

# Plataforma comparativa para consumos de energía, agua y huella de carbono en bodegas de vinos / Forecasting water and carbon footprint and utilities consumption in Chilean vineyards

Patricio Núñez<sup>1</sup>, Paulina Flores<sup>2</sup>, y Lucía Preller<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile

<sup>2</sup> Consorcio I+D de Vinos de Chile, Chile

**Abstract.** This work, relates the wine production with efficient use of water, energy and fuel, and the greenhouse gases generation. A web platform was developed, based on the results of a set of six test runs in vineyards, which production are in the range of 3 to 25 million of liters of wine per year. The following stages was considered: 1. Winemaking Stage. 2. Reception of grape in hoppers or selection tables. 3. Alcohol Fermentation, Maceration and Reassembly. 4. Take-off and pressing. 5. Malolactic fermentation. 6. Stabilization and Filtered. 7. Bottling. The process of white wine is quite similar, except for the order of the stages and the absence of maceration. The platform results are based on the experimental data, which was used to formulate a model among the wine production geographic location and utility consumption: water, fuel and electricity. At the time, the platform is based on excel and visual basic, so it can be run on any standard computer. Main results of the web platform are expressed in kWh/liters of wine, or liters of water/liters of wine, for example, parameters that are useful for the generation of opportunities to improve best practices in the industry of wine.

## 1. Introducción

La plataforma web es un instrumento de apoyo elaborado para que las viñas pertenecientes al Consorcio I+D de Vinos de Chile puedan gestionar de mejor manera la información disponible sobre consumo eléctrico, de combustible e hídrico, permitiendo detectar a futuro oportunidades de mejora dentro de cada una de ellas. En la actualidad muchas de las viñas no gestionan este tipo de información, y algunas de ellas lo hacen pero no en sistemas en línea, como la herramienta propuesta.

Esta plataforma es uno de los resultados del proyecto “Herramientas expertas de apoyo para la toma de decisiones en tecnologías de energía y GEI en empresas vitivinícolas”, del Consorcio I+D de Vinos de Chile (Consorcio), ejecutado por la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), y en donde participaron 6 viñas piloto con diversos tamaños de producción, como se muestra en la Tabla 1.

El proceso de levantamiento de información, se inició con la presentación del proyecto a las viñas piloto seleccionadas, con el fin de generar el contacto entre el equipo ejecutor (UTFSM) y éstas.

En una siguiente etapa se realizaron diversas actividades para recopilar información a través de distintas fuentes, como por ejemplo seminarios, talleres, capacitaciones y visitas.

### 1.1. Seminario de inicio de proyecto

El lanzamiento oficial del proyecto, se llevó a cabo en un seminario en donde fueron invitadas todas las viñas pertenecientes al Consorcio. En esta actividad se realizó

la presentación del proyecto, destacando la importancia de disminuir los consumos energéticos, huella de carbono e hídrica para mejorar las ventajas competitivas del vino chileno en el mercado internacional.

### 1.2. Capacitaciones

Se llevó a cabo una capacitación en donde se presentó la Plataforma Web de Gestión desarrollada para el proyecto, en donde asistieron las viñas piloto. En esa oportunidad se presentaron avances de esta plataforma, y se entregaron los usuarios y claves para que cada viña tuviese acceso a ella. Además, se realizó una capacitación sobre cómo utilizar esta herramienta.

### 1.3. Visitas técnicas

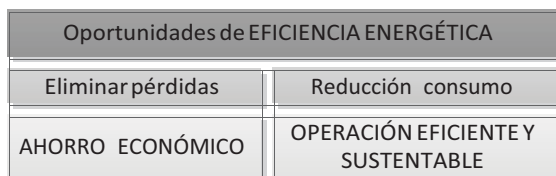
Se llevaron a cabo visitas técnicas a las viñas pilotos, con el objetivo de conocer sus procesos productivos y particularidades, identificando de forma preliminar y general eventuales alternativas de ahorro energético, además de consolidar la relación con las viñas involucradas. La primera tanda de visitas técnicas se realizó en noviembre del 2015, en donde se logró una participación activa por parte de las viñas pilotos. Una nueva ronda de visitas se llevó a cabo en agosto de 2016, para finalizar los temas pendientes que existieran en el caso de información no entregada.

