

RENTABILIDAD DE LAS ESTRATEGIAS PASIVAS DE EFICIENCIA ENERGETICA PARA LA INDUSTRIA DEL VINO. ANÁLISIS TERMO-ENERGÉTICO Y ECONÓMICO

THE COST EFFECTIVENESS OF PASSIVE ENERGY EFFICIENCY STRATEGIES FOR THE WINE INDUSTRY. A THERMAL-ENERGY ECONOMIC.

ALBA INÉS RAMOS SANZ

Doctora en Arquitectura

Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)-Consejo Nacional de

Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET),

San Juan, Argentina

<https://orcid.org/0000-0003-4069-4740>

draarqalbaramossanz@gmail.com

RESUMEN

En el siguiente artículo se aborda un estudio cuali-cuantitativo y experimental sobre el caso de una bodega elaboradora de vinos finos, localizada en Argentina. Con ese fin, se lleva a cabo un relevamiento arquitectónico y un seguimiento térmico con sensores en las instalaciones de vinificación durante el período de molienda.

Caracterizada la industria y extraídos los datos de temperatura de los procesos y el clima, se construye un modelo de simulación en régimen estacionario. Mediante este modelo -validado con los datos reales-, se simulan estrategias pasivas aplicadas sobre la envolvente de la bodega y del tanque de fermentación. Se estiman, luego, los ahorros en la demanda energética en control térmico del proceso de vinificación obtenidos a través de las estrategias pasivas simuladas. Se definen cuantitativamente las estrategias pasivas más efectivas en la reducción de la demanda energética, se elabora un presupuesto para la construcción de esas estrategias y se confecciona un flujo de fondos de diez años para cada una de ellas. A partir de este análisis integrador, se obtienen los indicadores de rentabilidad de la inversión en cada estrategia: la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN). Posteriormente, se complementan los datos con el período de tiempo requerido para recuperar la inversión -*Período de Retorno*-, medido en años. Se analizan, finalmente, los factores económico-energéticos que inciden sobre la rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética para el caso de la industria, distinguiendo las implicancias en el empleo entre las metodologías del *Período de Retorno* y el flujo de fondos.

Palabras clave

eficiencia energética, análisis del costo de vida, decisiones de inversión, eco-eficiencia, vinificación.

ABSTRACT

This article presents an experimental mixed-methods study on the case of a winery located in Argentina. To this end, an architectural survey was carried out, as well as thermal monitoring with sensors in the winemaking facilities during pressing. Once the industry was described and temperature data was collected for the winemaking processes and the climate, a steady-state simulation model was built. After validation with real data, the model was used to simulate passive strategies for the winery's envelope and fermentation tank. Then, the energy demand savings resulting from the simulated passive strategies used for the thermal control of the winemaking process were estimated. The most effective passive strategies for reducing energy demand were defined quantitatively. A budget was drawn up for the construction of the strategies and a ten-year cash flow analysis was carried out for each. From this comprehensive analysis, the investment profitability indicators were obtained for each strategy: the Internal Rate of Return (IRR) and the Net Present Value (NPV). Subsequently, the data was complemented with the time required to recoup the investment, the payback period, measured in years. Finally, the economic-energy factors that affect the profitability of energy efficiency investments are analyzed for the case of the wine industry and the different implications of the payback period and the cash flow methodologies are shown.

Keywords

energy efficiency, life-cycle cost analysis, investment decisions, eco-efficiency, winemaking

