

---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Grado en Enología**

**Análisis energético de la bodega de  
la ETSII Agrarias de la Universidad  
de Valladolid (Palencia). Propuesta  
de mejora y huella de carbono**

Alumno: Raúl González Fuerte

Tutor: Ignacio Nevares Domínguez  
Cotutora: María del Álamo Sanza

Junio de 2015

## INDICE

<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>4</b>
3.1. Efecto invernadero y CO <sub>2</sub> .....	4
3.2. Eficiencia Energética.....	5
3.2.1. Ahorro energético.....	7
3.3. La huella de carbono.....	8
<b>4. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>9</b>
4.1. Normativas aplicables.....	9
4.2. Metodología de cálculo aplicada.....	10
4.2.1. Eficiencia energética.....	10
4.2.2. Mejora de la luminaria en bodega.....	16
4.2.3. Huella de Carbono.....	18
4.3. Reducción de la huella de carbono.....	22
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>22</b>
5.1. Resultados eficiencia energética.....	22
5.2. Resultados huella de carbono.....	27
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>30</b>

## 1. RESUMEN

La elaboración de los vinos en bodega requiere un gran gasto de energía, siendo la producción de frío la mayor causa de este consumo. Las necesidades de frío durante la elaboración vienen determinadas por muchos factores como son el tipo de vino a elaborar, la temperatura media de la bodega, el tamaño de los depósitos, etc. A estos factores se ha de añadir uno muy importante, el del aislamiento de los equipos que intervienen en el proceso. En este trabajo se ha estudiado la mejora energética de la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia así como su huella de carbono. Con este trabajo se pretende hacer la bodega más eficiente energéticamente, haciendo hincapié especialmente en el estudio del aislamiento como principal factor de consumo energético y reducir por tanto la huella de carbono en el proceso de elaboración.

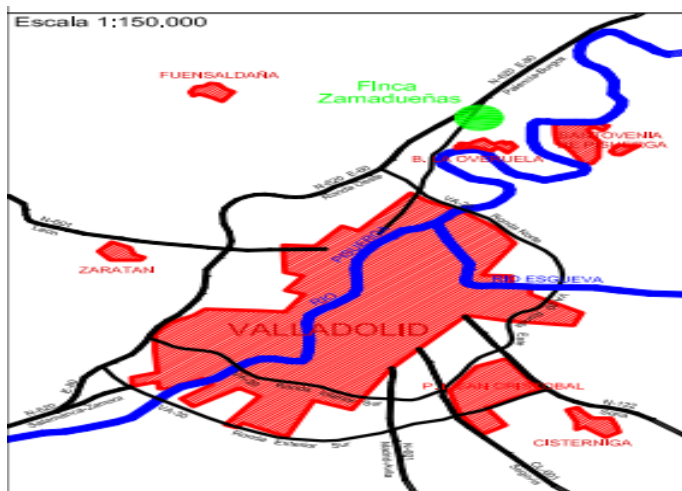
## 2. INTRODUCCION

Actualmente la bodega experimental del campus de Palencia se utiliza para la realización de diversas elaboraciones en el ámbito de las asignaturas que forman parte del Grado en Enología.

La bodega cuenta con el equipo necesario para procesar, elaborar y embotellar la uva. Actualmente la bodega todavía no ha podido funcionar al máximo de su capacidad que son aproximadamente 35.000 kilogramos de uva.

La bodega del campus de Palencia tiene convenio con el *Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León* en el que cuenta con parcelas de viñedos para realizar diversos estudios, es este instituto el encargado de suministrar la uva que se utiliza en las vinificaciones que llevan a cabo profesores y alumnos.

Para este trabajo se estima una extensión de viñedos acorde a la capacidad de la bodega, por lo que se cuenta con 4 hectáreas de viñedo de la variedad Verdejo con un rendimiento aproximado de 9.000 kilos de uva por Ha. Se ha escogido dicha variedad, porque es en la elaboración de un vino blanco cuando las necesidades de refrigeración en bodega y el CO<sub>2</sub> liberado en el proceso van a alcanzar su máximo.



**Figura 1:** Situación finca de Zamadueñas (Valladolid). (ITACyL)



**Figura 2:** Situación actual de la bodega de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. Efecto invernadero y CO<sub>2</sub>

El efecto invernadero es en realidad, un fenómeno natural y vital, causado por la presencia de gases en la atmósfera, principalmente CO<sub>2</sub>, vapor de agua y metano. Estos gases retienen parte de la energía calorífica que se recibe del sol, manteniendo la temperatura dentro de límites que permiten el desarrollo de la vida. Los gases de efecto invernadero (GEI) permiten el paso de las radiaciones solares de onda corta, calentando la superficie terrestre. A su vez absorben parte del calor que emana de la superficie terrestre en forma de radiaciones infrarrojas, de mayor longitud de onda que la luz solar. Como consecuencia, la superficie de la tierra experimenta un calentamiento de  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $15^{\circ}\text{C}$ . A éste se le denomina efecto invernadero natural. Sin embargo, la actividad humana tiende a aumentar extraordinariamente las concentraciones de estos gases en la atmósfera, multiplicando el efecto invernadero hasta niveles que conducen al calentamiento global del planeta y el peligroso cambio climático; es el denominado efecto invernadero antropogénico (Kerner et al., 2007).

El sector vitivinícola español constituye un sector muy diversificado, dinámico y en continua evolución, teniendo una gran importancia tanto por el valor económico que genera como por la población que ocupa y por el papel que desempeña en la conservación medioambiental (Aranda et al., 2005).

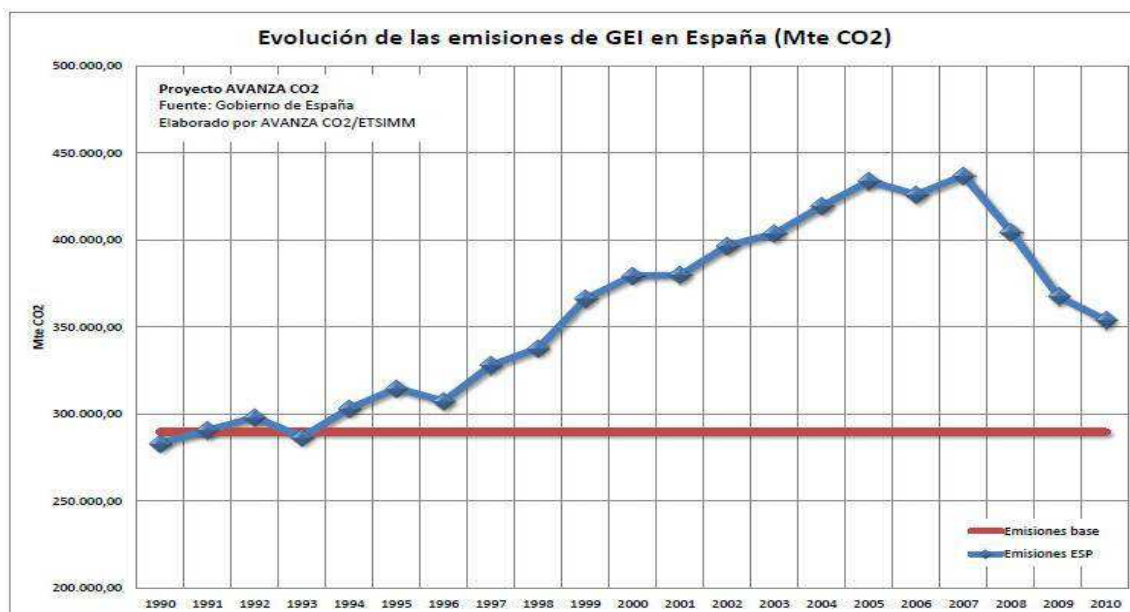
La elaboración del vino actualmente no es equiparable a la elaboración que se ha realizado tradicionalmente. Las tendencias actuales implican un gran gasto de energía y es por ese motivo por el cual la eficiencia energética adquiere un papel relevante.

El CO<sub>2</sub> constituye el principal GEI antropogénico. Según el último informe de la Confederación Sindical de Comisiones Obreras (CCOO) en el departamento de Medio Ambiente, el 93% de las emisiones se debe al consumo de combustibles fósiles y el 7% restante en gran parte se debe a procesos industriales sin combustión.

Por lo tanto es importante saber la cantidad de CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera, para su posterior análisis y adopción de medidas para su reducción si es necesario.

Hasta el momento no se ha realizado ningún estudio del CO<sub>2</sub> liberado en el proceso de elaboración en la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus

de Palencia, por lo que será la primera vez que se estime dicha cantidad y se tenga en cuenta para futuros proyectos.



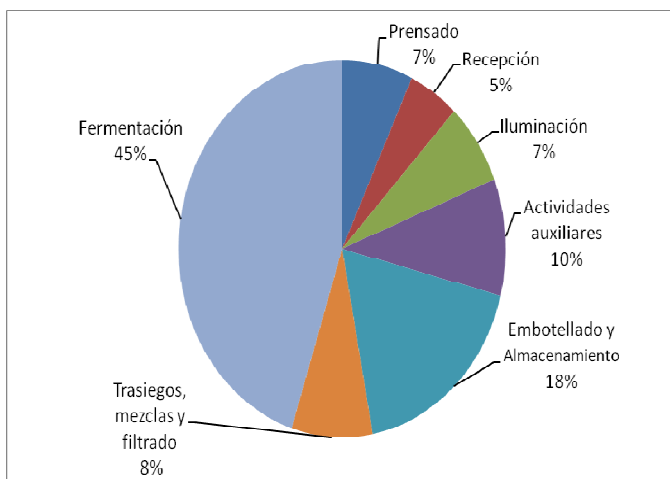
**Grafica 1:** Evolución de emisiones GEI medidas en CO<sub>2</sub> en España (AVANZA CO<sub>2</sub>/ETSIMM)

### 3.2. Eficiencia energética

La Eficiencia Energética consiste en la reducción de consumo de energía, manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el servicio, confort ni la calidad de vida, asegurando el abastecimiento, protegiendo el medio ambiente y fomentando la sostenibilidad. Aunque normalmente nos referimos siempre a la energía eléctrica, por ser la más utilizada en la industria, la eficiencia energética puede aplicarse a todas las fuentes de energía utilizadas, como gasoil, gas, etc. La eficiencia energética no consiste únicamente en poseer las últimas tecnologías, sino de saber emplear y administrar los recursos energéticos disponibles de un modo hábil y eficaz, lo que requiere desarrollar procesos de gestión de la energía. (Eficiencia energética.es).