### 1.4. Eficiencia energética

La eficiencia energética es un concepto que nace bajo la necesidad de reducir el consumo energético en la industria,

**Table 1.** Tamaño (según capacidad de producción) viñas piloto.

Viña Piloto	Capacidad de producción [kg uva]
Viña 1	2.613.413
Viña 2	4.249.760
Viña 3	6.599.085
Viña 4	15.432.576
Viña 5	22.198.558
Viña 6	27.766.330



**Figura 1.** Oportunidades de eficiencia energética.

optimizando el uso de ésta. Para lo anterior, se debe realizar una optimización de los procesos productivos, a modo de obtener los mismos o mejores resultados, consumiendo lo mismo o menos energía, ya que la eficiencia energética apunta al ahorro energético sin que este represente un impacto negativo en el desarrollo de las actividades.

El uso correcto y optimizado de la energía, implica realizar el mínimo consumo posible de ésta, no emplearla en actividades innecesarias, mejorar la eficiencia de los equipos utilizados, entre otras actividades que se determinan a partir de la exploración de nuevas tecnologías y el análisis de la línea base bajo la cual opera una empresa.

Las organizaciones que consumen energía pueden disminuir el consumo de ésta con el fin de reducir costos y paralelamente mejorar su desempeño sostenible, es decir, perfilarse como una empresa que desarrolla mejores prácticas en los ejes social y ambiental, además del económico. Esto último además permite que el producto ofrecido tenga un sello verde, lo cual es tomado en cuenta en la actualidad por los consumidores. Hay estudios que indican que el mercado de productos ecológicos, incluyendo los vinos, en un año ha crecido 8,8% [1].

A nivel mundial y también nacional, se han llevado a cabo estudios que han permitido encontrar oportunidades de mejora en eficiencia energética, por ejemplo en el caso del consumo eléctrico se pueden implementar mejoras en el bombeo, en el sistema de climatización, en el sistema de iluminación, en el sistema eléctrico, mejorar el factor de potencia de diversos equipos, entre otros.

La implementación de herramientas que ayuden a tomar decisiones de eficiencia energética y que permitan reducir el consumo, otorgaran además de un beneficio económico a la empresa, una imagen sustentable que traerá consigo otro tipo de beneficios, como cercanía con los clientes y a la larga un aporte al medio ambiente, como se observa en el diagrama de la Fig. 1 [2].

La sustentabilidad ambiental en el sector del vino es actualmente una prioridad, razón por la cual la eco-innovación, la huella de carbono y agua, además de la eficiencia energética, son fundamentales para alcanzar altos estándares de sustentabilidad en el proceso productivo [3].

Tanto a nivel nacional como internacional, la preocupación por desarrollar prácticas sostenibles desde

el viñedo hasta la distribución del vino, han generado la necesidad de investigar y estudiar distintas variables que permitan mejorar el proceso de producción del vino.

Diversas organizaciones e instituciones se han sumado a esta labor, patrocinando diversos estudios en distintas áreas de interés para el desarrollo sostenible de la industria.

En nuestro país, el Consorcio I+D de Vinos de Chile tiene como objetivo desarrollar Investigación y Desarrollo a largo plazo, centrado en las necesidades de la industria y con el fin de mejorar la competitividad del producto chileno en el mercado internacional [4].

Para este estudio, se revisaron investigaciones y herramientas, como por ejemplo la herramienta Benchmarking and Energy and water Savings Tool Winery (BEST Winery), elaborada en California, que nace debido a que no todas las viñas tenían la oportunidad de realizar una auditoría de sus operaciones, por lo tanto mediante este instrumento se puede llevar a cabo una autoevaluación en la industria del vino [5]. El principal objetivo de esta herramienta es comparar la eficiencia energética e hídrica de una bodega, respecto de otra que posee mejores prácticas en esas áreas.

