

Mejora en las prácticas ambientales en la industria del vino: Disminución del consumo energético

Echegaray, Marcelo*, Muñoz, Gustavo, Zalazar, María, Palacios Carlos, Rodriguez,
Rosa

*Univ. Nac. de S. Juan, Fac. de Ing. Inst. de Ing. Quím. Libertador 1109 (O). San Juan. CP.5400
mehega@unsj.edu.ar, moisesm@unsj.edu.ar, mdelcarmenzalazar@hotmail.es,
cpalacios@unsj.edu.ar, rrodri@unsj.edu.ar*

RESUMEN

La base económica de Argentina, está sustentada en gran medida por producciones primarias, donde predominan los cultivos alimenticios e industriales, la producción agroindustrial de alimentos, bebidas, tabaco, manufacturas textiles y de madera. Las principales actividades económicas relacionadas consisten esencialmente en los procesos de transformación de esos productos primarios. En general, estos procesos productivos distan de estar optimizados en referencia a su consumo energético. Además, actualmente existe mayor consideración, por parte del consumidor, del proceso de elaboración de un producto, desde el punto de vista ambiental, especialmente si el producto es exportado.

En este trabajo se aborda uno de los aspectos ambientales más importantes de la industria vitivinícola: el consumo energético. Se planteó su reducción mediante el uso de aislantes considerando el aspecto económico, factor primordial en la toma de decisiones. Se consideraron tres aislantes: espuma elastomérica, lana de vidrio y lana de roca. Para cuantificar la energía ahorrada se calculó la pérdida de energía sin aislamiento y con él. El aumento del espesor del aislamiento disminuye las pérdidas de energía pero a su vez, incrementa la inversión (compra, instalación y gastos de mantenimiento). A partir de estos conceptos y para un período de tiempo previsto de amortización, gráficamente se obtuvieron inversiones en función del espesor de aislamiento y pérdidas energéticas más gastos de mantenimiento, en función también de dicho espesor. El costo total empresarial es, para cada espesor, el resultado de los valores de ambas curvas. Cuando este costo es mínimo se obtiene el espesor óptimo para el caso analizado. El método de cálculo más utilizado se basa en las aplicaciones del valor actualizado neto, VAN, el cual fue aplicado en este trabajo.

Como resultado se obtuvo un ahorro de 90,5 % de energía, siendo la lana de roca de un espesor de 0.02 m la aislación óptima.

Palabras Claves: industria vitivinícola, optimización del uso de energía, aislamiento, evaluación económica.

1. INTRODUCCIÓN

La base económica de Argentina, está sustentada en gran medida por producciones primarias, donde predominan los cultivos alimenticios e industriales, la producción agroindustrial de alimentos, bebidas, tabaco, manufacturas textiles y de madera. Las principales actividades económicas relacionadas consisten esencialmente en los procesos de transformación de esos productos primarios.

Además, nuestro país es reconocido por ser un exportador de vino altamente competitivo, la inserción en los mercados internacionales generó una notable innovación en la vitivinicultura nacional motivada principalmente, por la necesidad de adecuarse a las nuevas exigencias de los mercados importadores. Actualmente ocupa el quinto lugar en el mundo como productor, lo que posiciona al sector vitivinícola como gran impulsor de la economía nacional. Por otra parte, esta industria es uno de los principales pilares de la economía de la provincia de San Juan, Argentina. Los principales impactos ambientales negativos de la industria vitivinícola son el consumo energético, de agua, generación de residuos y emisiones gaseosas.

Es importante destacar que, a lo largo del siglo XX han surgido conceptos tales como el desarrollo sustentable. Desde una perspectiva microeconómica, el desarrollo sostenible pasa a ser una apuesta empresarial en torno a la orientación de la sustentabilidad, de cara a la obtención de ganancias tanto empresariales como de calidad del medio ambiente. Actualmente la protección del medioambiente es uno de los mayores desafíos actuales en nuestras sociedades industrializadas. Este desafío está dirigiéndose a la política, la economía como así también como a la tecnología e investigación [1].

La eficiencia energética es un componente importante en la estrategia ambiental de una empresa. Sin embargo, en general, los procesos productivos primarios distan de estar optimizados en referencia a su consumo energético.

Considerando el consumo energético en la industria vitivinícola, se puede decir que la principal fuente de energía que se emplea en el sector es la energía eléctrica, que es también la más cara y, por tanto, la que tiene una mayor incidencia sobre los costos de producción [2]. El consumo de energía más elevado en una bodega se encuentra en el sistema de refrigeración, imprescindible para la elaboración de un vino de calidad [3, 4]. Se ha estimado que la refrigeración requiere un 50 - 70 % del total de energía utilizada en una bodega [5]. El mismo se produce especialmente durante la vinificación en blanco y en distintas operaciones prefermentativas (maceración prefermentativa, enfriamiento del mosto para clarificación y fermentación, desfangado en frío, etc.), fermentativas (control de la temperatura de fermentación) y posfermentativas (estabilización por frío, lavado de envases y pasteurización, etc.) [6].