Este trabajo se centra en la eficiencia energética por pérdida de energía térmica en las conducciones y depósitos generada con electricidad. Esta pérdida es la que supone el mayor gasto de energía y por lo cual se propone como el primer y más importante proceso a estudiar por ser donde más se va a poder ahorrar en energía. Es en la fermentación donde este gasto va a alcanzar su máximo ya que para obtener un vino blanco de calidad es recomendable que la fermentación se desarrolle a temperaturas entre 14 y 16 °C.

En la siguiente grafica se muestra el porcentaje de gasto de energía que supone cada proceso en la elaboración de un vino para el caso concreto de una bodega de Rueda (Valladolid) donde se elabora la variedad Verdejo.



**Gráfico 2:** Porcentaje de gasto de energía equivalente a cada proceso en una bodega de Rueda (Valladolid).

Para este trabajo se parte de cero en la eficiencia energética ya que la bodega experimental del campus de Palencia no cuenta con ningún tipo de mejora energética ni aislamiento en depósitos ni tuberías.

La situación en la bodega experimental del Campus de Palencia es tal que a simple vista plantear un aislamiento térmico de las camisas de refrigeración de los depósitos y de las tuberías podría suponer una mejora energética considerable y viable.

La situación actual de la bodega en cuanto a depósitos y tuberías que se quieren aislar se muestra en las siguientes tablas:

DEPOSITOS PARA AISLAR (acero inoxidable)			
Capacidad del depósito (L)	Dimensiones de la camisa		Número de depósitos
	Altura (m)	Diámetro (m)	
200	0,33	0,54	14
500	0,33	0,82	10
1.000	0,5	0,93	10
1.500	0,5	1,3	4
Deposito pulmón	1,5	0,85	1

DEPOSITO PARA AISLAR (poliéster)			
Tipo de deposito	Dimensiones del deposito		Número de depósitos
	Altura (m)	Diámetro (m)	
Deposito pulmón	1,5	0,85	1

TUBERIAS PARA AISLAR (PVC)	
Diámetro de tubería (mm)	Longitud de tubería (m)
100	60
150	80

**Tabla 1:** Situación de los depósitos y tuberías que se quieren aislar en la bodega.

A parte de los depósitos y tuberías la bodega experimental del campus de Palencia cuenta con un intercambiador tubular de pastas de acero inoxidable AISI 304 para

enfriar la uva una vez que este estrujada y despallada y antes de meterla a la prensa y que consta de 4 tubos. Su funcionamiento será de 6 horas al día, tiempo en el que se está procesando la uva.

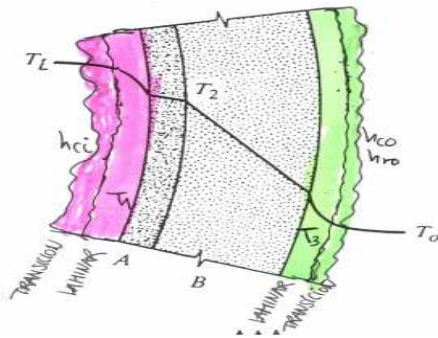
INTERCAMBIADOR TUBULAR (acero inoxidable)	
Diámetro de la tubería (m)	Longitud de la tubería (m)
0,1	1,7

**Tabla 2:** Situación del intercambiador de pastas que se quiere aislar

### 3.2.1. Ahorro energético

Se lleva a cabo con el aislamiento de las camisas de refrigeración y de las tuberías por las que circula el líquido refrigerante.

Para dicho aislamiento se utilizan materiales aislantes, cuyas propiedades evitan o minimizan la pérdida de **calor por conducción (Figura 3)** a través de sus paredes. El calor perdido por conducción va a suponer casi la totalidad de las pérdidas producidas a través de la camisa del depósito.



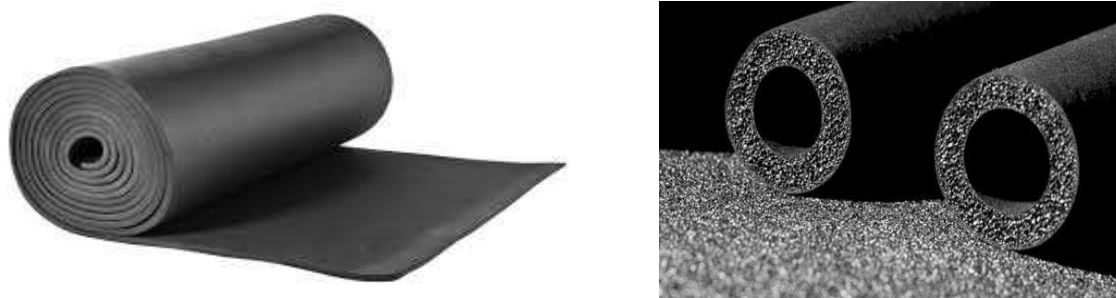
**Figura 3:** transmisión del calor por conducción, evolución de la temperatura al paso de diferentes capas.

A continuación se adjunta una tabla con los aislantes más comunes que se suelen utilizar:

AISLANTE	CONDUCTIVIDAD TERMICA (k = W/m°C)	PROPIEDADES
Espuma de poliuretano	0,023 a 0,026	material aislante de muy buen rendimiento, alta eficiencia energética
Poliestireno expandido (EPS)	0,034 a 0,045	Derivado del petróleo y del gas natural, sensible a la radiación UV
Espuma elastomérica	0,035	excelente rendimiento en baja y media temperatura y de fácil instalación
Espuma de polietileno	0,036 a 0,046	económica, hidrófuga y fácil de colocar, rendimiento térmico medio

**Tabla 3:** Aislantes comunes y propiedades térmicas





**Figura 4:** De izquierda a derecha; espuma elastomérica en manta y en tubo

Se va a realizar el aislamiento con la espuma elastomérica por ser un aislante muy polivalente pudiendo trabajar en regímenes de temperatura muy variables, por su fácil instalación y su capacidad para adaptarlo a cualquier zona y por su bajo coste económico en comparación a otros aislantes con las mismas propiedades en cuanto a aislamiento térmico.

### 3.3. La huella de carbono

El cambio climático representa actualmente la mayor amenaza ambiental, social y económica del planeta. El Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático concluye que los datos disponibles disipan cualquier duda acerca de que el clima está cambiando. Durante los últimos 100 años, la temperatura media de la Tierra ha aumentado 0,76 °C y la mayor parte del calentamiento, que ha tenido lugar en los últimos 50 años, ha sido muy probablemente debido a actividades humanas, entre las que destacan la utilización de combustibles fósiles, la agricultura, los cambios de ocupación del suelo y la deforestación. ("*industria vitivinícola*," 2011).

Si se sigue con este ritmo de emisiones, es posible que en el año 2050 la temperatura media de la Tierra haya superado los 2°C, según el Informe Stern esto causaría además de graves impactos sociales y medioambientales, enormes esfuerzos económicos de mitigación y adaptación.

La respuesta internacional ante el reto del cambio climático se materializó en el Protocolo de Kioto, instrumento legal que establece el compromiso internacional de las emisiones asociadas a seis GEI [dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)] en los países industrializados y con economías en transición, en un porcentaje de reducción de al menos 5% dentro del periodo 2008 – 2012 tomando como referencia las emisiones del año base 1990. La Unión Europea asumió la obligación reducir dichas emisiones en un 8% respecto a 1990 y España de no superarlas en más del 15%.

Si se cumplen los pronósticos respecto al aumento de temperatura global, los países desarrollados deberán reducir sus emisiones en 2020 alrededor de un 30% con respecto a las emisiones de 1990 y entre un 80% y 95% en 2050. Para ello la Unión Europea ha puesto en marcha una serie de medidas para reducir las emisiones de GEI en un 20% en 2020 con respecto a 1990, pudiendo aumentar hasta un 30% la reducción si hay consenso internacional.

Dentro de este objetivo marcado por Europa, España deberá reducir sus emisiones hasta en un 20 % para aquellos sectores con obligaciones legales de reducción,



denominado sector regulado que incluye centrales térmicas, cementeras o papeleras. El 10 % restante se alcanzara mediante una reducción de emisiones en el sector difuso, que engloba el sector transporte, agrícola y **vitivinícola** entre otros, y que aunque no poseen obligaciones de reducción son responsables de gran porcentaje de emisiones. A partir de este punto nace la necesidad de contabilizar las emisiones GEI en este último sector surgiendo el concepto de **Huella de Carbono**.

La Huella de Carbono es un parámetro utilizado para describir la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) asociados a una empresa, evento, actividad o al ciclo de vida de un producto/servicio en orden a determinar su contribución al cambio climático. Se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (PAS 2050:2008).

Actualmente la medida de la huella de carbono por parte de las bodegas se está convirtiendo en algo habitual por diversos motivos como son:

- Dar imagen de marca en su producto.
- Cubrir los requisitos de un cliente público o privado.
- Adaptación a la legislación.
- Exigencias informativas por parte de entidades financieras e inversores.
- Compromiso de la empresa en la lucha por el cambio climático.