INTRODUCCIÓN

Los establecimientos de vinificación son energético-dependientes: su rentabilidad decrece con el incremento del precio de la energía y su requerimiento eléctrico -directamente relacionado a la tecnología empleada- es superior en la medida que aumenta la calidad del vino elaborado. El precio de la electricidad en algunos países vitivinícolas presenta una tasa subsidiada para la industria. Este es el caso de EEUU, cuyo costo es de US\$ 0,07/kWh, y fue el de Argentina durante décadas y hasta el año 2015, momento en el cual los costos energéticos eran de US\$ 0,03 /kWh (Ministerio de Energía y Minería, 2015). Ambos países se encuentran entre los cinco mayores productores de vinos del mundo, alcanzando, en ese sentido, las cifras de 15 millones de hectolitros y 22 millones de hectolitros, respectivamente (Organización Internacional de la Viña y el Vino, OIV; 2018). Según datos oficiales, en Argentina el 25% de la demanda energética corresponde al sector industrial, lo que constituye un 15% por debajo de las estadísticas globales en donde la industria se posiciona en un 40% de la demanda energética mundial (Banco Mundial, 2018). De este total, en Argentina, el 35% de la energía utilizada es eléctrica, de fuentes de origen secundario. Aproximadamente el 60% corresponde a gas distribuido en redes y el resto (15%) a diversos tipos. La demanda energética en las bodegas es estacional y se incrementa significativamente durante la época de molienda y fermentación, coincidente con el período más cálido del año, momento en el cual los sectores residencial, comercial e industrial compiten simultáneamente por la oferta energética. En EEUU¹, los requerimientos de frío en los ámbitos de fermentación y conservación comprenden el 23% de la carga total de frío en una bodega (Galitsky et al., 2005). Otras fuentes (Department of Industry, Tourism and Resources, 2012) aseguran que la demanda energética en refrigeración es de entre el 40% y el 60% de la demanda total en bodega. Por su parte, Ramos Sanz (2014) sugiere que el requerimiento energético en los fermentadores de acero inoxidable es de entre el 50% y el 70% de la demanda energética de la bodega inserta en un contexto de clima cálido-árido.

El origen de esta creciente demanda energética en la industria radica, por un lado, en la mayor automatización de los procesos y, por el otro, en el cambio climático. Las tradicionales bodegas de la región solían controlar la temperatura de sus productos mediante recursos geotérmicos, como agua subterránea. Sin embargo, los vinos de alta gama exigen rigurosos parámetros térmicos, solo obtenidos con control automatizado. Algunas empresas se han modernizado e incorporado tecnología de acero inoxidable conectadas a centrales térmicas, con el fin de no quedar rezagadas por la competencia. En las zonas vitivinícolas de Cuyo, la época de la molienda está condicionada por veranos con elevadas temperaturas exteriores, superiores a los 30°C que incrementan el requerimiento de energía en control

térmico. Investigaciones previas (Ramos Sanz, 2018) revelan una marcada rampa térmica y una correlación entre la temperatura del vino en el tanque y la temperatura del aire, del clima en el exterior. El mencionado fenómeno de la creciente demanda energética en las industrias, sumado al impacto del calentamiento global en las temperaturas exteriores, y el incremento en el costo de la energía, promueve la búsqueda de opciones que persigan la ecoeficiencia en la industria. En las economías vitivinícolas del mundo como el Reino Unido, Australia y Estados Unidos, se fomenta la búsqueda de estallaciones mediante programas, documentos técnicos y herramientas tales como *Best Winery* (2005; EEUU), *British Columbia Sustainable Winegrowing Program* (2011; UK) y *Winery Energy Saving Toolkit* (South Australian Wine Industry, 2018). A continuación, se citan algunos resultados cuantitativos obtenidos mediante la implementación de estrategias pasivas en la industria vitivinícola (Ramos Sanz, Juanicó y Kuchen, 2016):

- Franson (cit. Ocaña y Cañas, 2000) indica que la construcción de cavas reduce los costos energéticos en refrigeración del vino en un 10%, recuperando la inversión en siete años.
- Galitsky et al. (2005), señalan que el aislamiento térmico de los tanques incide en un ahorro medio del 25% de energía en refrigeración. Sin embargo, en este estudio, como en el de Franson, no quedan establecidos los datos de temperatura del ambiente exterior ni las características de la envolvente de la bodega. Los valores porcentuales son, asimismo, indeterminados en cuanto al costo de la electricidad y la demanda térmica por volumen de vino conservado.

Un estudio más preciso, desarrollado por Forsyth (2012), detalla un costo en refrigeración de \$0,007/HL de vino por semana –asumiendo un precio de electricidad de \$0,15/kWh para conservar la temperatura en 5°C. En salas más cálidas, este costo asciende a \$0,022/HL por semana, para mantener la misma temperatura. Este caso se asienta en una zona cálido-árida, con temperaturas medias exteriores semejantes a las del presente estudio.