Otras organizaciones como The Wine Council Ontario, también son patrocinadores de numerosos estudios al respecto. Uno de los documentos más reconocidos es el Sustainable Winemaking Ontario, que entre los tópicos desarrollados toma en cuenta el crecimiento ecológico de la vid, mejores prácticas para viñedos, mejores prácticas en energía, mejores prácticas de recurso hídrico, entre otros [6].

Sumado a lo anterior, hay una serie de normas ISO (International Organization for Standardization), las cuales son reconocidas y validadas tanto nacional como internacionalmente, y que son útiles para guiar la operación de viñas (e industrias en general) a una más eficiente y sustentable. Entre las más reconocidas en este ámbito se encuentran:

- ISO 50.001: Facilita una herramienta para mejorar el desempeño energético y los costos financieros asociados, además de las emisiones GEI [7].
- ISO 14.044: Se utiliza para calcular el ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés) de los productos, lo que permite a una industria conocer mejor su proceso e impactos generados, anticipándose a los riesgos y necesidades [8].
- ISO 14.067: Norma para medir la huella de carbono de productos, como una forma de cuantificar el impacto medioambiental de actividades, productos y servicios consumidos [9].
- ISO 14.064: Norma para la verificación y contabilización de GEI, proporciona un conjunto de herramientas para elaborar programas destinados a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero [10].
- ISO 14.046: Evalúa el impacto de productos, servicios u organizaciones en el agua, desde una perspectiva integral [11].

## 2. Metodología

La plataforma web es una herramienta elaborada exclusivamente para este proyecto, como un apoyo para la gestión de datos de las viñas. Mediante el estudio

**Table 2.** Rango de tamaño en bodegas.

Bodega grande: producción sobre 5.000.000 litros
Bodega mediana: producción entre 2.500.000 y 5.000.000 litros
Bodega pequeña: producción bajo 2.500.000 litros

de otras herramientas desarrolladas, y de acuerdo a la información disponible con la que se contaba, se propuso crear un instrumento en donde las viñas puedan ingresar información relevante a su proceso productivo (relacionado al consumo energético, hídrico y emisiones GEI) y éste pueda entregarles de vuelta el análisis de sus datos, comparándolos a valores referenciales estándar para determinar si la viña tiene un buen rendimiento en los diversos ámbitos.

### 2.1. Ingreso

El ingreso a la plataforma web es unificado, lo que significa que primero se ingresa a la Base de Datos para cargar información y posteriormente se pasa directamente a la Plataforma de Gestión de Datos, para evaluar resultados (o bien se ingresa directamente a la segunda, si ya están cargados los datos). Para lo anterior, cada viña cuenta con un usuario y clave asignados.

Además, se implementará una limitación de acceso, además de la seguridad usuario/contraseña, con pendrives de seguridad que permitirá acceder a la plataforma sólo si el dispositivo se encuentra conectado al computador.

### 2.2. Estructura

Para la elaboración de la plataforma de gestión de datos, se realizó una división de todos los aspectos a evaluar, por lo tanto, se llevó a cabo una división entre Vino Tinto y Vino Blanco, y en cada uno se consideraron los siguientes puntos: Consumo eléctrico, Consumo combustible, Consumo energético global, Consumo hídrico y Huella de Carbono.

### 2.3. Escenarios de evaluación

Se consideran inicialmente entre los escenarios de evaluación la zona de vinificación, ya que con esto varía la temperatura ambiental y por ende hay una incidencia en el balance térmico del proceso de vinificación. Se evaluó el impacto que tiene considerar los cambios térmicos según el lugar de emplazamiento de una viña, y se determinó que no es relevante, por lo tanto, se dejó de lado.

Posteriormente se consideró el tamaño de producción de la bodega, ya que esto tiene una relación directa con los datos de entrada. Se evalúa la sensibilidad del tamaño de la bodega, considerando los rangos indicados en la Tabla 2.

Para cada uno de estos tamaños, se contrastan los resultados generados por la herramienta para cada caso, con datos reales.

### 2.4. Base de datos

La base de datos consiste en la primera sección de la plataforma, en donde las viñas cargan información relevante a la producción y consumos dentro de ella. Esta data será utilizada en la segunda sección, de análisis y reporte de datos.