La huella de carbono de productos o servicios se obtiene mediante la medición de las emisiones de GEI que se generan en la cadena de producción, desde la obtención de materias primas hasta el tratamiento de residuos, pasando por la manufacturación y el transporte. A través de su análisis, las organizaciones pueden reducir los niveles de contaminación mediante un cálculo estandarizado de emisiones que tienen lugar durante los procesos productivos.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Normativas aplicables

Las normativas que se pueden aplicar para desarrollar la Huella de Carbono están claramente definidas en dos grupos, las que están desarrolladas para calcular la huella de carbono en organizaciones y las que están desarrolladas para calcularla en productos.

- Normas desarrolladas y previstas sobre Huella de Carbono en organizaciones:
  1. *PAS 2060*: Especificación para la demostración de la neutralidad del carbono en organizaciones.
  2. *GHG Protocol*: Guía técnica para el cálculo y comunicación de las emisiones en organizaciones.
  3. *ISO 14069*: Norma para el cálculo y comunicación de la Huella de Carbono en organizaciones.
- Normas desarrolladas y previstas sobre Huella de Carbono en productos:
  1. *PAS 2050*: Especificación técnica para la certificación de las emisiones de GEI en el ciclo de vida de fabricación de los productos y servicios.

2. *GHG Protocol*: Guía técnica para el cálculo y comunicación de las emisiones de GEI en productos y servicios durante el ciclo de vida.
3. *ISO 14067*: Norma para el cálculo y comunicación de la Huella de Carbono para productos.

Actualmente ISO (International Organization for Standardization) está trabajando en la elaboración de una norma internacional estandarizada para corregir las discrepancias que existen entre las diferentes metodologías y crear un marco común que permita unificar criterios. Para ello la metodología de referencia base utilizada para su desarrollo es el GHG Protocol, herramienta de cálculo más ampliamente utilizada para entender, cuantificar y controlar las emisiones GEI.

A su vez se han desarrollado distintas herramientas y aplicaciones para este tipo de cálculo. Concretamente existe una aplicación para el cálculo de la Huella de Carbono en la industria vitivinícola internacional conocida como International Wine Carbon Calculator.

## 4.2. Metodología de cálculo empleada

### 4.2.1. Eficiencia energética

A continuación se incluyen los cálculos detallados realizados para el aislamiento de un **depósito de 200 L** de acero inoxidable AISI 304 (e = 1,2 mm) y de las **tuberías de 0,1 m** de diámetro de PVC (e = 2 mm). Las condiciones estimadas son las de fermentación, ya que es cuando el equipo va a alcanzar su máximo rendimiento.

- **Deposito de 200 L**

Aplicando la ley de Fourier se obtiene la siguiente ecuación:

1:

$$\frac{q}{H} = \frac{\Delta T}{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}} \frac{2\pi k}{2\pi k}}$$

Donde:

q/H: Tránsito de calor por unidad de longitud (W/m).

AT: Diferencia de temperatura entre el foco caliente y el foco frío (°C)

r<sub>ext</sub>: Radio exterior (m).

r<sub>int</sub>: Radio interior (m).

K: Coeficiente de conductividad térmica (W/m\*°C)

Los datos necesarios para el cálculo son:

- **Temperatura foco caliente (T<sub>c</sub>)**: Es la temperatura media a la que se encuentra la bodega en el periodo de fermentación; **15°C**.
- **Temperatura foco frío (T<sub>f</sub>)**: Es la temperatura a la que se encuentra el fluido refrigerante en el interior de la camisa; **6°C**.
- **Radio externo (r<sub>ext</sub>)**: La mitad del diámetro de la camisa del depósito (0,54/2 m); **0,27 m**.
- **Radio interno (r<sub>int</sub>)**: La mitad del diámetro del depósito menos el espesor de la camisa de acero inoxidable ((0,54/2) – 0,0012 m); **0,2688 m**.

- **Coefficiente de conductividad térmica acero inoxidable AISI 304 ( $k_{a.inox}$ ):** Constante que muestra la capacidad que tiene el acero inoxidable AISI 304 para conducir el calor, para este material es de **14,9 W/m°C**.
- Calculo del calor perdido por **conducción** a través de la camisa del depósito **sin aislamiento**:

$$\frac{q}{H} = \frac{\Delta T}{\frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2\pi k}} = \frac{15 - 6}{\frac{\ln \frac{0,27}{0,2688}}{2\pi \cdot 14,9}} = \frac{9}{4,76 \cdot 10^{-5}} = 189.158 \text{ W/m}$$

A este resultado se le multiplica por la longitud de la camisa del depósito (**0,33 m**) y se divide entre las horas que se encuentre el equipo de frio funcionando (**18 horas**). El equipo de frio no está funcionando las 24 horas del día debido a la carga de trabajo que tiene que soportar durante el periodo de fermentación, será por la noche cuando el equipo se apague. Las 6 horas en las que el equipo de frio no se encuentra en funcionamiento las pérdidas a través de las paredes se consideran despreciables.

$$\frac{Q}{t} = \frac{189.158 \cdot 0,33}{18} = 3.468 \text{ W/h}$$

Este resultado es el calor perdido por conducción a través de la camisa de refrigeración en una hora por cada depósito de 200 L sin aislamiento.

Otro factor que hay que tener en cuenta son las pérdidas de calor por **convección**, que se producen en las cercanías de las paredes de los depósitos debido a la variación de densidad del aire. Hay dos tipos de convección, la convección natural y la forzada. Para el caso que se está estudiando la convección es natural, ya que una convección forzada se daría si influyeran factores externos como el viento.

Para el cálculo de la convección que sigue la ley de enfriamiento de Newton:

$$2: \quad \frac{dQ}{dt} = hA_s(T_s - T_{inf})$$

Donde:

$dQ/dt$  = Transmisión de calor por convección (W/h)

$h$  = Coeficiente de película para convección natural (W/m<sup>2</sup>C).

$A_s$  = Área donde se produce la convección (m<sup>2</sup>)

Los datos necesarios son:

- **Coefficiente de película ( $h_c$ ):** El coeficiente de película para convección natural tiene diferentes valores pero suele definirse entre 5 y 25 por lo que se coge un valor medio de **15 W/m<sup>2</sup>C**.
- **Área (A):** Superficie donde se produce la convección, hay que calcularlo con la siguiente ecuación:

$$3: \quad A = 2\pi \cdot r \cdot L$$

$$A = 2\pi \cdot 0,27 \cdot 0,33 = 0,56 \text{ m}^2$$

Por lo que la camisa del depósito de 200 L tiene un área de **0.56 m<sup>2</sup>**.

- Cálculo del calor perdido por **convección** en la camisa del depósito:

$$q = 15 \cdot 0,56 \cdot (15 - 6) = 76 \text{ W}$$

Por hora:

$$Q_{conv} = \frac{76}{18} = 4 \text{ W/h}$$

El calor total que se transfiere es por lo tanto la suma del calor perdido por conducción y el perdido por convección. Por hora este es el calor que se pierde por cada camisa de un depósito de 200 L **sin aislamiento**:

$$\frac{Q_{total}}{t} = 3.468 + 4 = 3.472 \text{ W/h}$$

Existe otro tipo de cesión de calor que es el transmitido por **radiación** pero las pérdidas son casi inexistentes por lo que se consideran despreciables.

Una vez se ha calculado el calor perdido se aplica el mismo procedimiento añadiendo la resistencia del aislante. El aislante que se va a utilizar es de un espesor de **3 mm**, probablemente con un espesor menor sería suficiente para lograr evitar las pérdidas de calor casi por completo en las camisas de refrigeración, pero este espesor es el mínimo que se puede encontrar en el mercado. Para este tipo de aislante Armaflex es el mayor productor y distribuidor.

Para el siguiente cálculo se necesitan las propiedades y características del aislante:

- **Radio externo (r<sub>ext</sub>):** La mitad del diámetro de la camisa del depósito con el aislamiento (0,27 + 0,003 m); **0,273 m**.
- **Radio interno (r<sub>int</sub>):** La mitad del diámetro de la camisa del depósito sin aislamiento; **0,27 m**.
- **Coefficiente de conductividad térmica espuma (k<sub>es</sub>):** Constante que muestra la capacidad que tiene la espuma elastomérica para conducir el calor, para este material es de **0,035 W/m°C**.

- Cálculo del calor transmitido por la camisa de refrigeración **con aislamiento**:

$$\frac{Q}{L} = \frac{\Delta T}{r_{aislante} + r_{AIS1304}} = \frac{15 - 6}{\frac{\ln \frac{0,273}{0,27}}{2\pi \cdot 0,035} + 4,76 \cdot 10^{-5}} = \frac{9}{0,05} = 179 \text{ W/m}$$

Por depósito:

$$Q = 179 \cdot 0,33 = 59 \text{ W}$$

Por hora:

$$\frac{Q_{\text{aislante}}}{t} = \frac{59}{18} = 3,27 \cong 3 \text{ W/h}$$

La diferencia entre el calor perdido con y sin aislamiento es el ahorro de energía que estamos teniendo por cada depósito de 200 L. Se puede definir con la siguiente ecuación:

$$4: \quad \frac{Q_{\text{ahorro}}}{t} = \frac{Q_{\text{Total}}}{t} - \frac{Q_{\text{aislante}}}{t}$$

$$\frac{Q_{\text{ahorro}}}{t} = 3.472 - 3 = 3.469 \text{ W/h}$$

- **Tubería de 0,10 m de diámetro (e = 0,002 m)**

Se aplican las mismas ecuaciones que anteriormente se han utilizado para el depósito.