Una de las formas de optimizar el consumo energético del proceso de refrigeración es a través del aislamiento de tuberías que conducen el fluido refrigerante. El aislamiento es necesario para todas las aplicaciones de refrigeración, y la selección del espesor de aislamiento adecuado para sistemas de refrigeración es, por lo tanto, significativa. Esto supone no sólo un ahorro energético con el consiguiente ahorro económico, sino que también protege las tuberías de posibles daños mecánicos, aguas de condensación, corrosión, etc. El aislamiento no elimina la transferencia de calor, simplemente la reduce. Cuanto mayor sea el espesor del mismo, menor será la transferencia de calor, pero también más elevado su costo, por lo tanto un aislamiento adicional más allá de específico espesor de aislamiento no es efectiva desde el punto de vista económico. [7].

Debido a que existen varios aislamientos adecuados para este fin y, cada uno tiene conductividad térmica, costo de instalación y vida de servicio diferentes, el objetivo de este trabajo es realizar una selección de aislante, a través del costo anualizado en función del espesor para cada aislamiento y, determinar el que tenga el costo mínimo.

Se aplicó un método iterativo desarrollado en Mathcad 15 para predecir la ganancia de calor y las temperaturas de superficie en tuberías aisladas y sin aislar. Posteriormente, se aplicó el concepto de valor actual neto (VAN) para determinar el espesor óptimo para cada aislante, y así, seleccionar, no sólo el espesor sino también el tipo de aislante.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso productivo comprende desde la recepción de la uva en la bodega hasta la salida del vino, que puede distribuirse tanto embotellado como a granel. La producción de vino blanco y tinto sigue el mismo proceso con la salvedad de que el blanco pasa por prensa antes de ser introducido en los depósitos y el vino tinto sin embargo, lo hace tras haberse realizado la fermentación en los depósitos [8].

Recepción de la uva: Es el proceso por el cual la uva se introduce en las instalaciones. El primer lugar por donde pasan, es la báscula. De este modo se conoce la cantidad exacta de producto recepcionado. Al mismo tiempo, se toma una muestra para comprobar la calidad de la uva recepcionada midiendo los diferentes parámetros: estado sanitario y contenido en azúcares.

Tolva de recepción - estrujado – despalillado: La uva se descarga en la tolva de recepción, que está provista de tornillos sinfín que transportan la uva hacia la estrujadora, rompiendo el hollejo de modo

que libera la pulpa y el zumo, sin separar el palillo. La alimentación se realiza por la parte superior sobre unos discos que estrujan la uva contra las paredes y conlleva una fuerte aireación de los mostos. El trabajo mecánico de la uva comprende dos operaciones:

- El despalillado, que consiste en separar los granos de la parte leñosa del racimo, a esta operación también se le denomina “desrasponado”.

- El estrujado, que rompe el hollejo de modo que se libera la pulpa y el zumo.

De este proceso sale el raspón que se elimina para desechos, ya que durante la maceración pueden transmitir olores y sabores herbáceos desagradables. Éste es transportado por una cinta sinfín y se recoge en el exterior de las instalaciones de la bodega en una tolva.

Bomba de Vendimia - Maceración - Fermentación: La pasta obtenida de la estrujadora es transportada mediante bombas de vendimia hasta los tanques de fermentación, donde se produce la fermentación alcohólica, mediante la cual los azúcares contenidos en el mosto se convierten en alcohol etílico. Para llevar a cabo este proceso es necesaria la presencia de levaduras, hongos microscópicos que se encuentran, de forma natural en los hollejos. El oxígeno es el desencadenante inicial de la fermentación, ya que las levaduras lo van a necesitar en su fase de crecimiento. Sin embargo, al final de la fermentación conviene que la presencia de oxígeno sea pequeña para evitar la pérdida de etanol y la aparición de acético en su lugar.

La fermentación alcohólica es un proceso exotérmico, es decir, que desprende energía en forma de calor. Es necesario controlar este aumento de temperatura ya que si ésta asciende demasiado (25 - 30º) las levaduras comienzan a morir deteniéndose el proceso fermentativo, por ello los depósitos constan de sistemas de refrigeración para controlar la temperatura. Mientras se realiza la fermentación se procede al remontado que consiste en elevar el mosto hasta la cabeza de la cuba, dejándolo caer en forma de ducha, favoreciendo así la ruptura del sombrero. El gas carbónico desprendido en la fermentación es el que empuja hacia arriba los hollejos y rompe el sombrero. Esta capa hay que ir remojándola con el mosto para activar la extracción del color.

Descube – prensado: Tras la fermentación alcohólica se procede al descube y al prensado. El descube consiste en separar la fase líquida (vino fermentado o en proceso de fermentación) de la sólida (hollejos), sacando el vino a otro depósito. Cuando se produce el descube el vino sale por su propio peso, por gravedad. De este proceso salen el vino de lágrima y la pasta que irá a la prensa (no así en el caso de los vinos blancos en los cuales el prensado se realiza justo después de la despalilladora). En el prensado la pasta resultante del descube, pasa a las prensas donde por presión controlada se separa la fase líquida de la sólida. Se realizan dos prensadas y se diferencia entre vino de primera prensada y de segunda prensada. Estos vinos se conducen a los depósitos. Después de realizar la fermentación alcohólica se obtiene por un lado el orujo, y por otro lado el mosto, que es con el que se continúa trabajando. Cuando la densidad es de aproximadamente 995 g/l se descuba y este vino, llamado “yema”, se envía a depósitos.

