Viña Concha y Toro, (2016)

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han evaluado diferentes opciones tecnológicas factibles de ser usadas en una viña de la sexta región. Las tecnologías evaluadas han sido la solar fotovoltaica, solar térmica, bombas de calor, biogás, biomasa y gasificación. Cada una de las seis tecnologías tiene un VAN positivo de manera que no debe sorprender que la tendencia es que estas tecnologías de energía renovable en un futuro cercano puedan ser bastante competitivas, incluso, en un sector que no sea el de las vitivinícolas.

El factor común es que la energía primaria está disponible sin costo. Hay que considerar los proyectos como aporte porque no se logra un reemplazo total del consumo actual. Al considerar la construcción de todos los proyectos presentados solo se logra un aporte al consumo de energía eléctrica de 11% y de la energía térmica de 55%.

El proyecto más recomendable es la planta de biogás porque se obtiene energía eléctrica y térmica a la vez, además, se puede usar el residuo como abono. La más simple es la planta fotovoltaica para obtener energía eléctrica y la caldera de biomasa para energía térmica.

Hay que invertir más estudios para seguir en el desarrollo de una planta de gasificación y conocer mejor las diferentes etapas del proceso. Una bomba de calor requiere un estudio adecuado de las condiciones del suelo. La menos recomendable es la tecnología termosolar porque por una parte compite en el espacio del techo con la fotovoltaica y la energía térmica se puede conseguir con un mejor retorno de inversión aplicando las tecnologías biomasa o biogás.

Con esa presentación se resume las seis tecnologías más adecuadas para aplicar energías renovables en el sector vitivinícola. No se consideró la energía eólica ni la energía geotérmica. La energía hidráulica es una eventualidad de la ubicación que en el caso de la viña San Pedro se ha logrado realizar un proyecto. Se espera que cada vez más empresas consideran una u otra tecnología de las mencionadas para lograr una producción propia de energía (aunque sea parcial) y/o aplicar incentivos de eficiencia energética.

REFERENCIAS

- Abbasi, T., Tauseef, S.M., Abbasi, S.A. (2012). *Biogas Energy*, Springer. Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- Abdelaziz, E.A., Saidur, R., Mekhilef, S. (2010). A review on energy saving strategies in industrial sector. Recuperado el 10 de Diciembre de 2017
- Acevedo, Edmundo. (2006). *Agroenergía – un desafío para Chile*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2017
- ANIAE. (2017). *Informe Vendimia 2017*. Recuperado el 9 de Octubre de 2017
- Antúnez, Alejandro; Martínez, Marcelo; Schmidt, Reinhold. (2016). *Aplicaciones de Energía Solar Fotovoltaica en la Agricultura de zonas áridas*. Recuperado el 9 de Octubre de 2017
- Ariston. (2015). *La Bomba de Calor*. Recuperado el 4 de Marzo de 2018
- Attrach, Feras Saeed al. (2015). *Exportación del Vino Chileno. La estrategia de la asociación gremial vinos – Chile A.G.* Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- Best, Stanley. (2013). *Viticultura de Precisión – Terroir Digital*, INIA. Recuperado el 09 de Octubre de 2017
- Best, Stanley. (2008). *Agricultura de Precisión en viñedos, FIA*. Recuperado el 09 de Octubre de 2017
- Bochmann, Guenther; Montgomery, Lucy. (2013). *Storage and pre-treatment of substrates for biogas production*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017
- Boyle, G. (2004). *Renewable Energy, Power for a sustainable future (2ª Edición)*, Oxford. Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- Bravo, Cristian, Sáez, César, Herrera, Leandro, Varas, Felipe. (2016). *Multi-scenario energy-economic evaluation for a biorefinery based on microalgae*

biomass with application of anaerobic digestion. Recuperado el 9 de Septiembre de 2017