Los datos necesarios son:

- **Temperatura foco frío ( $T_f$ ):** Es la temperatura media a la que se encuentra el fluido refrigerante en el interior de la tubería; **7°C**.
  - **Radio externo ( $r_{\text{ext}}$ ):** La mitad del diámetro de la tubería; **0,05 m**.
  - **Radio interno ( $r_{\text{int}}$ ):** La mitad del diámetro de la tubería, menos el espesor del PVC (0,05 – 0.002); **0,048 m**.
  - **Coefficiente de conductividad térmica PVC ( $k_{\text{PVC}}$ ):** Constante que muestra la capacidad que tiene el PVC para conducir el calor, para este material es de **0,19 W/m°C**.
- Cálculo del calor transmitido por **conducción** a través de la pared de la tubería **sin aislamiento**:

$$\frac{q}{L} = \frac{15 - 7}{\ln \frac{0,05}{0,048}} = \frac{8}{0,0342} = 234 \text{ W/m}$$

Son 60 metros de tubería:

$$Q_{\text{cond}} = 234 \cdot 60 = 14.037 \text{ W};$$

Por hora:

$$\frac{Q_{\text{cond}}}{t} = \frac{14.037}{18} = 780 \text{ W/h}$$

Este es el calor perdido por conducción a través de la tubería de PVC de 0,01 m de diámetro por hora.

Para calcular el calor perdido por convección se necesitan los siguientes datos:

- **Radio tubería (r):** La mitad del diámetro de la tubería; **0,05 m.**
- **Longitud tubería (L):** Son **60 m** de tubería.

– Calculo del calor perdido por **convección** a través de la pared de la tubería:

$$q_{conve} = 15 \cdot (2\pi \cdot 0,05 \cdot 60) \cdot (15 - 7) = 2.262 \text{ W}$$

$$\frac{Q_{conve}}{t} = \frac{2.262}{18} = 126 \text{ W/h}$$

Por lo tanto sabiendo que las pérdidas por radiación las considero despreciables el calor total perdido por la tubería **sin aislamiento**, será la suma de la perdida por conducción y por convección.

$$\frac{Q_{total}}{t} = 780 + 126 = 906 \text{ W/h}$$

Una vez que se sabe cuánto calor se está perdiendo es cuando se aplica el aislamiento. Para las tuberías Armaflex tiene una gama de productos en los cuales el aislante para tuberías de menor diámetro es de 6 mm, espesor más que suficiente para el tipo de instalación que se quiere aislar, por lo que se va a llevar a cabo el aislamiento con ese espesor. La conductividad térmica del aislante (k) sigue siendo de 0,035 W/m°C.

Para el siguiente cálculo se necesitan las propiedades y características del aislante:

- **Radio externo ( $r_{ext}$ ):** La mitad del diámetro de la tubería con la capa de aislamiento (0,05 + 0,006); **0,056 m.**
- **Radio interno ( $r_{int}$ ):** La mitad del diámetro de la tubería sin el aislamiento; **0,05 m.**

– Calculo del calor transmitido por **conducción** a través de la pared de la tubería **con aislamiento**:

$$\frac{q}{L} = \frac{\Delta T}{r_{PVC} + r_{ais}} = \frac{8}{0,0342 + \frac{\ln \frac{0,056}{0,05}}{2\pi \cdot 0,035}} = 14,55 \text{ W/m}$$

Por 60 metros de tubería:

$$Q = 14,55 \cdot 60 = 873 \text{ W}$$

Por hora:

$$\frac{Q_{aislante}}{t} = \frac{873}{18} = 49 \text{ W/h}$$

Este es el calor perdido a través de la tubería de 0,1 m de diámetro con aislamiento por hora. Sabiendo el calor que se pierde sin aislamiento y con aislamiento, se sabe el ahorro de energía que se produce.

$$\frac{Q_{\text{ahorro}}}{t} = 906 - 49 = 857 \text{ W/h}$$

– **Amortización de la inversión**

Todo el ahorro energético se traduce también en ahorro económico, por ese motivo se va a estudiar la inversión inicial que supondría el aislamiento que se ha llevado a cabo. Posteriormente en los resultados se analiza la amortización de la inversión.

La inversión inicial consta de lo siguiente:

PRODUCTO	UNIDADES	PRECIO UNIDAD (€)	Precio total (€)
Adhesivo Armaflex 520, 1L (para tuberías)	2	21,51	43,02
Tubos standard (6 mm)	160 metros	1,3 (€/metro lineal)	208
Mantas autoadhesivas (3 mm)	43 m <sup>2</sup>	10,15 (€/m <sup>2</sup> )	436,45
<b>TOTAL (€)</b>			<b>687,47</b>

**Tabla 4:** Precio que supone el aislamiento en depósitos y tuberías.

Una vez estimada la inversión inicial, se determina el ahorro teórico que se produce gracias al aislamiento. Para el precio del kilovatio hora al no ser un precio fijo siempre y no tener acceso a las factura de la energía eléctrica de la bodega para determinar el precio exacto, se ha optado por hacer la media de los precios a los que está el kWh actualmente en 5 empresas (EDP - HC Energía, Gas Natural Fenosa, Iberdrola, E.ON y Endesa), estas empresas son las que manejan tarifas fijas anuales. Los precios del kWh de las empresas son:

1. EDP - HC Energía: 0,138280 €/kWh.
2. Gas Natural Fenosa: 0,146500 €/kWh.
3. Iberdrola: 0,148606 €/kWh.
4. E.ON: 0,145432 €/kWh.
5. Endesa: 0,147743 €/kWh.

De media el kWh sale a **0,1453122 €**, este precio es que se va a utilizar de aquí en adelante para los cálculos de consumos eléctricos en la bodega.

Para estimar el ahorro, se necesita saber las horas de funcionamiento del equipo de frío en vendimia que es cuando sus necesidades van a ser máximas y prácticamente cuando se va a necesitar el funcionamiento de las camisas de refrigeración. Teniendo en cuenta que el equipo de frío va a estar funcionando cada día 18 horas y el tiempo que abarca la fermentación tumultuosa son generalmente 5 días, las horas en las que va a ser necesario enfriar las camisas son 90 horas en fermentación.

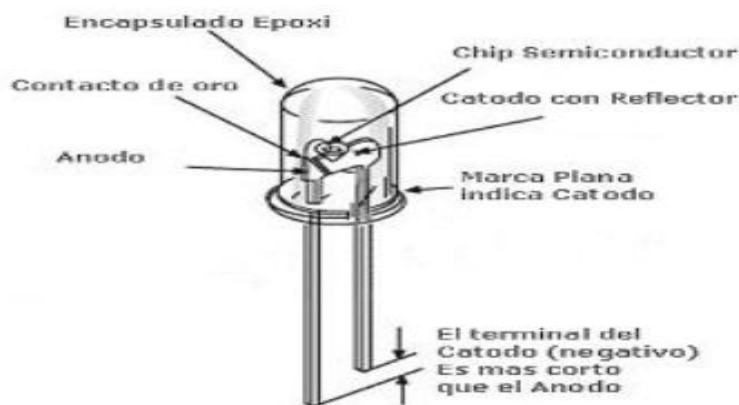


Aunque solo se tenga en cuenta el funcionamiento del equipo de frío en fermentación, hay que tener presente que los beneficios del aislamiento no solo se centran en fermentación, sino que se van a aprovechar siempre que se necesite enfriar un depósito por un motivo diferente al de la fermentación (estabilización tartárica, exceso de temperatura de los vinos, etc).

#### 4.2.2. Mejora de la luminaria en la bodega

La iluminación en una bodega es un punto a tener en cuenta para la calidad en cuanto al trabajo que se desarrolla en ella, ya que los espacios por donde entra la luz solar son en general pequeños, con el fin de evitar que se caliente. También hay que tener en cuenta la iluminación para la mejora energética, ya que los antiguos sistemas de iluminación (halógena, fluorescente, etc) con respecto a los más modernos (LED, inducción magnética), son mucho menos eficientes en calidad lumínica y sobre todo en gasto energético.

Lo que se pretende con esta mejora es sustituir las luminarias actuales de la bodega, por iluminaciones de menores consumos energéticos y más eficientes como es el caso de la tecnología LED (Light Emitting Diode).



**Figura 5:** Partes de que se compone un LED.

Entre las ventajas de esta tecnología cabe destacar:

- Larga vida útil (50.000 h de funcionamiento conservando más del 70 % del flujo lumínico original).
- Mejor mantenimiento comparado con las fuentes de iluminación convencionales.
- Alta eficiencia energética.
- Extensa gama de colores por naturaleza.
- Encendido instantáneo.
- Robustez extrema (gran resistencia a vibraciones).
- Luz directa (no existen pérdidas por reflexión).
- Ecológico (prácticamente la totalidad del LED es reciclable).
- No emiten infrarrojos ni ultravioletas (evitan el desgaste de materiales cercanos al foco).

La bodega experimental del campus de Palencia cuenta con 6 luminarias halógenas modelo IS40 de 400 W cada una. Con una campana industrial de 50 W tipo LED

tendríamos la misma capacidad lumínica y estaríamos reduciendo en 8 veces el consumo.



**Figura 6:**  
Iluminaria  
IS40, 400W



**Figura 7:**  
Iluminaria tipo  
LED, 50W

Equipos de iluminación	Potencia por unidad (kW/ud)	Unidades	Potencia total (kW)
Iluminación halógena	0,4	6	2,4
Iluminación LED	0,05	6	0,3

**Tabla 5:** Potencia necesaria para cada tipo de luminaria.

Si a los 365 días del año se le restan los fines de semana y los festivos en un año completo tenemos un total de 253 días laborables, con una media de 8 horas al día de funcionamiento de la iluminación.