Los depósitos se llenan con vinos-mostos similares, y se dejan unos días, para que se produzca la fermentación maloláctica. Este proceso consiste en la transformación del ácido málico en ácido láctico, bajando el pH, al tiempo que aumentan los polifenoles y el glicerol. Todo esto sirve para que el vino pierda acidez y gane en suavidad y aroma. El proceso de la fermentación maloláctica tiene que estar controlado para evitar desviaciones en el vino, ya que las bacterias lácticas además de degradar el málico, pueden atacar a otras sustancias produciendo efectos indeseables (ácido acético). La temperatura óptima para el desarrollo de bacterias lácticas es de 20-23°C. A partir de 30°C empiezan a morir y por debajo de 15°C es difícil que acaben el proceso.

Trasiegos – mezclas – almacenamiento: Terminada la fermentación maloláctica, el vino de toda la bodega se traslada a otros depósitos (trasiegos), y para quitar las lías, heces o barros, que transfieren cualidades sensoriales no deseadas, se adiciona SO₂ para conseguir su perfecta conservación. La mezcla o “cupage” propiamente dicha, es el vino resultante de todas las operaciones realizadas. El número de trasiegos a realizar variará, en función de los requerimientos de los caldos y será decisión del enólogo. Posteriormente, se realiza el llenado de depósitos con vinos similares y se produce la unificación de caldos diferentes, obteniendo un lote homogéneo. Las mejores partidas no se mezclan, destinándose a la elaboración de vinos de mayor calidad.

Clarificación: Tras el reposo de dos meses aproximadamente, el vino se clarifica con bentonita y gelatina, según las dosis que indican las casas comerciales a las que se recurra. El mecanismo de clarificación presenta tres fases. En la primera el agente clarificante reacciona con los turbios y partículas en suspensión, enturbiándose aún más el vino. En la segunda se forman grumos, producto de esas reacciones, dispersos por todo el seno del vino. En la tercera fase, los grumos floculan en el fondo, facilitando así su eliminación.

Estabilización por frío: El vino se estabiliza a una temperatura menor de 0°C y se deja reposar aproximadamente dos semanas. La refrigeración de los vinos origina únicamente transformaciones físicas, como la insolubilización, distinguiéndose dos tipos de precipitaciones: una de cristales

correspondiente a los tartratos y otra coloidal relativa a las materias colorantes, complejos férricos y proteínas. En los vinos jóvenes estas precipitaciones son abundantes.

Filtración: Con el filtrado se pretende eliminar los microorganismos y los coloides formados, y obtener un producto limpio mejorando la calidad visual del vino. La filtración se puede realizar bien por filtrado, el cual se realiza a través de dos procesos, el primero es mediante tierras diatomeas de diferentes tamaños y el segundo a través de placas de celulosa; o bien por centrifugación. Es importante que los filtros estén limpios, tanto desde el punto de vista energético como para una calidad óptima de los caldos.

Embotellado: El embotellado del vino se realiza en una zona independiente específica para este proceso. El vino se embotellará normalmente en recipientes de 5 litros y en botellas de cristal de $\frac{3}{4}$ y 1 litro. Las operaciones de las que consta el embotellado normalmente son el llenado, el taponado y en el caso de las botellas el encapsulado y etiquetado.

Almacenamiento: Si la expedición del vino no se produce justo después del embotellado será necesario su almacenamiento. Para ello se contará con carretillas eléctricas para el transporte en palés.

3. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN ESTUDIADO

Se trabajó en una bodega de pequeña envergadura ubicada en la provincia de San Juan, Argentina. El circuito de refrigeración, comienza, con la salida del agua fría, que se retira del tanque de almacenamiento frío. El mismo es esquematizado en la Figura 1. El agua, usada como refrigerante, se encuentra a una temperatura promedio de 4,5 °C, se distribuye a un sector, para enfriar, y luego retorna al otro tanque de almacenamiento, tanque caliente, a una temperatura que varía entre 18 °C y 22 °C, para posteriormente ingresar al compresor para ser enfriada, completando el circuito cerrado de refrigeración.