- Buzzetti, Carolina, Banfi, Silvio. (Mayo 2017). Boletín del vino: producción, precios y comercio exterior. Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- Cáceres, C.X. Cáceres, R.E. Hein, D. Molina, M.G. Pia, J.M. (2011). Producción de Biogás a partir de Orujo de uva; Análisis termodinámico del proceso. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017
- Carbonell, C. (2010). La industria del vino y los reportes de Sostenibilidad. Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- Cárdenas, Rogelio. (2012). Biorefinerías para la producción de biocombustibles de segunda generación. Recuperado el 25 de Octubre de 2017
- Carlini, Maurizio; Mosconi, Enrico Maria; Castellucci, Sonia; Villarini, Mauro; Colantoni, Andrea. (2017). An Economical Evaluation of Anaerobic Digestion Plants Fed with Organic Agro-Industrial Waste. Recuperado el 1 de Abril de 2018
- Carrasco, David. (2015). Medición y Verificación en la Gestión de Proyectos de Eficiencia Energética – Agroindustria. Recuperado el 23 de Octubre de 2017
- Carrasco, Juan Luis. (2015). Evaluación técnica y económica de una planta de Biogás para autoabastecimiento energético: una estrategia para diferentes contextos. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017
- Carroquino, Javier; García-Casarejos, Nieves; Gargallo, Pilar; García-Ramos, Francisco-Jvier; Yago, Jesús. (2017). Renewable energy and hydrogen on-site generation for irrigation and mobility in vineyards. Recuperado el 20 de Agosto de 2017
- Castillo, Gloria. (2015). Pre-Evaluación de Factibilidad Técnica Económica de un Biodigestor con Purines, Remanentes orgánicos de la industria alimenticia y basura municipal. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017

- Celorrio, R., Martínez, E., Saenz-Diez, J.C., Jiménez, E., Blanco, J. (2015). Methodology to decrease the energy demands in wine production using cold pre-fermentation. Recuperado el 19 de Noviembre de 2017
- Celorrio, Rubén, García, Jorge L., Martínez, Eduardo, Jiménez, Emilio, Blanco, Julio. (2017). Methodology for the reduction of energy demand during cold stabilisation in the wine industry. Recuperado el 19 de Noviembre de 2017
- Chamy, Rolando, Vivanco, Elba. (2007). Potencial de Biogas. Recuperado el 3 de Septiembre de 2016
- Comfort, Shea AJ. (2008). Guide to Red Winemaking. Recuperado el 21 de Agosto de 2017
- Conicyt. (2007). El sector vitivinícola en Chile; Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico. Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- DGS. (2005). Planning and Installing Bioenergy Systems. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017
- Egg, Jay; Cunniff, Greg; Orio, Carl D. (2013). Modern Geothermal HVAC – Engineering and Control Applications. Recuperado el 20 de Abril de 2018
- Fernández-Puratich, H., Hernández, D., Tenreiro, C. (2015). *Analysis of energetic performance of vine biomass residues as an alternative fuel for Chilean wine industry*, Renewable Energy, 83, 1260-1267. Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- Galitsky, Christina, Worrell, Ernst, Radspeiler, Anthony. (2005). Benchmarking and Energy and wáter savings Tool for the Wine Industry, Recuperado el 21 de Agosto de 2017
- GIZ. (2012). Guía de Planificación para Proyectos de Biogás en Chile. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017

- González, Ana Criado. (2009). Diseño de una instalación solar térmica multipropósito para un edificio de viviendas en Granada, Recuperado el 10 de Abril de 2018
- González-San José, María Luisa; Gómez-Miguel, Vicente; Sotés, Vicente. (2017). La Cultura del Vino, motor del desarrollo sostenible de las regiones vitivinícolas, Recuperado el 20 de Agosto de 2017
- Grandel, Matthias. (2016). Guía de Evaluación Inicial de Edificios para la Instalación de Sistemas Fotovoltaicas. Recuperado el 3 de Noviembre de 2017
- Henrie, Michael. (2005). Treatment of Winery Wastewater utilizing anaerobic digestión. Recuperado el 17 de Abril de 2017
- Iezzi, M. (2009). *Efectos del cambio climático sobre la industria vitivinícola de Argentina y Chile*, PwC. Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- Iland, Patrick. (2012). Monitoring the winemaking process from grapes to wine – techniques and concepts. Recuperado el 4 de Diciembre de 2017
- Indura. (2015). Vitivinícola. Recuperado el 31 de Mayo de 2017
- Kosseva, Maria; Webb, Colin. (2013). Food Industry Wastes. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017
- Landolina, Simone. (2017). How2Guide for Bioenergy, Roadmap Development and Implementation. Recuperado el 19 de Agosto de 2017
- Lima, José Luis. (2015). Estudio de Caracterización de la cadena de producción y comercialización de la Agroindustria Vitivinícola: Estructura, Agentes y prácticas. Recuperado el 12 de Noviembre de 2017
- Liebetau, Jan; Pfeiffer, Diana; Thraen, Daniela. (2016). Collection of Methods for Biogas. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017