**Horas de funcionamiento al año = 253 \* 8 = 2.024 horas al año**

– **Amortización de la inversión**

Una vez que se ha estimado el ahorro energético gracias a la sustitución de las luminarias convencionales por luminarias tipo LED, se estima en cuanto tiempo la inversión queda amortizada. En el apartado de resultados

Para dicha inversión además de las luminarias LED, hay que tener en cuenta que la instalación sea correcta ya que una mala instalación puede hacer que se produzca un fallo en los LED, por lo que se tiene que contratar una persona cualificada para dicha instalación. Se ha pedido presupuesto a una empresa que se encarga de este tipo de instalaciones. La empresa se llama Reparalia, el coste por mandar a un técnico especializado y cambiar las 6 luminarias es de 150 €.

PRODUCTO	UNIDADES	PRECIO UNIDAD (€)	Precio total (€)
Campana industrial LED (50 W)	6	99,00	594,00
Instalación de luminarias			150,00
<b>TOTAL (€)</b>			<b>744,00</b>

**Tabla 6:** Precio que supone el cambio de luminarias

### 4.2.3. Huella de carbono

Para el cálculo de la huella de carbono en la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia el método utilizado para el cálculo de carbono ha sido "The International Wine Carbon Calculator Protocol. Se basa en el de PAS 2050 desarrollado en el Reino Unido. Fue elaborado en consenso por diferentes institutos internacionales del vino en los Estados Unidos (The Wine Institut of California), Nueva Zelanda (New Zealand Winegrowers), Sudáfrica (Integrated Production of Wine South Africa) y Australia (The Winemakers Federation of Australia).

Este método no permite definir el nivel de emisiones de carbono de los productos, sino más bien da una idea general sobre la forma de calcular las emisiones asociadas con los productos del sector vitivinícola.

El método divide en tres áreas de los factores de emisión. La primera (scope 1) incluye las emisiones directamente relacionadas con la actividad de la empresa. La segunda (scope 2), incluye el consumo eléctrico y el gasto de energía para la calefacción o el aire acondicionado. Finalmente, la tercera (scope 3) está relacionada con las emisiones resultantes de la compra de productos o servicios a otras empresas. Quedan excluidas del cálculo las emisiones a corto plazo: la inmovilización de edificios y equipos, los viajes de los empleados y la mayoría de los productos fitosanitarios y enológicos utilizados en la elaboración del vino y en la viticultura.

A continuación se definen los pasos que voy a seguir para la elaboración de la huella de carbono de la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia:

1. Elección del producto y definición de la unidad de análisis.

Una vez establecido el lugar donde se va a realizar el diagnóstico se elige el producto sobre el que se va a realizar el cálculo de la huella de carbono.

Para este estudio se va a realizar sobre una botella de vino de 0,75 L ya que es el producto resultante y referencia para el cálculo de emisiones de producto en una bodega.

2. Determinar el periodo de cálculo.

Se establece el periodo de tiempo en el que se va a calcular la huella de carbono. Para este estudio he tomado como referencia un año completo ya que es una medida que se puede utilizar como referencia para futuros estudios energéticos, medioambientales, etc. en la bodega experimental del campus de Palencia.

3. Establecer el año base.

El año base es la referencia para fijar los objetivos de reducción de GEI. En el caso de este estudio al ser una estimación ya que la bodega nunca ha tenido su capacidad de entrada de uva completa, el año base es el mismo año en el que se realiza el estudio, es decir el año 2015.

4. Determinar límites organizacionales.

Al fijar los límites organizacionales es necesario considerar aquellas operaciones sobre las que se ejerce control financiero u operativo.

Para este estudio se va a realizar el cálculo bajo un enfoque de control operacional, ya que se van a tener en cuenta únicamente aquellas actividades sobre las que la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia tiene autoridad plena para introducir e implementar sus prácticas operativas. Por este motivo se han considerado sólo aquellas actividades desarrolladas en la propia bodega. Se han excluido las prácticas en el viñedo debido a la dificultad para obtener datos concernientes y por quedar fuera del alcance de la bodega.

5. Determinar las fuentes de emisión.

Es importante establecer las fuentes de emisión asociadas a sus operaciones, clasificándolas como emisiones directas (las que son propiedad o están controladas por la empresa) o indirectas (consecuencia de las actividades de la empresa pero ajenas a su control). En la tabla 7 se muestra las causas de las emisiones directas e indirectas de la bodega estudiada.

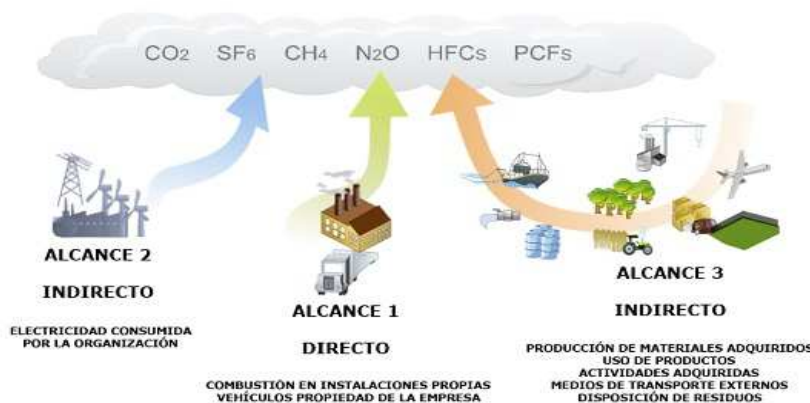
EMISIONES DIRECTAS	EMISIONES INDIRECTAS
Caldera de gas natural	Consumo eléctrico
Emisiones del proceso de elaboración	Fugas de gases fluorados en el equipo de refrigeración

**Tabla 7:** Emisiones directas e indirectas en bodega

6. Establecer el alcance.

Es necesario saber el alcance que va a tener el estudio de la huella de carbono, para poder establecer que operaciones se incluyen y cuales se excluyen para su cálculo.

Las fuentes de emisión dentro del alcance 1 y 2 están claramente definidas, puesto que son datos que se registran en la propia bodega, mientras que el alcance 3 son datos secundarios ya que están proporcionados por terceros. Esto hace que haya una mayor libertad por parte de las empresas a la hora de contabilizar sus emisiones. Siendo este punto el que marca las mayores diferencias entre las huellas de carbono dentro del mismo sector. En la figura 8 se definen las emisiones correspondientes a cada alcance.



**Figura 8:** Alcance de emisiones GEI a través de la cadena de valor.

Para el caso concreto de la bodega de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia las emisiones correspondientes a cada alcance se detallan a continuación.

En el alcance 1 se incluyen las emisiones directas, estas se dividen en móviles y estacionarias. Las emisiones móviles son las referidas al combustible de vehículos propios de la empresa y a los tractores que se utilizan en el viñedo, como la bodega del campus de Palencia no posee coches de empresa propios ni tractores ya que tiene convenio con el ITACyL de Zamadueñas estas emisiones no se consideran. Por lo tanto solo se pueden incluir emisiones estacionarias dentro del alcance 1, que son la caldera de gas natural, la limpiadora de gas-oíl, las emisiones producidas en el proceso de elaboración y las producidas por posibles fugas de líquido refrigerante en el equipo de refrigeración.

En el alcance 2 se incluyen las emisiones producidas de consumos eléctricos, para ello se hace una estimación del equipo necesario en bodega y de las horas de funcionamiento ya que no dispongo de referencia de los consumos eléctricos con la bodega al máximo de capacidad.

En el alcance 3 se incluyen las emisiones indirectas, estas emisiones no se van a considerar por quedar fuera del ámbito de aplicación y control de la bodega de la Universidad. En este alcance se incluirían los siguientes aspectos en función de su procedencia:

- Debidas a materiales adquiridos: Fabricación de botellas, corchos, capsulas, etc.
- Debidas al transporte de distribución del producto: En el caso de vender el vino producido, el transporte en camión, barco, tren o avión conlleva un gasto de combustible.
- Otras emisiones: Generadas por tratamiento externo de residuos o pérdidas de electricidad.

Este alcance representa una parte muy importante de las emisiones por lo que para un estudio completo de la huella de carbono habría que tenerlo en cuenta. En este trabajo no se considera a parte de por quedar fuera del alcance de la bodega del campus de Palencia, porque una estimación del alcance 3 daría lugar a una huella de carbono muy desviada de la realidad de la bodega ya que son datos que la bodega no puede controlar.

## 7. Calculo de la huella de carbono.

Una vez que se dispone de los datos necesarios, se elaboran unas tablas donde se registre cada una de las fuentes de emisión identificadas, tanto los datos de la actividad como los factores de conversión y emisión relacionados con la misma.

- Factor de conversión.

Se utiliza para transformar unidades de masa o volumen en unidades de energía.

Para este caso concreto se necesita el factor de conversión del gas natural que viene dado en  $\text{m}^3$  a  $\text{kWh}/\text{Nm}^3$  de gas natural a temperatura y presión constantes.

COMBUSTIBLE	FACTOR DE CONVERSION
Gas natural (m <sup>3</sup> )	10,70 kWh/Nm <sup>3</sup>

**Tabla 8:** Factor de conversión gas natural. Anexo 8 del *Informe Inventarios GEI 1990-2009 (2011)*.

- Factor de emisión.

Es la equivalencia para saber la cantidad de CO<sub>2</sub> que se está liberando a la atmosfera en la utilización de energía.

Para este caso concreto se necesitan los factores de emisión del gas natural, de la energía eléctrica y del combustible gas-oíl.

COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISION
Gas natural (kWh)	0,202 kgCO <sub>2</sub> /kWh de gas natural
Electricidad (kWh)	0,31 kgCO <sub>2</sub> /kWh
Gas-oíl (litros)	2,596 kgCO <sub>2</sub> /l

**Tabla 9:** Factor de emisión gas natural y factor de emisión energía eléctrica. GEI España, *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*.