Las técnicas de construcción muestran marcadas diferencias entre zonas vitivinícolas. En EEUU, es práctica común la construcción prefabricada, mientras que en Argentina se construye *in situ*, con materiales tradicionales. Este factor implica mayores tiempos de obra y largas inversiones, promoviendo la conservación y restauración de estructuras preexistentes, tales como los depósitos de vino de mampostería y hormigón armado. En Argentina, esta técnica de guardado del vino se difundió masivamente y hasta la actualidad el 68% del vino elaborado reposa en ese tipo de depósitos (Instituto Nacional de Vitivinicultura, 2018). Hasta aquí se ha hecho referencia a los beneficios logrados mediante la aplicación de estrategias pasivas a la envolvente de bodegas de países caracterizados por una economía fuerte y estable. Las inversiones realizadas

en las construcciones sustentables de estas industrias podían estimarse en base a datos constantes, tales como los costos de construcción, de la energía y de la tasa de interés. En algunos de los países vitivinícolas se encuentran tasas de interés en dólares muy distintas, como en Francia (0,87%), España (1,57%), Portugal (1,92%), frente a los valores ofertados por EEUU (3,19%) y Argentina (7%) (Datosmacro, 2018). La diferencia entre los porcentajes reside en la necesidad de financiamiento y otros factores como el riesgo de mercado y el riesgo país. Estas tasas de interés asisten a la toma de decisiones de inversión de una empresa, y cuanto mayor sea su rendimiento esperado, mayor es su incidencia en la inversión.

En Argentina, en el año 2015, se llevó a cabo una investigación (Ramos Sanz, Juanicó y Kuchen, 2016) sobre el potencial de recuperación o *Período de Retorno* de la aplicación de estrategias bioclimáticas a la envolvente de bodegas, en un escenario en el cual el costo de la energía era más de 300 veces más económico que en la actualidad. Si bien los ahorros energéticos de las bodegas de diversos países pueden ser aproximados en términos relativos -según un mismo contexto climático-, el potencial de rentabilidad en inversiones en estrategias pasivas sobre la envolvente de la industria varía en función del escenario macroeconómico nacional. Hoy, los elevados costos de la energía incentivan la búsqueda de otros recursos energéticos sustitutos o complementarios a los recursos energéticos convencionales, como la biomasa, y a incrementar el ahorro energético, a través de la eficiencia energética y del uso racional de la energía. Por otra parte, en el trabajo citado, no se contempla el efecto inflacionario, sino que la recuperación de la inversión se comporta como una renta fija a una tasa cero; factores irreales en la mayoría de las economías latinoamericanas (CEPALSTAT, 2018).

En este contexto, aparece la Ecoeficiencia (Hansen y Mowen, 2006) como una nueva perspectiva corporativa situada entre los pilares de la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en costos. De esta manera, la Ecoeficiencia se ha consolidado como un nuevo paradigma productivo, como lo evidencia el impuso de la Bioeconomía en los últimos años. La Bioeconomía promueve una economía basada en el empleo eficiente de los recursos productivos con una mayor sostenibilidad ambiental y económica para la sociedad (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2018), planteándose como una opción estratégica para alinear dichos objetivos. La Bioeconomía constituye una reinención de los conceptos de "economía azul" o "ecológica", y se sustenta en metodologías como el Análisis del Ciclo de Vida o ACV -LCA, por sus siglas en inglés. Para efectuar un Análisis del Ciclo de Vida de un producto u organización (Hansen y Mowen, 2006) es necesario proceder en tres pasos: (1) realizar un inventario de los recursos empleados; (2) efectuar un análisis del impacto ambiental del empleo de dichos recursos; y (3) identificar y/o traducir el costo ambiental en un costo económico para la organización, el objeto producido o la actividad, a lo largo del período de vida considerado.