La base de datos se encuentra normalizada para realizar una recopilación de la información más eficiente y permite realizar un análisis rápido al optimizar la velocidad de las consultas a ésta. Se basa en el motor de base de datos de código libre PostgreSQL, el cual se encuentra exento del pago de licencias, posee un desarrollo activo y un muy buen rendimiento.

### 2.5. Plataforma de gestión de datos

Posterior al ingreso de información en la plataforma web, esta es utilizada para realizar una serie de cálculos que se exponen mediante tablas y gráficas. Se exponen aquí los resultados de consumo energético, consumo hídrico y huella de carbono, además de comparar esto con valores referenciales promedio, a fin de comprender si la viña se encuentra dentro de rangos esperados de estos parámetros. A partir de estos resultados, se espera que a futuro las viñas del Consorcio puedan utilizar la herramienta como puntapié en la detección de ineficiencias energéticas, de consumo de agua o emisiones GEI, con el fin de mitigarlas y generar mejoras operacionales que permitan aumentar su rendimiento y competitividad.

### 2.6. Desarrollo web

Para la creación de la aplicación que permite subir los datos de forma accesible y estructurada, se utilizó Django como *backend*, permitiendo el uso de un *frontend* editable "on page" basado en programación javascript.

Utilizando un sistema basado en *plugins*, ya no es necesaria la modificación del código para realizar cambios. Los gráficos se adaptan al API implementado para la realización de consultas, además de poder añadir diferentes tipos en implementaciones futuras sin afectar el resto de la plataforma (de forma modular). Lo anterior se traduce a que, cualquier usuario con permisos de administración puede modificar la Plataforma de Gestión de Datos, sin necesidad de modificar el código. Esto implica agregar/sacar gráficos, cálculo de indicadores, información relevante, fotografías, etc.

Se implementó el uso de un API con permisos y restricciones configurables para cada entidad, con lo que se abre la posibilidad de una comunicación de forma segura con aplicaciones Android/IOS para el despliegue de la información en estos dispositivos, así como la utilización de sensores y procesamiento digital de imágenes usando la cámara de estos y enviando el resultado a la base de datos.

### 2.7. Consumo energético

La información solicitada para llevar a cabo el cálculo de consumo energético de la viña, corresponde a los datos de producción de vino anual, listado de equipos eléctricos y térmicos y sus consumos anuales, con el fin de estimar los kWh utilizados en ese período. Además se solicitó indicar la etapa a la cual pertenece cada equipo para determinar cuál de ellas es la que posee un mayor consumo energético dentro del proceso. El consumo se estima como indican las ecuaciones (1) y (2):

$$\text{Consumo Eléctrico [kWh/año]} = \text{Potencia Instalada [kW]} * \text{Uso [hr/año]} \quad (1)$$

$$\text{Consumo Térmico [kWh/año]} = \text{Cantidad combustibles [L]} * \text{Capacidad Calorífica [kWh/L]}^a \quad (2)$$

## 2.8. Consumo hídrico

El reporte de información de consumo hídrico consiste en datos de producción de vino anual y los consumos hídricos en cada una de las etapas de producción. De este modo se estima el consumo de acuerdo a la ecuación (3):

$$\text{Consumo Hídrico [L agua/L vino]} = \text{Litros de agua total N/Litros de vino N}$$

En donde N corresponde a la etapa en cuestión, o bien al total del proceso.

## 2.9. Huella de carbono

El primer paso para el cálculo de la huella de carbono es seleccionar el año base de cálculo, identificar las fuentes emisoras y determinar con cuales se trabajará para recopilar la información necesaria para su cálculo. Ésta considera tres alcances:

- Alcance 1: Considera fuentes que son propiedad de la empresa o son directamente controladas por ella. Para fines de este proyecto se tomó en cuenta el uso de combustibles tanto para el proceso productivo (calderas por ejemplo), como para transporte de materiales o productos, o uso de vehículos como tractores.
- Alcance 2: Este alcance considera fuentes indirectas de GEI, asociadas al consumo eléctrico. Debido a lo anterior, se cuantifica el uso de energía eléctrica consumida en el proceso productivo.
- Alcance 3: Corresponde a otras emisiones indirectas, lo cual se refiere a actividades de la empresa pero que ocurren en fuentes que no son controladas por esta, por lo tanto es una categoría opcional de medir. Para este proyecto se consideraron envases y embalajes, viajes nacionales de empleados y transporte de insumos y productos.