Para el factor de emisión de la energía eléctrica, se ha hecho una media de los factores de emisión de todas las empresas que estaban publicadas en la pagina del ministerio en el 2014 para obtener un dato lo más representativo posible del factor de emisión de la energía eléctrica en España. La tabla 14 muestra la estimación de las horas de funcionamiento de los equipos y su consumo eléctrico en la bodega experimental del campus de Palencia.

EQUIPO	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	POTENCIA UNIDAD (kW)	POTENCIA TOTAL CONSUMIDA (kWh)
Prensa	15	10,8	162
Bomba mono	35	3	105
Bomba PE-20	150	0,37	55,5
Bomba LU.C.M.E	150	0,90	135
Equipo de frio + compresor scroll (fermentación)	90	33,5	3.015
Perdidas a través de los depósitos y tuberías	90	269,03	24.212,7
Fan coils (sala de barricas)	5.000	0,5	2.500
Limpiadora EKINSA	50	5,5	275
Caldera de gas natural	20	9,65	193
Iluminación halógena	2.024	2,4	4.857,6
Embotelladora	50	0,9	45
<b>TOTAL (kWh)</b>			<b>35.555,8</b>

**Tabla 10:** Estimación del consumo eléctrico en kWh de la bodega experimental del campus de Palencia.

En la tabla anterior los consumos eléctricos de las operaciones de vendimia como (despalillado-estrujado, remontado, trasiego, filtrado), se encuentran incluidas dentro del funcionamiento de las diferentes bombas de la bodega.

Además del consumo eléctrico de la tabla 14, para el cálculo del CO<sub>2</sub> equivalente hay que añadir un consumo de 20 L de gas-oil del equipo de limpieza a presión y 200 m<sup>3</sup> de gas natural, que se incluyen dentro del SCOPE 1.

### 4.3. Reducción de la huella de carbono

La reducción de los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmosfera es una tarea muy importante y que hay que fomentar ya que si no se frena drásticamente el ritmo de nuestras emisiones GEI puede llegar un momento en el que el daño causado sea irreversible.

Gracias a la eficiencia energética se puede poner solución a una buena parte de este problema. Como ya se ha visto en el apartado 3.2.1 se ha realizado un ahorro energético en la bodega experimental del campus de Palencia con el aislamiento de equipos y el cambio de luminarias. Dicho ahorro energético supone un menor consumo eléctrico y por lo tanto una reducción en los niveles de CO<sub>2</sub> liberados a la atmosfera. Lo que se pretende es calcular la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen al haber hecho la bodega experimental del campus de Palencia más eficiente energéticamente.

El scope 1 no tiene ningún tipo de reducción en las emisiones por lo que el ahorro energético se tiene en el scope 2.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Resultados eficiencia energética

El estudio de la eficiencia energética de la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia centrado en el aislamiento de tuberías y depósitos permite comparar el ahorro que ha supuesto energéticamente y económicamente.

A continuación se incluyen los resultados de los cálculos realizados para el aislamiento de los equipos descritos en el apartado 3.2 Eficiencia energética (tabla 1).



	$Q_{\text{Total}}$ sin aislamiento (W/h)	$Q_{\text{Total}}$ con aislamiento (W/h)	$Q_{\text{ahorro}}$ (W/h)
<i>Deposito 200 L</i>	3.472	3	3.469
<i>Deposito 500 L</i>	5.276	5	5.271
<i>Deposito 1.000 L</i>	9.069	9	9.060
<i>Deposito 1.500 L</i>	12.681	12	12.669
<i>Deposito pulmón</i>	80	30	50
<i>Tubería 0,1 (60 metros)</i>	906	49	857
<i>Tubería 0,15 (80 metros)</i>	1.821	95	1.726
<i>Intercambiador tubular</i>	23.440	20	23.420

**Tabla 11:** Calor perdido con y sin aislamiento, así como su ahorro por depósito y tubería.

Estos cálculos son por unidad de depósito, si multiplicamos por el número de depósitos de la bodega obtenemos el calor total que se pierde y el que se consigue ahorrar gracias al aislamiento.

	$Q_{\text{Total}}$ sin aislamiento (W/h)	$Q_{\text{Total}}$ con aislamiento (W/h)	$Q_{\text{ahorro}}$ (W/h)
<i>14 depósitos de 200 L</i>	48.608	42	48.566
<i>10 depósitos de 500 L</i>	52.760	50	52.710
<i>10 depósitos de 1000 L</i>	90.690	90	90.600
<i>4 depósitos de 1.500 L</i>	50.724	48	50.676
<i>1 Deposito pulmón</i>	80	30	50
<i>Tubería 0,1 m (60 metros)</i>	906	49	857
<i>Tubería 0,15 m (80 metros)</i>	1.821	95	1.726
<i>Intercambiador tubular (6,8 m)</i>	23.440	20	23.420
SUMA	269.029	424	268.605
<b>kW/h</b>	<b>269,03</b>	<b>0,42</b>	<b>268,60</b>

**Tabla 12:** Calor total perdido con y sin aislamiento, así como el ahorro total de calor en kW/h.

Como se puede comprobar, es por los depósitos donde se produce la mayor pérdida de calor y por lo tanto donde mayor ahorro de energía se produce gracias al aislamiento. Una vez que se tienen todos los resultados se hace el rendimiento energético:

$$\frac{Q_{ahorrada}}{Q_{perdida}} = \frac{268.605}{269.029} \cdot 100 = 99,84\%$$

Gracias al aislamiento se consigue que el calor que se pierde por las camisas de refrigeración de los depósitos de acero inoxidable y por las tuberías de PVC se reduzca en más de un 99%.

Los resultados muestran el gran ahorro energético que se produce al aplicar el aislamiento en la bodega experimental del campus de Palencia. En concreto se está teniendo un ahorro de **268,60 kW** por hora de funcionamiento del equipo de frío, lo que hace un total de **24.174 kWh** sabiendo que el equipo de frío está en funcionamiento 90 horas.

El principal motivo por el que los resultados entre los consumos energéticos de la bodega sin eficiencia energética y con eficiencia energética difieran tanto (en comparación con los resultados que aparecen en bibliografías de eficiencia energética, donde se estima que un aislamiento de depósitos supone entre un 20 y 30 % de ahorro energético), es el espesor de las camisas de refrigeración de los depósitos, estas tienen un espesor muy pequeño (1,2 mm) por ese motivo la transferencia de calor por conducción es muy elevada. Esto se debe principalmente al reducido tamaño que tienen los depósitos.

En cuanto a la amortización de la inversión la siguiente tabla muestra los resultados del gasto eléctrico que se tiene en la bodega sin aislamiento y con aislamiento por hora de funcionamiento del equipo de frío:

Instalación	Energía consumida (kWh)	Precio kWh (€)	Precio total por hora (€)
Sin aislamiento	269,03	0,1453122	39,09
Con aislamiento	0,42	0,1453122	0,061
<b>Ahorro</b>	<b>268,60</b>	0,1453122	<b>39,02</b>

**Tabla 13:** Precio que supone el aislamiento en depósitos y tuberías.

Gracias al aislamiento el ahorro de energía que se tendría en fermentación equivale a un ahorro económico de **39,02 € por cada hora de funcionamiento**. Sabiendo que las horas de funcionamiento del equipo de frío son 90 horas, se está teniendo un ahorro económico de 3.511,8 € en fermentación. Como se ha visto en el apartado 4.2.1. Eficiencia energética (tabla 4), el coste de la inversión son 687,47 € por lo que si se divide el coste de la inversión por el ahorro energético que se produce la inversión quedaría amortizada en **menos de 1 año**, teniendo un ahorro económico a favor de 2.824,33 € el primer año.

En cuanto a la mejora de la iluminación en siguiente tabla se estiman los consumos eléctricos y el gasto económico que tendrá la bodega antes y después de cambiar la luminaria, teniendo siempre en cuenta que las horas de funcionamiento van a ser las mismas para los dos tipos de luminarias. Para esta estimación he tenido en cuenta los

días en los que la bodega está abierta y el periodo de funcionamiento en horas cada día descritas anteriormente en el apartado 4.2.2. Mejora de la luminaria en la bodega.

Equipos de iluminación	Potencia por unidad al año (kWh/ud año)	Potencia total anual 6 luminarias (kWh)	€ totales/año
Iluminación halógena	809,6	4.857,6	680,06
Iluminación LED	101,2	607,2	85,08
<b>Ahorro</b>	<b>708,4</b>	<b>4.250,4</b>	<b>594,98</b>