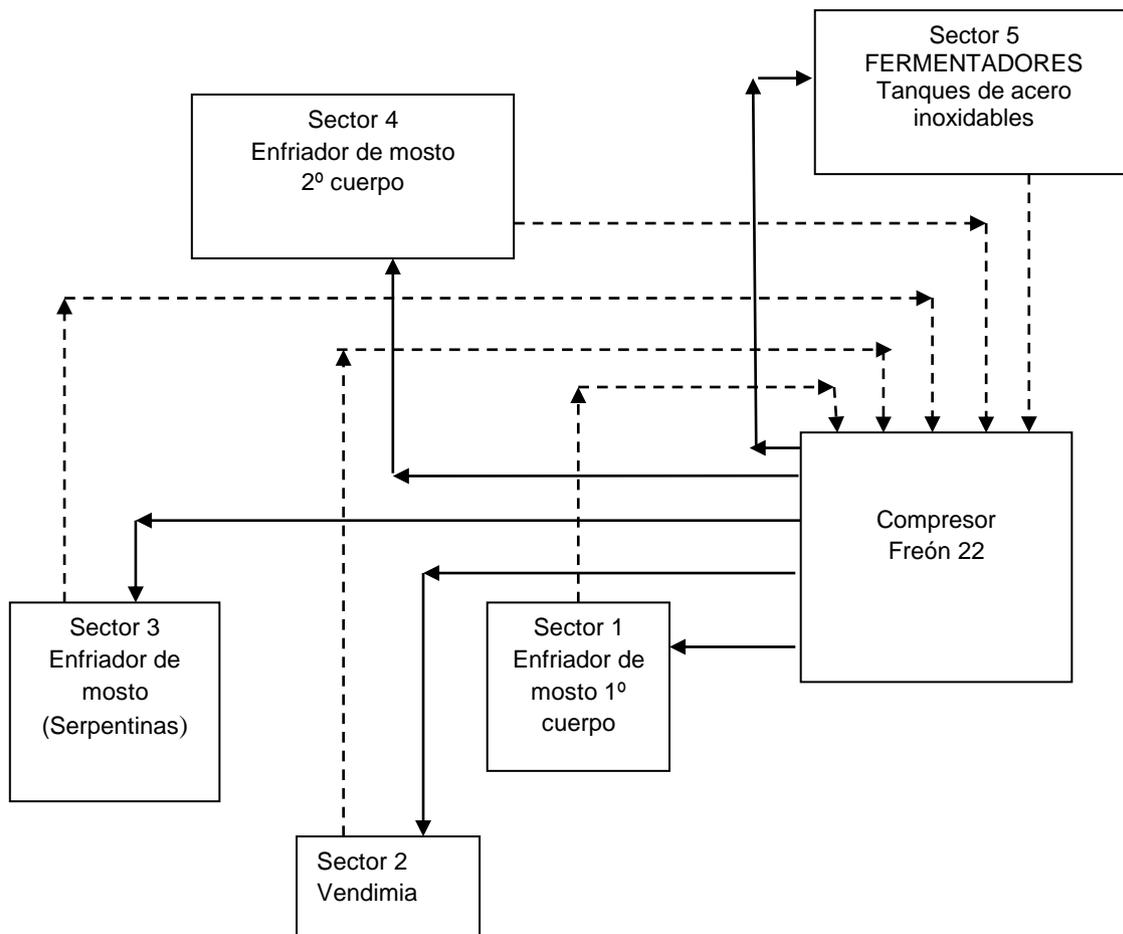


Figura 1 Sistema de refrigeración

Para cuantificar la energía ahorrada y por consiguiente, el dinero economizado, se debe calcular el calor perdido o ganado sin aislamiento y con él. La diferencia entre los dos es el calor ahorrado, el cual se puede valorar en términos monetarios y con este resultado calcular el retorno de la inversión. El aislamiento se paga por sí mismo gracias a la energía que ahorra. Aislar de manera apropiada requiere de inversión de capital, pero sus efectos son importantes y de largo plazo. El periodo de

recuperación de la inversión a menudo, es menor de un año. Aunado a estos ahorros, el aislamiento también contribuye al cuidado del medioambiente.

La cuantificación de la pérdida de calor, y por tanto de energía, depende de: la conductividad, el área de la tubería expuesta. Es evidente que a mayor superficie sin aislante, mayor será la pérdida de energía; la diferencia de temperaturas entre el interior de la tubería y el exterior de la misma [9].

En los sistemas de refrigeración de las bodegas el ahorro energético, y por tanto de dinero, se realizará través del aislamiento de las superficies frías (superficies cuya temperatura está por debajo de la ambiental) [10]. En estos casos, el calor se transfiere desde los alrededores hacia las superficies frías y la unidad de refrigeración debe compensar la ganancia de calor consumiendo energía eléctrica.

La máxima transferencia de calor de un sistema al ambiente se deriva de establecer un balance económico respecto al espesor del aislante, entre los costos de los diferentes componentes del sistema termoaislante, costos fijos, ascendentes y los costos de energía térmica desperdiciada, costos de operación, descendentes.

La determinación del espesor óptimo de aislamiento requiere los análisis de la transferencia de calor y el económico [11].

La cuantificación de la pérdida de energía, depende de los siguientes parámetros:

- La conductividad: es la capacidad de un determinado material para conducir el calor entre sus dos lados a una diferencia de temperatura entre ambos determinada. Este valor se mide en watts por metro cuadrado y grado centígrado ($W/m^2 \cdot ^\circ C$), pero para superficies se utiliza la conductancia que es la conductividad por unidad de superficie (W/m^2)
- Área de la tubería expuesta: es evidente que a mayor superficie sin aislante, mayor será la pérdida de energía.
- Diferencia de temperaturas: entre el interior de la tubería y el exterior de la misma.
- El tiempo: cuanto mayor sea el tiempo de exposición mayor será la pérdida de energía.