- Manzone, Marco; Paravidino, Elisa; Bonifacino, Gabriella; Balsari, Paolo. (2016). Biomass availability and quality produced by vineyard management during a period of 15 years. Recuperado el 9 de Mayo de 2017
- Marchaim, Uri. Biogas Processes for Sustainable Development. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017
- Marculescu, Cosmin; Ciuta, Simona. (2013). Wine industry waste thermal processing for derived fuel properties improvement. Recuperado el 9 de Mayo de 2017
- Martín, José Nicolás. (2014). La biomasa residual lignocelulósica como recurso energético renovable en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza, Argentina. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017
- Martínez, Juan Carlos. (2010). Sistemas Solares Térmicos II – Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria. Recuperado el 10 de Abril de 2018
- Moenne, María Isabel. (2011). Balances de masa durante la vinificación de Sauvignon Blanc. Recuperado el 14 de Noviembre de 2017
- Palacios, Alfredo. (2014). Utilización de Bomba de Calor Geotérmica en Sistemas de Calefacción y Comparación con dos Sistemas Convencionales. Recuperado el 4 de Marzo de 2018
- Paterson, Mark; Kuhn, Werner. (2010). Guía sobre el Biogás. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017
- Pszczolkowski, Philippo; Parraguez, Stefan. (2011). Manual de vinificación. Recuperado el 8 de Mayo de 2017
- Recabarren, Marcela. (2014). Guía Metodología de Eficiencia Energética en Proyectos de Inversión. Recuperado el 23 de Octubre de 2017

- Romero, Hernán. (2008). *Irradiancia Solar en territorios de la República de Chile*. CNE. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016
- Rossano, Sirio Secondo Cividino. (2013). *Biogas – Overview of Key Technologies – Benchmarking and Potentials*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017
- Salazar, Anita. (2016). *Viña Chilena genera energía con sus desechos*. Recuperado el 20 de Abril de 2017
- Smyth, Mervyn, Nesbitt, Alistair. (2014). *Energy and English wine production: A review of energy use and benchmarking*. Recuperado el 09 de Octubre de 2017
- Smyth, Mervyn. (2012). *Solar photovoltaic installations in American and European winemaking facilities*. Recuperado el 21 de Agosto de 2017
- Smyth, Mervyn; Russell, J.. (2009). *“From graft to bottle” – Analysis of energy use in viticulture and wine production and the potential for solar renewable technologies*. Recuperado el 21 de Agosto de 2017
- Tester, J., Drake, E., Driscoll, M., & Golay, M. &. (2012). *Sustainable Energy: choosing among options* (2a Edición ed.). Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos de Norteamérica: The MIT Press. Recuperado el 17 de Abril de 2017
- Van der Hoeven, Maria. (2012). *Technology Roadmap, Bioenergy for Heat and Power*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016
- Varnero, Maria Teresa. (2011). *Manual de Biogás*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017
- Ventosa, Edgar; Clemente, Rocío; Pereda, Lorena. (2011). *Gestión integral de residuos y análisis del ciclo de vida del sector vinícola. De residuos a productos de alto valor añadido*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017
- *Viña Concha y Toro, Reporte de Sustentabilidad 2016*. Recuperado el 6 de Enero de 2018