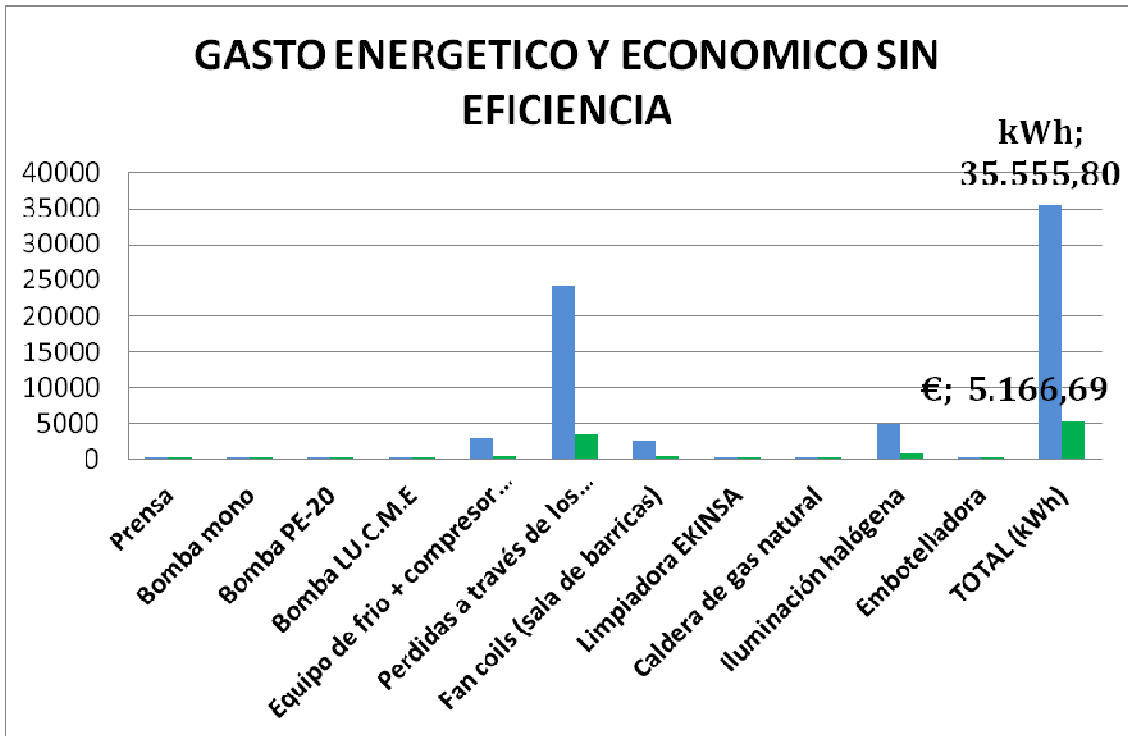
**Tabla 14:** Consumo eléctrico y gasto económico entre luminaria actual y tipo LED.

En un año de funcionamiento se tiene un ahorro de 594,98 €. Como se ha visto en el apartado 4.2.2. Mejora de la luminaria en la bodega (tabla 6), la inversión que supone el cambio de luminarias es de 744 €, si se hace la amortización esta inversión quedaría amortizada en **un año y tres meses**.

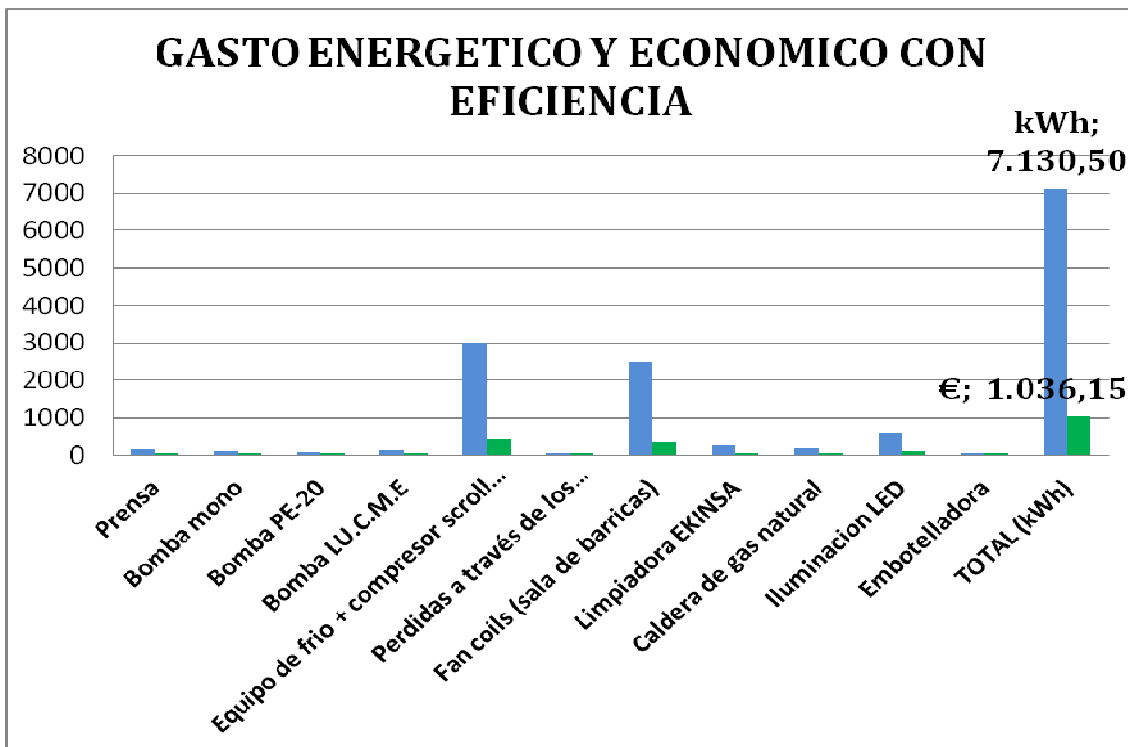
En total el gasto teórico de energía de la bodega experimental del campus de Palencia antes del aislamiento se estima en 35.555,8 kWh al año y después de haber planteado un modelo de eficiencia energética el consumo en la bodega se estima en 7.130,5 kWh al año, por lo que se ha conseguido reducir **28.425,3 kWh al año** la energía consumida por bodega experimental del campus de Palencia, casi 5 veces la energía necesaria en un año, es decir se ha obtenido un ahorro del **80%**.

Si se juntan las inversiones de eficiencia energética (aislamiento y cambio de luminarias) y los ahorros que se producen gracias a la eficiencia energética se traduciría en una inversión inicial el primer año de 687,47 € + 744 € = 1.431,47 € y un ahorro de 28.425,3 kWh · 0,1453122 €/kWh = 4.130,5 € al año. Esto quiere decir que tendríamos un ahorro de 4.130,5 € – 1.431,47 € = **2.699,03 € el primer año**. En los siguientes años para la bodega experimental del Campus de Palencia esto supone un ahorro de **4.130,5 €** en comparación a un año sin la aplicación de la eficiencia energética, un ahorro muy considerable.

En la grafica 3 y 4 se puede ver de una manera más representativa lo que ha supuesto la eficiencia energética en la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia expresado en kWh.



**Grafica 3:** Gasto energético (kWh) y económico (€) de los equipos de la bodega experimental del campus de Palencia sin eficiencia energética.



**Grafica 4:** Gasto energético (kWh) y económico (€) de los equipos de la bodega experimental del campus de Palencia con eficiencia energética.

## 5.2. Resultados huella de carbono

El estudio de la huella de carbono permite dar una idea aproximada de la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente que se libera a la atmósfera en la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia.

La siguiente tabla muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente libera cada proceso dividido en dos partes, por bodega y por botella (se estiman 40.000 botellas al año de producción). Cada proceso se encuentra incluido dentro de su categoría como se ha descrito en el apartado 4.2.2. Huella de carbono.

SCOPE 1		BODEGA 2015	BOTELLA DE VINO 2015
		Kg CO <sub>2</sub> /año	Kg CO <sub>2</sub> /año
Combustión estacionaria	Caldera de gas natural	663,40	0,0166
	Limpiadora	51,92	0,0013
Total combustión estacionaria		715,32	0,0179
Proceso de elaboración	Fermentación	3.000*	0,075
Total proceso de elaboración		3.000	0,075
Emisiones fugitivas	R407	0	0,0000
Total emisiones fugitivas		0	0,0000
<b>TOTAL SCOPE 1</b>		<b>3.715,3</b>	<b>0,0929</b>
SCOPE 2		BODEGA 2015	BOTELLA DE VINO 2015
		Kg CO <sub>2</sub> /año	Kg CO <sub>2</sub> /año
Consumo eléctrico		11.022,3	0,2755
<b>TOTAL SCOPE 2</b>		<b>11.022,3</b>	<b>0,2755</b>
<b>TOTAL BODEGA (SCOPE 1 + SCOPE 2)</b>		<b>14.737,6</b>	<b>0,3684</b>

**Tabla 15:** Kilogramos de CO<sub>2</sub> liberados en la bodega y por botella sin aplicación de eficiencia energética.

\*La cantidad de CO<sub>2</sub> liberado en el proceso de fermentación lo he estimado a partir de un estudio aplicándolo a la escala de la bodega del campus de Palencia. Donde el CO<sub>2</sub> liberado por 5 cepas diferentes de *Sccharomyces cerevisae* está entre 100 – 120 g/l por cepa. (Dumont, 2002).

En un principio sin la aplicación de la eficiencia energética teniendo en cuenta las actividades sobre las que ejerce control la bodega, la liberación de CO<sub>2</sub> equivalente es de 14.737,6 Kg al año, lo que hace un total de **0,3684 Kg** por cada botella de 0,75 l que se produce.

Con el ahorro energético se pasa de un consumo eléctrico de 35.555,8 kWh al año a un consumo eléctrico de 7.130,5 kWh al año. En total supone un ahorro de 28.425,3 kWh al año. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente que se reduce gracias a la eficiencia energética.