4. Cálculo de la transferencia de calor

El procedimiento de cálculo para predecir la ganancia de calor y las temperaturas de superficie en tuberías aisladas, se basa en la consideración de que la estructura del sistema aislante es uniforme, esto es, que el material aislante de las tuberías es de densidad uniforme [12, 13]. Este procedimiento es iterativo y consta de siete pasos descritos a continuación. Con el objetivo de llevar a cabo este cálculo se utilizó el software Mathcad 15, para cada aislante y para diferentes espesores.

a. Cálculo del diámetro aislado, d_a (m):

$$d_a = d_o + 2 \cdot esp \quad (1)$$

b. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección natural y forzada, desde la superficie aislada hacia el ambiente, h_c ($W/m \cdot K$):

$$h_c = 2.7241 \cdot C \cdot [1.11 / (t_{sup} + t_a - 510.44)]^{0.181} \cdot [1.8 \cdot (t_a - t_{sup})]^{0.266} \cdot (1 + 7.9366 \cdot 10^4 \cdot V)^{0.5} \quad (2)$$

c. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación, h_r ($W/m^2 \cdot K$):

$$h_r = 0.9824 \cdot 10^{-8} \cdot Em_{ss} \cdot \frac{t_a^4 - t_{sup}^4}{t_a - t_{sup}} \quad (3)$$

d. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, h_s ($W/m^2 \cdot K$):

$$h_s = h_c + h_r \quad (4)$$

e. Cálculo del flujo de calor, q (W/m):

$$q = \frac{\pi \cdot (t_{op} - t_a)}{\frac{1}{2 \cdot k_{ais}} \cdot \ln \frac{d_a}{d_o} + \frac{1}{h_s \cdot d_a}} \quad (5)$$

f. Verificación de la temperatura de superficie, t_{sc} (K):

$$tsc = top - \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot kais} \cdot \ln \frac{da}{do} \quad (6)$$

e. *Convergencia de la temperatura de superficie.*

Si $tsc = t_{sup}$, entonces las pérdidas de calor son igual a q y la temperatura en la superficie aislada es tsc . En caso contrario, hacer $t_{sup} = tsc$ y regresar al punto a del procedimiento de cálculo.

5. CÁLCULO DEL ESPESOR ÓPTIMO DE AISLAMIENTO

Para la determinación de un espesor de aislamiento adecuado es necesario introducir conceptos económicos. Las pérdidas de energía disminuyen con un aumento del espesor de aislamiento. El aumento del espesor de aislamiento supone incremento de la inversión para su compra e instalación, aunque esto no tiene unas leyes determinadas de crecimiento.

Existen además, otros componentes del costo global como son los gastos de mantenimiento [10]. Representando gráficamente estos conceptos para la unidad específica y para un período de tiempo previsto de amortización, se tendrá inversiones en función del espesor de aislamiento y pérdidas energéticas más gastos de mantenimiento para el período considerado, en función también del espesor de aislamiento.

El costo total empresarial será, para cada espesor de aislamiento, el resultado de los valores de ambas curvas. Este costo será mínimo para un espesor determinado, precisamente el espesor óptimo económico [14].

El método de cálculo más utilizado se basa en las aplicaciones del valor actualizado neto, VAN (en inglés net present value) [15]. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros de un determinado proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. Este método se usa en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado. El VAN es muy importante para la valoración de inversiones en activos fijos, si su valor es mayor a cero, el proyecto es rentable, considerándose el valor mínimo de rendimiento para la inversión.

Considerando nuestro caso, se debe determinar, para cada inversión en aislamiento, el valor actualizado neto de los ahorros energéticos aportados y compararlo con los incrementos que supone la inversión. Para determinar el VAN, se determina el coeficiente multiplicador que actualiza los ahorros en el período total que se considere. El valor de dicho coeficiente es igual a [16]:

$$coef\ VAN = [t \cdot (t^n - 1)] / (t - 1) \quad (7)$$

$$t = (1 + 0.01 \cdot b) / (1 + 0.01 \cdot r) \quad (8)$$

A cada espesor de aislamiento térmico le corresponderán diferentes pérdidas energéticas específicas y un costo de inversión asociado. A medida que aumenta el espesor, disminuyen las pérdidas energéticas y aumenta la inversión (Ali, et. al, 2011).

Si consideramos dos espesores consecutivos de aislamiento, la diferencia de pérdidas energéticas tendrá un valor económico que se actualiza con el *coef VAN* para el período considerado. A su vez, existirá una diferencia de inversión de aislamiento.

Esto permite plantear la comparación:

$$Incremento\ de\ ahorro \cdot coef\ VAN \gtrless Incremento\ de\ la\ Inversión \quad (9)$$

Siendo:

Incremento de ahorro: Valor pérdidas energéticas para esp_i – Valor pérdidas para esp_{i+1}

Incremento de Inversiones: Inversión para esp_{i+1} – Inversión para esp_i

Si el resultado de la inequación (9) es que el primer término es superior al segundo, indica que el incremento de ahorro es mayor que la inversión necesaria para obtenerlo. En tanto que si el incremento del ahorro obtenido requiere una inversión superior, primer término menor que el segundo, esta inversión no es rentable y debe disminuirse, es decir, reducir el espesor del aislamiento.

El espesor óptimo económico es precisamente la del equilibrio, es decir, cuando el incremento del ahorro es igual al incremento de la inversión.