- Viña Emiliana, Reporte de Sustentabilidad 2015. Recuperado el 20 de Agosto de 2017
- Viña Los Maquis utiliza bomba de calor geotérmica para reducir su consumo de energía. (2014). Recuperado el 21 de Agosto de 2017
- Viña San Pedro Tarapacá. Reporte de Sostenibilidad 2015/2016. Recuperado el 19 de Enero de 2018
- Viña Santa Rita. Reporte de Sustentabilidad 2014/2015. Recuperado el 12 de Noviembre de 2017
- <https://www.aduana.cl/aduana/site/artic/20180405/asocfile/20180405132953/estadisticas2017.pdf>. Recuperado el 2 de Julio de 2018
- www.ecn.nl. Recuperado el 24 de Marzo de 2018
- <http://www.googleearth.com>. Recuperado el 1 de Noviembre de 2017
- <http://www.holzenergie-wegscheid.de/produkte.html>. Recuperado el 30 de Junio de 2018
- <https://www.holz-kraft.com/en/>. Recuperado el 30 de Junio de 2018
- <https://www.kiwa.com/lat/es/sectores-de-mercado/agricultura-ganaderia-y-alimentacion/>. Recuperado el 2 de Julio de 2018
- <http://lipro-energy.de/es/lipro-hkw-madera-de-gasificacion-chp/>. Recuperado el 30 de Junio de 2018
- www.losvinosdelmundo.com. Recuperado el 27 de Febrero de 2019
- www.minenergia.cl/exploradorsolar/. Recuperado el 27 de Febrero de 2019
- www.oiv.int/es/statistiques. Recuperado el 27 de Febrero de 2019
- <http://www.siegelvinos.com/en/about-us/our-history/>. Recuperado el 1 de Noviembre de 2017
- <http://solargis.info>. Recuperado el 27 de Febrero de 2019

- <https://es.wikipedia.org/wiki/Vino>. Recuperado el 1 de Noviembre de 2017
- www.wineskills.co.uk. Recuperado el 1 de Noviembre de 2017
- Yin Yin Wu, Chow, Sandra, Ganji, Ahmad. (2013). Energy Efficiency opportunities for retrofit and new construction projects, Recuperado el 21 de Agosto de 2017
- Zhang, Quanguo; Hu, Jianjun; Lee, Duu-Jong. (2016). Biogas from anaerobic digestion processes: Research updates. Recuperado el 9 de Mayo de 2017

GLOSARIO

En este trabajo, se ha privilegiado el uso de siglas y términos en su idioma original, generalmente inglés. A continuación, se entrega una lista de términos utilizados en el informe, con su significado en inglés y una descripción en castellano.

Sigla	Significado en Inglés	Descripción en Castellano
AC	<i>Alternate Current</i>	Corriente alterna.
CAPEX	<i>Capital Expenditures</i>	Inversiones en bienes de capitales
CHP	<i>Combined Heat and Power</i>	Cogeneración
CSTR	<i>Continuously Stirred Tank Reactor</i>	Reactor de mezcla completa
DO		Denominación de Origen
ER		Energía Renovable
FIA		Fundación para la Innovación Agraria de Chile
INIA		Instituto de Investigaciones Agropecuarias
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IGT	<i>Institute of Gas Technology</i>	Tecnología de gasificación con oxígeno y a presión de 34 bar
LCV	<i>Lower calorific value</i>	Poder calorífico inferior (PCI)
MFC	<i>Microbial fuel cells</i>	Celda de combustible biológica
OIV		Organización Internacional de la Viña y el Vino
OPEX	<i>Operating Expenditures</i>	Costos operacionales
PEA		Población económicamente activa
PRECIS	<i>Providing Regional Climates for Impacts Studies</i>	Sistema para modelar impactos climáticos
ROI	<i>Return of Investment</i>	Retorno de la inversión
TPS	<i>Termiska Processer AB</i>	Tecnología de gasificación con aire y presión atmosférica