El último paso, conocido como *Life Cycle Cost Analysis* (LCC) es uno de los procedimientos menos aplicados dentro del Análisis del Ciclo de Vida, al reunir apenas un 2% de los estudios publicados en Argentina (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2015). Sin embargo, en otras economías del mundo, el LCC ha sido desarrollado y ampliamente utilizado, especialmente por los organismos gubernamentales, a fin de estimar los retornos en las inversiones del Estado. Tal es así el caso del gobierno de los Estados Unidos, el cual implementó esta herramienta durante más de diez años y aún continúa actualizando los valores de los factores utilizados en los análisis del LCC (National Institute of Standards and Technology, NIST, 2017). Algunos análisis de costos se simplifican mediante procedimientos sencillos como el *Período de Retorno*, en los cuales las variables explicativas, como la tasa de interés, la tasa de inflación, el tipo de cambio, no se consideran y solo se estima el retorno de la inversión sin mayores complejidades. En el universo empresarial estos procedimientos son escasamente empleados. Los procedimientos de LCC son integradores de estas variables macro y posibilitan simplificar la complejidad del análisis en los indicadores de inversión Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). En este trabajo, se alcanzan los resultados para el VAN y la TIR en un escenario 2018 de cierta incertidumbre macroeconómica, simplificada con un método determinístico que permite facilitar la toma de decisiones de inversión en el ahorro energético obtenido mediante la optimización pasiva de envolventes industriales de bodegas. Entre las estrategias pasivas aplicada a la envolvente, se consideran dos estrategias de optimización sobre la envolvente de bodega y tres estrategias sobre la envolvente del tanque de fermentación, en el contexto de clima árido de la zona vitivinícola de la Región de Cuyo. Para la proyección de la inversión en las mejoras pasivas sobre la envolvente de bodega y tanque, la investigación se rige por los precios actuales locales de la energía y las variables del escenario macro-económico del segundo semestre de 2018, en Argentina.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA DE ESTUDIO

El valle del Tulum, donde se asienta la ciudad de San Juan -Región de Cuyo-, se ubica a 600 msnm, en los 30° 52' de Latitud Sur y 68° 59' de Longitud en dirección Oeste (Figura 1). Presenta elevadas temperaturas medias máximas de verano (TMX; 38°C), considerándose una zona cálida, con amplitudes térmicas diarias superiores a los +/- 14 K (IRAM11603, 1996). A lo largo del año, los vientos son de dirección predominantemente Sur. La velocidad de los mismos se duplica en verano, alcanzando una media de 13 km/h. El efecto de la radiación solar es determinante en la carga térmica; en verano, en horas del mediodía, se registra una intensidad de hasta 850 W/m². En esta época, los aportes solares son significativos sobre el plano horizontal y Este-Oeste. Entre las zonas vitivinícolas del mundo, esta es reconocida por presentar un alto riego



Figura 1. Imagen satelital del Valle del Tulum, Ullum y Zonda, en la Provincia de San Juan. En el mapa se encuentra señalada la ubicación del caso relevado. Fuente: Google Earth Pro (US Dept. of State Geographer, 2018).

ambiental combinado con riesgo de inversión. Los riesgos ambientales asociados a la zona productiva se vinculan con la alta sismicidad y con el cambio climático, debido al cual las áreas óptimas para el cultivo de la vid se desplazan hacia el sur del continente (Institute of Technology et al., 2018).

METODOLOGÍA

Como se ha mencionado, se aborda aquí un caso de estudio de naturaleza cuali-cuantitativa de una envolvente de bodega y un caso de envolvente de vasija vinaria de acero inoxidable –ambas denominadas *envolventes de vinificación EV-*, cuyo contenido en vino se halla en estado inerte, esto es, el producto ha finalizado su fermentación y se ha estabilizado. El monitoreo térmico comprende también el espacio interior de una bodega (Figura 2). Concretamente, se obtienen los registros de demandas energéticas de tres años consecutivos y se lleva a cabo un seguimiento con sensores de temperatura, durante los meses cálidos de la molienda.

Para estimar el potencial de diversas estrategias pasivas de optimización de la envolvente de la bodega o de la envolvente de la vasija vinaria, se efectúa un experimento mediante simulación térmica, utilizando una herramienta propia desarrollada para cálculos en régimen estacionario e instrumentando las diversas capas de envolvente como

variables. Esta herramienta ha sido validada (Ramos Sanz, 2014) mediante datos obtenidos con sensores de temperatura, localizados en el interior de las envolventes abordadas. Existen otros antecedentes sobre el desarrollo de herramientas de simulación aplicadas a envolventes industriales, como los trabajos de Tinti et al. (2014; 2017).

a) Demanda energética de la bodega.