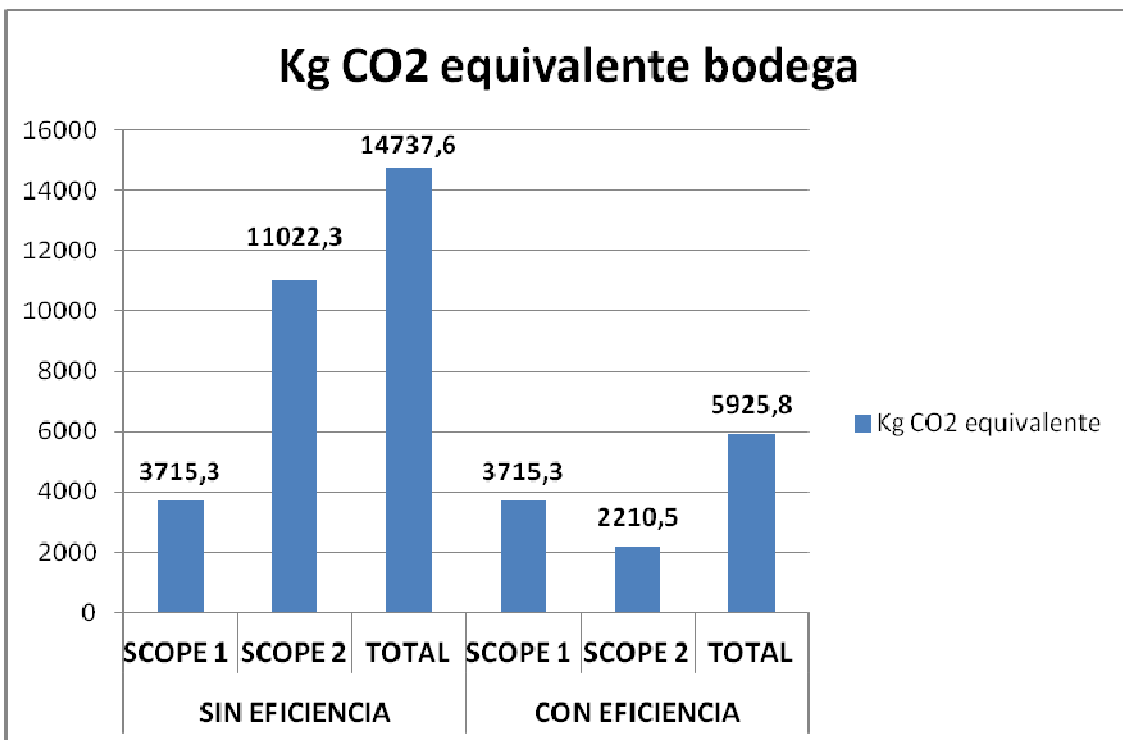
SCOPE 2	BODEGA 2015	BOTELLA DE VINO 2015
	Kg CO <sub>2</sub> /año	Kg CO <sub>2</sub> /año
Sin eficiencia	11.022,3	0,2755
Con eficiencia	2.210,5	0,0553
<b>Ahorro</b>	<b>8.811,8</b>	<b>0,2203</b>

**Tabla 16:** Ahorro de Kg de CO<sub>2</sub> equivalente liberados por la bodega y por botella de vino con eficiencia energética.

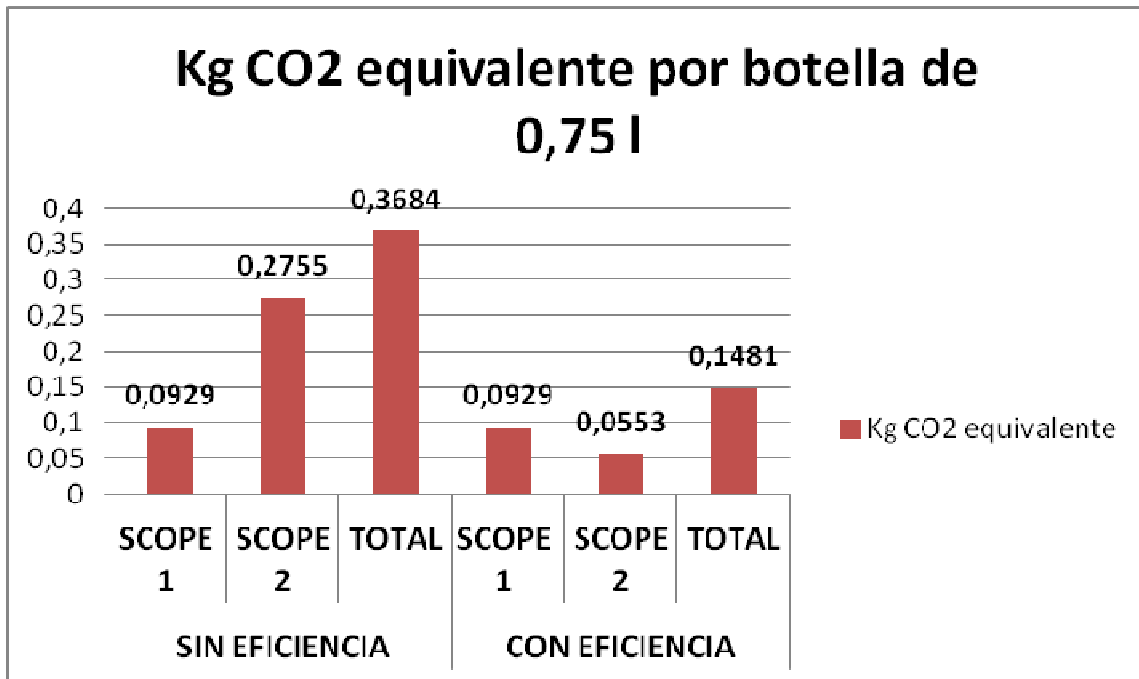
Con la aplicación de la eficiencia energética se consigue reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente que se libera a la atmosfera. Esto es debido a que es necesaria menos energía para la producción del vino. Así bien una vez que se ha aplicado la eficiencia energética la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente que se libera a la atmosfera es de 5.925,8 Kg al año, lo que hace un total de **0,1481 Kg** por cada botella de 0,75 l. Si se compara el CO<sub>2</sub> que se genera inicialmente y después de aplicar la eficiencia; 0,1481/0,3684 se queda en un 40% del valor inicial. Por lo tanto se ha obtenido un **60%** de reducción de CO<sub>2</sub> que se genera en la producción de cada botella un resultado muy considerable.

Gracias a la eficiencia energética en bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia, se ha conseguido reducir su huella de carbono en 8.811,8 Kg de CO<sub>2</sub> al año, lo que hace una reducción de **0,2203 Kg** de CO<sub>2</sub> por cada botella de 0,75 l que se elabore.

En la grafica 5 y 6 se muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente que se libera a la atmosfera antes y después de la eficiencia energética en bodega y por botella de 0,75 l.



**Grafica 5:** Cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente liberado a la atmosfera por la bodega experimental sin eficiencia energética y con eficiencia energética.



**Grafica 6:** Cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente liberado a la atmosfera por botella de 0,75 l sin eficiencia energética y con eficiencia energética.

## 6. CONCLUSIONES

Gracias a este estudio se ha visto la importancia que puede tener la eficiencia energética en una empresa, en concreto en una bodega. Con la aplicación del ahorro energético en la bodega experimental de la Universidad de Valladolid en el campus de Palencia se ha conseguido reducir en un 80% su consumo en energía eléctrica y un 60% en la cantidad de CO<sub>2</sub> generado en el proceso. Otro punto a destacar es el presupuesto que supone llevar a cabo la eficiencia, solamente con el ahorro que se tiene en el periodo de fermentación queda amortizada toda la inversión, tanto la del aislamiento como la de las luminarias. Estos resultados son muy interesantes de cara al futuro con la bodega a pleno rendimiento. A su vez el estudio de la huella de carbono y su posterior reducción con la aplicación de la eficiencia energética es un dato que cada vez tiene más relevancia en las empresas. Con este estudio se ha conseguido dar el primer paso para hacer a la bodega experimental del campus de Palencia más eficiente energéticamente y medioambientalmente. Este estudio marca las bases para futuros proyectos que profundicen más en este campo que cada vez toma y tiene que tomar más relevancia.



## 7. BIBLIOGRAFIA

- Kerner, S.; Richard, J. (2007). “Balance de carbono: De la vid a la botella”. Encuentro técnico “Viticultura durable y Medioambiente: implicaciones y retos técnico – económicos del futuro”. Organizado por IFV Midi-Pyrénées.
- Aranda Usón, J.A.; Zabalza Bribián, I. y Scarpellini, S. (2005). “Análisis de ciclo de vida: Aspectos metodológicos y casos prácticos”. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
- Sergi Cuadrat. (2011). *HUELLA DE CARBONO DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA*. julio, 2, 2015, de Creative Commons Sitio web: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:67287/componente67285.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:67287/componente67285.pdf).
- n/a. (2010). *LA HUELLA DE CARBONO DE BODEGAS ENGUERA*. 2015, de IVM Sitio web: <http://www.ivmbodegasenguera.com/assets/huella-de-carbono.pdf>.
- Anaya, J.A, Aleixandre, J.L, Alvarez, I, García, M.J, Lizama, V, Aleixandre-Tudó, J.L. & Casp, A. (s.f). *BALANCE DE CARBONO: ECOSOSTENIBILIDAD DEL SECTOR VITIVINICOLA ESPAÑOL*. 2015, de Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo & Departamento de Tecnología de Alimentos Sitio web: [http://acyja.com/documentos/Comunicaciones\\_Congresos/Comunicaciones/2010/IAM06-P.pdf](http://acyja.com/documentos/Comunicaciones_Congresos/Comunicaciones/2010/IAM06-P.pdf).
- “¿Qué es la eficiencia energética?”. (s.f). Recuperado el Julio, 2, 2015, de <http://www.eficienciaenergetica.es/que-es-la-eficiencia-energetica-prueba/>.
- Norma PAS 2050. (2008). Recuperado el Julio, 14, 2015 de <http://www.aec.es/web/quest/centro-conocimiento/norma-pas-2050>.
- Dumont, A., Raynal, C., Raginel, F., Ortiz-Julien, A., Suarez, C. & Heras, J.M.. ((s.f)). *CAPACIDAD DE LAS LEVADURAS ENOLÓGICAS DE CONSUMIR FRUCTOSA*. Julio, 16, 2015, de Lallemand Sitio web: [http://www.enoreports.com/pdf/caracter\\_fructofilo.pdf](http://www.enoreports.com/pdf/caracter_fructofilo.pdf)