Los cálculos se realizaron con el objetivo de analizar tres aislantes a saber: espuma elastomérica, lana de vidrio y lana de roca. A continuación se describe en forma resumida cada uno de ellos:

La espuma elastomérica es un aislante con un excelente rendimiento en baja y media temperatura y de fácil instalación, reduciendo al máximo los costos de mano de obra. Es producida a partir de una mezcla de resinas espumadas y hules sintéticos. Posee en su estructura una barrera de vapor, al agua y un comportamiento totalmente ignífugo. Una de las desventajas que posee es que es fácilmente atacable por la radiación ultravioleta por lo cual se lo debe proteger de la luz del sol. Su temperatura máxima de aplicación es 377 K. Posee buena resiliencia y resistencia al ozono. No contiene fluorcarbonos.

La lana de vidrio es un material aislante térmico y acústico sumamente eficiente, bajo costo y de fácil manejo. Se produce a partir del estado de fusión de una mezcla de arenas con alto contenido de sílices. Según su proceso de manufactura, se presenta de dos formas: con aglutinantes orgánicos y con aceites minerales. En el primer caso poseen estructura propia y preforma, dando lugar a media cañas y placas rígidas y semirrígidas. Tiene una alta capacidad de recuperar su forma, facilidad de corte, baja resistencia al impacto y buena absorción del ruido. Se debe proteger de la intemperie y abuso mecánico. Su máxima temperatura de aplicación es hasta 727 K. En el segundo caso se agregan aceites minerales para evitar la abrasión entre fibras. Posee alta resiliencia, facilidad de corte, baja resistencia al impacto y a la compresión, buena estabilidad dimensional, bajos costos de instalación y buena absorción del ruido. Se deben proteger con recubrimiento contra la intemperie y abuso mecánico. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 727 K.

La lana de roca es un material incombustible e imputrescible, fabricado a partir del estado de fusión de roca tipo basáltica o semejante, con alto contenido de alumino-silicatos. Según su proceso de manufactura se presenta de dos formas: con aglutinantes orgánicos y con aceites minerales. En el primer caso, poseen estructura propia y preforma. Posee baja resistencia al impacto y a la compresión, facilidad de corte y buena absorción del ruido. Su temperatura máxima de aplicación es entre 923 – 1255 K. En el segundo caso, los aceites minerales evitan la abrasión entre fibras. Poseen alta resiliencia, facilidad de corte, baja resistencia al impacto y a la compresión, buena estabilidad dimensional, bajos costos de instalación y buena absorción del ruido. Se deben proteger con recubrimiento contra la intemperie y abuso mecánico. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 923 K. La lana de roca se diferencia de otros aislantes en que es un material resistente al fuego, con un punto de fusión superior a los 1.200 °C.

Los resultados obtenidos se pueden observar en las Tablas 1, 2 y 3. Tanto las pérdidas de energía como las inversiones están referidas a metro lineal de tubería.

El espesor óptimo económico corresponderá al espesor que más se aproxime, positivo o negativo a una diferencia 0.

Tabla 1 *Análisis de espesor óptimo para espuma elastomérica*

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
esp (m)	De (m)	q (W/m)	Valor pérdidas de energía (\$/m ² ·año)	Valor Actualizado de las Pérdidas (\$/m)	Increment. Ahorro (\$/m)	Inv. en aislam. (\$/m)	Increment. En Inversiones (\$/m)	Dif. (5) - (6)	Costo Total
0,005	0,124	38,19	9,16	68,18		22,25			
0,009	0,132	27,27	6,55	48,70	19,48	37,18	14,93	4,55	85,88
0,013	0,14	21,47	5,15	38,35	10,35	47,58	10,40	-0,05	85,93
0,019	0,152	16,54	3,97	29,54	8,81	71,00	23,42	-14,61	100,54
0,040	0,194	9,80	2,35	17,51	12,03	142,06	71,06	-59,03	159,57

Tabla 2 *Análisis de espesor óptimo para lana de roca*

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
esp (m)	De (m)	q (W/m)	Valor pérdidas de energía (\$/m ² ·año)	Valor Actualizado de las Pérdidas (\$/m)	Increment. Ahorro (\$/m)	Inv. En aislamiento (\$/m)	Increment. En Inversiones (\$/m)	Dif. (5) - (6)	Costo Total
0,005	0,124	40,70	9,77	72,70		4,593			
0,01	0,134	27,39	6,57	48,92	23,78	14,4765	9,88	13,90	63,39
0,02	0,154	17,22	4,13	30,75	18,17	34,2435	19,77	-1,60	64,99
0,03	0,174	12,96	3,11	23,15	7,60	57,42	23,18	-15,58	80,57
0,04	0,194	10,61	2,55	18,95	4,20	71,92	14,50	-10,30	90,87
0,05	0,214	9,11	2,19	16,28	2,67	92,22	20,30	-17,63	108,50
0,06	0,234	8,07	1,94	14,42	1,86	110,49	18,27	-16,41	124,91
0,08	0,274	6,71	1,61	11,99	2,43	155,44	44,95	-42,52	167,43