La demanda energética media anual en el caso de la bodega analizada es de 27000 kWh, con una máxima de 25633,28 kWh/mes. Mediante el relevamiento de las instalaciones de la bodega, se confirma que la mayor parte de esta demanda tiene su origen en el funcionamiento del equipo de frío (69%). Se estima, a partir de la lectura de los motores, que el procesamiento de materia prima requiere el 13% de la demanda energética total. El desplazamiento de materia prima se caracteriza por una demanda aproximada (12%), igual a 4146 kWh/mes. La iluminación, a pesar de no poseer equipos de alto rendimiento lumínico, presenta poca incidencia relativa en la demanda energética total, alcanzando un 6%. El empleo de ventiladores en el sistema de frío comprende el 54% de la demanda en refrigeración (13842 kWh/mes). Este valor supone también el 34,4% de la demanda energética total. El valor de la energía eléctrica se ha incrementado significativamente desde 2015 y actualmente el kWh promedio (fijo y variable) sin impuestos alcanza los ARS\$1,93. Para las industrias, este valor puede variar ya que se imponen otros factores como un cargo fijo y se contrata potencia aparte. Además, las industrias



Figura 2. Interior de la bodega modelada y vista de la batería de tanques de acero inoxidable modelados para este trabajo (izq.) y de acero negro recubierto con epoxi (der.). Fuente: Empresa VC SA (2018).

en general disponen de equipos de autogeneración de energía -aunque no en el caso de estudio-, por lo cual la proximidad entre lo consumido y lo demandado en las estadísticas oficiales puede tener cierta inexactitud. De esta manera, a modo de aproximación, se considera como valor de referencia el costo definido por unidad de energía.

b) Monitoreo higr-térmico.

Se lleva a cabo mediciones con sensores data-loggers *HOBO U12 T12*, localizados en tres sitios: el seno del vino, el interior de la bodega y el ambiente exterior. Este sensor permite las lecturas de temperatura, humedad relativa e iluminancia se registraron cada media hora durante el período de cincuenta días corridos. No obstante, para mayor seguridad, el sensor se protege con una envoltura plástica hermética y se lo suspende desde la tapa del tanque hasta la superficie del fluido. A través de las mediciones, se obtienen datos de T_e (°C), T_i (°C), Irradiancia solar (W/m^2) y Humedad relativa (%), siendo los dos primeros los datos útiles para esta investigación. Estos registros se descargan y se procesan como información estadística: desviación estándar, media, valores máximos y mínimos.

c) Modelo físico.

Con los datos estadísticos resultantes del seguimiento térmico y el relevamiento de las instalaciones, se desarrolla un modelo físico determinístico del tanque de acero inoxidable de 36000 L de capacidad y un modelo físico de la envolvente de la bodega. Con los parámetros de la

distribución de temperaturas interiores (media, desviación estándar) de los datos recogidos con los sensores, es posible simular las estrategias. Esta información constituye los datos de entrada al modelo, en régimen estacionario. Los resultados de la simulación de las estrategias no son validadas con datos reales, dada la dificultad de ejecutar prototipos a escala y de tomar registro de la temperatura en el interior de la misma. Ramos Sanz (2014) expone un apartado sobre la validación del modelo de simulación mediante observación de la evolución de las salidas del modelo para cada caso, y otros procedimientos metodológicos útiles para el presente trabajo.

Se toma el caso más desfavorable y puro, como aquel en el cual la empresa como única inversión adquiere un tanque de acero inoxidable de 36000 L y lo ubica a la intemperie, sin ninguna clase de estructura de protección ni de aislación térmica. Este es un hecho frecuente entre las empresas que desean expandir su producción, minimizando la inversión inicial. A partir de este modelo, se implementan las variaciones en la envolvente, a través de la incorporación de capas, aislación directa de diversos espesores, o bien, estructuras independientes -edilicias- de protección (sombra), estructuras independientes cerradas (galpones) o estructuras subterráneas (cellas). Estas estructuras independientes se modelan y simulan considerando las dimensiones reales de los casos base considerados -vasija y galpón-. Se realiza un análisis térmico en régimen estacionario y se definen condiciones

de frontera de convección y radiación combinadas. La transferencia de calor se estima en dirección perpendicular al plano de las superficies de envolventes de tanque y bodega. El modelo no contempla puentes térmicos, ya que la envolvente se supone homogénea y se determina que la masa del vino no presenta estratificación térmica en el modelo. Esto halla su fundamento en la alta eficacia del sistema de frío con camisa de refrigeración y el reducido volumen del sistema de control. Se calculan los coeficientes de intercambio térmico superficial interior y exterior $-h_i$ y h_e , respectivamente- mediante los números adimensionales. Los intercambios por convección natural en el interior de la vasija se obtienen a partir de los números adimensionales de *Nusselt* (Nu), *Rayleigh* (Ra) y *Prandtl* (Pr). Para determinar la convección forzada en el exterior, se estima Nu a partir del número de *Reynolds* (Re). En el interior de la bodega, la convección es natural y su flujo se desplaza en dirección ascendente. Esta suposición se verifica con los valores de Nu (3). Para el cálculo de la convección natural o forzada en el vino (h_{ic}), se propone el siguiente modelo empírico;