La metodología consiste en calcular las emisiones directas e indirectas de GEI producidas como resultado de las actividades de la compañía durante un año. Las emisiones directas se refieren a las emisiones que se producen en la propia empresa, mientras que las emisiones indirectas tienen lugar en otra parte y la empresa no puede ejercer cambios sobre ellas. Para obtener el total de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes producidos por una empresa, se lleva a cabo el cálculo de la fórmula (3), en donde FE es el factor de emisión [12].

$$\text{Cantidad de combustible} * FE = \text{toneladas CO}_2 \quad (3)$$

Finalmente con los datos productivos reportados, se pueden informar *Key Performance Indicators (KPI)* como por ejemplo consumo eléctrico por litro de vino, consumo hídrico por litro de vino, etc.

<sup>a</sup> La unidad dependerá del tipo de combustible. En este caso para ejemplificar se utilizó litros.

**Table 3.** Resultados de consumo energético (globales).

Viña piloto	Potencia [kW]	Consumo energético [kWh/año]
Viña 1	729	2.719.078
Viña 2	581	955.793
Viña 3	1.128	4.477.516
Viña 4	962	1.424.510
Viña 5	4.823	12.937.703
Viña 6	3.612	7.865.759

**Table 4.** Valores referenciales de indicadores de consumo energético [13,14].

Razón energía eléctrica kWh/HL	11
Razón energía térmica kWh/HL	1

## 3. Resultados y análisis

### 3.1. Línea base

Una vez levantada la información, de cada viña se obtiene el diagrama de flujo, datos de producción y consumos, principalmente. Lo anterior permite analizar como llevan a cabo la producción del vino y detectar posibles zonas o equipos en donde implementar mejoras en el proceso mismo, en el equipamiento, en las prácticas operacionales, entre otras.

### 3.2. Consumo energético

Se realizó un análisis segregado del consumo eléctrico y consumo térmico dentro de las viñas piloto, identificando cada uno de los equipos que las componen.

En base a lo anterior se conoció la potencia instalada total, y el consumo energético total y por etapa, en kWh, con el fin de comparar estos valores a valores referenciales y detectar si los consumos son excesivos o se encuentran dentro de un rango aceptable. Algunos de estos resultados se exponen en la Tabla 3.

A partir de este valor, se pueden calcular indicadores con el fin de compararlos con valores referenciales para identificar oportunidades de mejora. Por ejemplo, de acuerdo a la literatura, valores referenciales de diversos indicadores se muestran en la Tabla 4.

Estos parámetros se calculan conociendo el consumo total versus la producción de vino de la empresa. Se pueden calcular diversos tipos de indicadores.

### 3.3. Consumo hídrico

Se repite la metodología anterior, expuesta en el punto 2.8 en relación al consumo hídrico, en donde el valor referencial corresponde a 700 litros de agua por litros de vino producido [15,16]. En esta oportunidad los valores son notoriamente menores a lo esperado, lo cual se debe a que la información reportada respecto del consumo hídrico en la mayoría de los casos fue incompleta.

### 3.4. Huella de carbono

Respecto al cálculo de la huella de carbono, para fines de este trabajo se consideró el análisis del Alcance 1 y Alcance 2, que corresponden aproximadamente al 10% del total de la huella, alcanzando un valor de 0,22 kg CO<sub>2</sub> equivalente/litro de vino [17,18]. En relación a los valores



obtenidos, se debe verificar la información reportada por parte de las viñas pilotos ya que son muy bajos en comparación a los referencias lo que hace inferir que la información se encuentra incompleta.