Tabla 3 Análisis de espesor óptimo para lana de vidrio

(1) esp (m)	De (m)	(2) q (W/m)	(3) Valor pérdidas de energía (\$/m ² -año)	(4) Valor Actualizado de las Pérdidas (\$/m)	(5) Increm. Ahorro (\$/m)	Inv. En aislamiento. (\$/m)	(6) Increm. En Inversiones (\$/m)	(7) Dif. (5) - (6)	Costo Total
0,01	0,134	33,66	8,08	60,11		62,71			
0,02	0,154	21,01	5,04	37,53	22,58	84,62	21,91	0,67	122,15
0,03	0,174	15,77	3,79	28,18	9,35	106,52	21,90	-12,55	134,70
0,04	0,194	12,90	3,10	23,03	5,14	120,51	13,99	-8,85	143,54
0,05	0,214	11,06	2,66	19,77	3,27	162,95	42,44	-39,17	182,72
0,08	0,274	8,14	1,95	14,54	5,23	210,18	47,23	-42,00	224,72
0,09	0,294	7,56	1,82	13,51	1,02	234,25	24,07	-23,05	247,76
0,10	0,314	7,10	1,70	12,68	0,84	264,81	30,56	-29,72	277,49

6. RESULTADOS

Observando las Tablas 1, 2 y 3 se concluye que el espesor óptimo para espuma elastomérica es 0,013 m, para lana de roca 0,02 m y para lana de vidrio 0,02 m.

Si bien todos los aislamientos presentan propiedades similares, se debe realizar la selección entre las diferentes alternativas. Esta selección se lleva a cabo mediante una gráfica de costo anualizado en función del espesor para cada aislamiento (Figura 2) y se determina el que tenga el costo mínimo más bajo.

En la Figura puede observarse que la lana de roca presenta el menor costo de los tres aislamientos analizados y el espesor óptimo es de 0,02 m. De los cálculos realizados, el ingreso de calor desde el ambiente hacia el fluido refrigerante que circula por la tubería es de 17,22 W/m de tubería, en tanto que sin aislamiento sería de 180 W/m de tubería, lográndose de esta forma una disminución del 90,5 %. Teniendo en cuenta el costo de la energía, horas de funcionamiento y tomando como unidad el metro de tubería el ahorro energético para este aislante con el espesor óptimo sería de 290 \$/m de tubería.

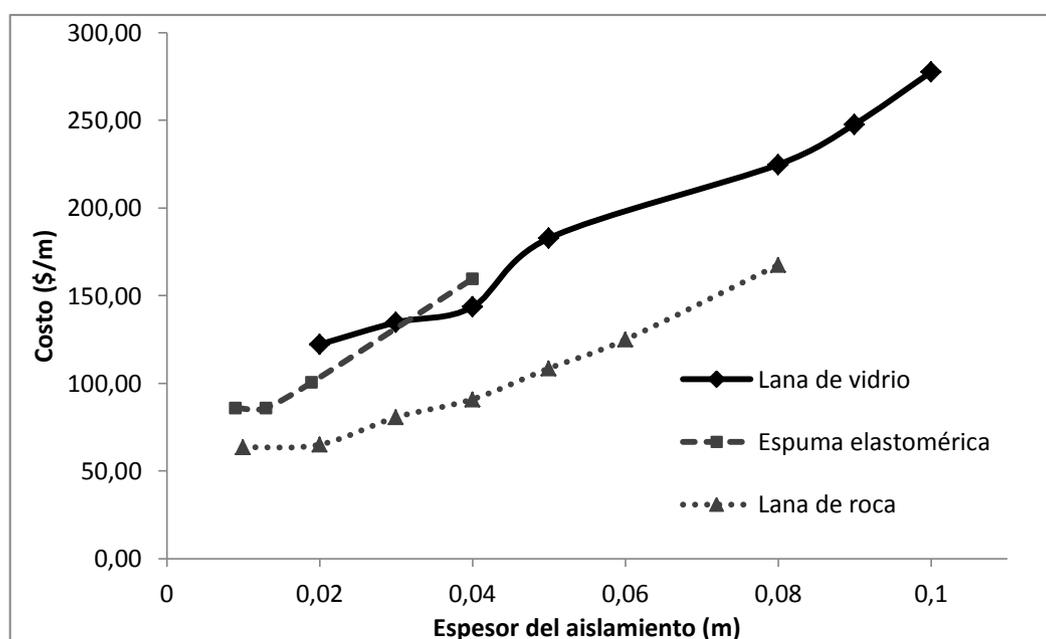


Figura 2 Costo anualizado para diferentes aislamientos en función del espesor.

7. CONCLUSIONES

La vitivinicultura es una de las principales agroindustrias de San Juan, Argentina. En esta provincia existen más de 266 bodegas. En la actualidad, existe mayor consideración, por parte del consumidor, del proceso de elaboración de un producto, desde el punto de vista medioambiental, sobre todo en países como Estados Unidos y el Reino Unido, los cuales son los principales países importadores de vinos argentinos. Esta situación actual crea la necesidad de poner en práctica un sistema de gestión para el cuidado del ambiente. Por esta razón, la industria vitivinícola debe estar preparada para los nuevos requerimientos ambientales. Es por eso que en este trabajo se aborda uno de los aspectos ambientales de esta industria: el consumo energético. Para ello se plantea la

reducción del mismo mediante el uso de aislantes considerando el aspecto económico, factor primordial a la hora de la toma de decisiones.