$$h_{ic} = Nu \frac{\lambda_{fluido}}{H} \quad (1)$$

Para la convección natural, se obtiene Nu mediante:

$$Nu = 0,678 Ra^{1/4} \left(\frac{Pr}{0,952} + Pr \right)^{1/4} \quad (2)$$

$$Ra = \frac{g \left(\frac{1}{273,15} + T_e \right) [(T_e - T)H^3]}{v_{fluido} \alpha_{fluido}} \quad (3)$$

$$Pr = \frac{v_{fluido}}{\alpha_{fluido}} \quad (4)$$

En aquellas bodegas que engloban un espacio cerrado, la velocidad del aire se estima en 0,20m/seg, conformando dos áreas estancas, una fría abajo y una caliente arriba; la convección es mínima $h_{ic} = 1,16 \text{ W/m}^2\text{°C}$. En el ambiente exterior a la bodega, el coeficiente de intercambio térmico por convección se obtiene mediante (2):

$$h_{ec} = Nu \frac{\lambda_{fluido}}{H} \quad (5)$$

$$Nu = [0,32 + 0,43 Re^{0.52}] \quad (5)$$

$$Re = \frac{V_{fluido}H}{v_{fluido}} \quad (6)$$

La energía neta que capta un elemento opaco expuesto a la radiación solar se obtiene a partir de la siguiente expresión;

$$Qr = \alpha I + \epsilon \sigma (T_{cielo}^4 - T_{sup}^4) \quad (7)$$

En las situaciones experimentales que implican estrategias de construcción de depósito subterráneo, se calcula la variación térmica a partir de la naturaleza de los estratos del suelo. En la localidad seleccionada, el régimen

de temperatura del suelo es térmico, con valores de temperatura media anual (TMA) entre los 15°C y los 22°C. Hacia los estratos montañosos la TMA va descendiendo; en la pre-cordillera, la TMA es de entre 8 y 15°C y, en la Cordillera de los Andes, la TMA es inferior a los 8°C. Hasta los primeros 7 m de profundidad el suelo se compone de tierra vegetal y desde los 8 m hasta los 43 m se encuentran los estratos arenosos. Con el objetivo de determinar las condiciones térmicas a cualquier profundidad z , se utiliza la ecuación de Labs (1982).

$$T_{(x,t)} = (Tm_{suelo}) - A_s(aire) e^{-x\sqrt{\pi/365\alpha}} \cos \left[\frac{2\pi}{365} \left(t - t_0 - \frac{x}{2} \sqrt{\frac{365}{\pi\alpha}} \right) \right] \quad (8)$$

Cuando la no se conoce, suele utilizarse el valor de la . En este caso, se recurre a los datos de TMA expresados anteriormente. La aplicación de esta ecuación experimental ha dado resultados válidos en EEUU, Australia y Portugal.

d) Indicadores de rentabilidad.

Los indicadores de rentabilidad asisten a la toma de decisiones de una inversión, a partir de un escenario determinado por factores tales como el número de períodos de la inversión, los flujos positivos (ahorro económico en energía) y negativos (inversión en mejoras), la tasa anual de interés nominal (TNA), etc. Los datos requeridos son los costos de inversión en construcción u optimización térmica de la envolvente de análisis, medidos en moneda local. En Argentina, a pesar de no tratarse de una economía formalmente dolarizada, la formación de precios presenta una componente de un 50% de incidencia por productos o servicios de origen local y un 50% de productos o servicios importados, dependiendo del sector, pero esto indica que el tipo de cambio nominal (ARS\$/US\$) afecta al menos en la mitad del presupuesto. Los costos de cada estrategia de optimización de la envolvente se estiman a partir de los casos reales: (1) tanque de fermentación o vasija de acero inoxidable de 36000 L de capacidad y (2) el caso de la envolvente edilicia de la bodega, para el cual el presupuesto se calcula en función de la superficie unitaria requerida para dar guarda al tanque de acero inoxidable, es decir, que es función de la unidad productiva definida por el tanque. El período del proyecto de inversión en estrategias pasivas, medido en años, debería contemplar el plazo de amortización de los bienes de uso, de dos años para maquinaria y hasta cincuenta para construcciones. También debería considerarse el impacto de los impuestos (ganancias, impuesto al valor agregado, etc.) que condicionan significativamente la inversión. Así también, ha de considerarse la financiación, ya sea con capital propio o mediante deuda. Todos estos detalles pueden adicionarse al armado del flujo de fondos y, así, conseguir la mayor precisión posible. Sin embargo, reconociendo que en el año 2018 ha sido difícil efectuar una proyección en un período superior a un año, dada la volatilidad del tipo de cambio y la inestabilidad que ello provoca en el riesgo país y las tasas de interés y de inflación resultantes, se conducirá el trabajo de manera tal que se obtenga una caracterización del potencial de inversión en estrategias pasivas de ahorro energético