### 3.5. Plataforma web

La implementación de la plataforma web se encuentra en vías de estar operativa y cada viña piloto cuenta con acceso usuario/clave, además del pendrive de seguridad, que permite ingresar seguramente y resguardar la data.

El ingreso de información se realiza en la primera etapa, base de datos, en donde posteriormente en la plataforma de gestión de datos, estos son divididos en vino tinto y vino blanco, y respectivamente en sus etapas productivas, a fin de detectar en cada una de ellas alguna oportunidad de mejora en los distintos ámbitos analizados.

La ventaja de la plataforma web, además de reportar resultados relevantes, es que lo hace de manera dinámica y automatizada, es amigable con el usuario, y permite que el administrador pueda realizar las modificaciones necesarias para la presentación de resultados. Por otro lado, permite comparar visualmente los resultados obtenidos con parámetros estándar tanto nacionales como internacionales, con lo cual se detectan oportunidades de mejorar los indicadores obtenidos.

## 4. Conclusiones

A través del estudio llevado a cabo, se logra diseñar y establecer una metodología para el análisis de la información presentadas por las viñas pilotos.

Por otro lado, la elaboración de la Plataforma Web constituye un importante paso en el apoyo a las viñas en evaluar su operación, con el fin de identificar puntos en donde se pueden implementar mejoras, y convertir su proceso en uno sustentable y de mayor eficiencia. Con esta herramienta es posible comparar el desempeño del viñedo con valores referenciales estándar, y detectar oportunidades de implementar mejoras en el proceso productivo, desde la cosecha de la uva, hasta el empaquetado del producto.

## Referencias

- [1] Laure Cuilhé y Carmen Valor Martínez. *Vino Ecológico: comercialización en España y Francia*, Pág45 (2013)
- [2] Consorcio I+D de Vinos de Chile. Código Nacional de Sustentabilidad, Objetivos, <http://www.consorciovinosdechile.cl/htm/codigo-nacional-de-sustentabilidad.php>
- [3] Consorcio I+D de Vinos de Chile. *Sustentavid: Certified Sustainable Wine of Chile*, <http://www.sustentavid.org/codigo/1/>
- [4] Consorcio I+D de Vinos de Chile, <http://www.winesofchile.org/>
- [5] *BEST Winery Guidebook: Benchmarking and Energy and water Savings Tool for the wine industry*. Lawrence Berkeley National Laboratory (October 2005)
- [6] Narelle Martin and Two Hemispheres Environmental Consulting Inc. Wine Council of Ontario. *Sustainable Winemaking Ontario: A Newcomer's Primer-The Environmental and the wine industry in Ontario* (2007)
- [7] International Organization for Standardization (ISO). *ISO50001/2011: Energy management systems – Requirements with guidance for use*
- [8] International Organization for Standardization (ISO). *ISO14044/2006: Environmental management – Life cycle assessment*
- [9] International Organization for Standardization (ISO). *ISO14067/2013: Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication*
- [10] International Organization for Standardization (ISO). *ISO14064/2006: Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*
- [11] International Organization for Standardization (ISO). *ISO14046/2014: Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines*
- [12] World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) *GHG Protocol*
- [13] Cooperativa Agro-alimentaria, Aragón, España. *Manual de ahorro y eficiencia energética del sector*
- [14] Universidad Politécnica de Madrid. *Manual de Eficiencia Energética en Bodegas, Transferring Energy Save Laid on Agroindustry*
- [15] Anu Kumar, Penny Frost, Ray Correll and Darren Oemcke. CSIRO Land and Water Report. *Winery wastewater generation, treatment and disposal: A survey of Australian practice* (March 2009)
- [16] Grape and Wine research and development corporation, Adelaide. *Winery wastewater management and recycling: Operational Guidelines* (2011)
- [17] Navarro, A., Puig, R., Kilic, E., Penavayre, S.Y., Fullana-i-Pañner, P., *Journal of Cleaner Production*. Eco-innovation and benchmarking of carbon footprint data for vineyards and wineries in Spain and France **142**, 1661–1671 (2017)
- [18] Wine Institute and the California Association of Winegrape Growers. *California Wine's Carbon Footprint* (2002)