El aislamiento de las tuberías conductoras del líquido refrigerante se realizó con el objetivo de reducir al mínimo las pérdidas de energía, considerando el costo total de cada uno de los tres aislantes considerados. Como resultado de este trabajo se puede observar que el uso de estos materiales, si bien requieren una inversión inicial, dicha inversión es sobrepasada ampliamente por la disminución de costos debido al consumo de energía eléctrica, energía ampliamente usada por las bodegas en nuestra provincia.

Cabe destacar, que el uso de aislamiento de tuberías de conducción no sólo supone un ahorro energético y económico sino que también impide que el vapor de agua contenido en el aire se condense sobre las superficies exteriores de las cañerías, cuando su temperatura cae por debajo del punto de rocío, produciendo agua líquida sobre las superficies metálicas la cual favorece la corrosión y deterioro de las tuberías.

Se considera que este estudio será una guía eficaz para las personas que trabajan en esta industria para un mejor diseño, el análisis y el funcionamiento de aislamiento de tuberías. Es importante destacar que sólo se han tenido en cuenta tres tipos de aislamiento, los cuales son los más usados en nuestra zona, sin embargo, este trabajo puede ampliarse considerando otros aislantes con los cuales se podrían obtener mejores resultados. Los materiales aislantes adecuados en espesor óptimo de aislamiento proporcionan las ventajas económicas y ambientales, con la disminución de las pérdidas. Esto se puede conseguir utilizando sólo los métodos más adecuados y simples.

NOMENCLATURA

C	Coefficiente de forma 1,016 para tuberías, adimensional.
esp	Espesor del material aislante, m
top	Temperatura de operación, K
tsup	Temperatura supuesta de la superficie del termoaislante, K
ta	Temperatura ambiente, K
kais	Conductividad térmica del termoaislante, W/(m K)
V	Velocidad del viento, m/h
Emss	Emisividad de la superficie aislada, adimensional
do	Diámetro exterior de la tubería aislada, m
b	Aumento previsible del costo de la energía, %
r	Tasa de actualización neta (equivalente al interés bancario deducidos los impuestos y la inflación), %
n	Número de años para los que se efectúa el estudio
q	(W/m)

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Producción Más Limpia y Eficiencia Energética. UNEP, 1º Edición, 2003.
- [2] Disminución de costos eléctricos en la empresa. Aranda Usón, José Alfonso, FC Editorial, España, 2006.
- [3] López, A.; Cabezas, A. 1992. Technologies avançades en estalvi i eficiència energètica. Technologies d'estalvi en l'elaboració de vi, Institut Catalàd' Energia (ICAEN), Barcelona, N° 12: 23-31.
- [4] López, A.; Solans, F.; Pomar, J. 1993. Necesidades frigoríficas en la vinificación en blanco. Procedimiento informático para su determinación, Vitivinicultura; 9-10: 32-35.
- [5] Rodríguez Rosa., Udaquiola Stella. 2009. Evaluación Medioambiental de la Industria del vino. Alternativas para alcanzar una producción limpia. Revista de Ingeniería Química, Vol. 35:10-25.
- [6] Palacios Carlos, Rodríguez Rosa, Udaquiola Stella. 2009. Modelo matemático para la predicción de las necesidades de frío durante la producción de vino. Ciencia, Docencia y Tecnología No. 38, Año XX: 205-226.
- [7] Cengel, Yunus. 2007. Transferencia de calor. Bogotá, Colombia: (3a ed.), McGraw-Hill.
- [8] Grainger Keith, Tattersall Hazel. 2007. Producción de vino desde la vid hasta la botella, Ed. Acribia,
- [9] Kern, Donald. 1999. Procesos de Transferencia de Calor, Ed. CECOSA, México.
- [10] Orozco, Carlos A. 1996. Optimización del diseño de aislamientos térmicos para superficies calientes: tuberías. Scientia et Technica Año II, No 37, Abril, Universidad Tecnológica de Pereira.
- [11] Stevens Alan, Steam pipe insulation, Mechanical Engineering, http://www.raeng.org.uk/education/diploma/math/pdf/exemplars_engineering/2_SteamPipe.pdf
- [12] Soto Cruz, Juan J. 1996. Fundamentos sobre ahorro de energía. Editorial de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- [13] Kaynakli O. 2008. A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness. Renewable Energy, 33, pp. 1164–1172.
- [14] Sismana Nuri, Kahyab Emin, Arasc Nil, Aras Haydar. 2007. Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof (ceiling) for Turkey's different degree-day regions. Energy Policy, 35, pp. 5151–5155.

- [15] Keçebaş Ali., Alkan Mehmet., Bayhan Mustafa. 2011. Thermo-economic analysis of pipe insulation for district heating piping systems. Applied Thermal Engineering, Vol. 31, I. 17–18, 3929-3937.
- [16] Court Eduardo, Aching César, Aching Jorge. 2009. Matemáticas Financieras. Argentina, CENGAGE Learning.