en las industrias, sin introducir las complejidades de las variables que se han mencionado. Reconociendo, entre las variables económicas, la tasa de interés como variable crítica, se proyectan diversos *inputs* (tasas del 10, 20, 30 y 40%), siendo el 40% el valor convalidado hoy por el Banco Central de la República Argentina (BCRA; 2018). Con estos datos, se confecciona el flujo de fondos para cada año y se estima el Valor Actual Neto de los flujos en la totalidad del período (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Podemos definir ambos indicadores como sigue (Gitman y Zutter, 2012):

$$VAN = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^n}$$

En donde I_0 es la Inversión inicial, BN son los beneficios netos del período y r es la tasa de interés o costo de oportunidad, elevada a n períodos considerados. La TIR es, por definición, la tasa que hace que VAN sea igual a cero, por esto la misma ()debe despejarse de (9);

$$VAN = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^n} = 0$$

e) Validación del modelo térmico.

Con los datos estadísticos resultantes del seguimiento térmico, y el relevamiento de las instalaciones, se desarrolla un modelo físico determinístico del tanque de acero inoxidable de 36000 L de capacidad y un modelo físico de la envolvente de la bodega. Con los parámetros de la distribución de temperaturas interiores (media, desviación estándar) de los datos recogidos con los sensores, es posible simular las estrategias. Esta información constituye los datos de entrada al modelo en régimen estacionario; se estima, entre los datos recogidos con sensores, la media de T_e en 25,4°C y la T_i del vino, como variable respuesta, en 23,8°C. Se definen las variaciones térmicas horarias de los datos recogidos con sensores, resultando una media μ igual a 0,82°C*hora con una σ igual a +/- 0,64°C*hora (Tabla 1).

Por otra parte, en el modelo determinístico en régimen estacionario, se introducen los datos de entrada tomados de los datos registrados con los sensores, promedio de T_e en 25,4°C y de T_i en 23,8°C. Los resultados del modelo señalan una carga horaria en un rango entre 0,44°C*hora y 0,68°C*hora, una σ de +/- 0,17°C y una μ igual a 0,61°C*hora. El límite inferior del rango responde a una fermentación lenta, con baja intensidad exotérmica. El límite superior del rango indica el resultado de una fermentación violenta con elevada producción de energía exotérmica.

Una campana de Gauss para las temperaturas simuladas sería más baja y angosta que una campana de Gauss de datos de temperaturas reales. Si bien los resultados de la simulación se encontrarán estadísticamente dentro de los

Parámetros de la distribución normal	T_i (°C) Media horaria (μ)	T_i (°C) Desviación estándar horaria (σ)	T_i (°C) Rango de variación horaria
Modelo	0,61	+/- 0,17	0,44< T_i <0,79
Caso (sensores)	0,82	+/- 0,64	0,17< T_i <1,45

Tabla 2. Parámetros de la distribución normal para el modelo de simulación y los datos reales de temperaturas interiores. Fuente: Elaboración de la autora en base a datos de la simulación y monitoreo

datos reales posibles y confiables, debe contemplarse que los mismos podrían ser inferiores a los reales hasta en un límite superior del 25% de décima de grado centígrado².

RESULTADOS

En la etapa de obtención de resultados, se modelan y experimentan las siguientes situaciones sobre la envolvente bodega:

I - Enterramiento, celda vinaria o depósito subterráneo donde el vino se acumula a granel.

II - Dentro de la sala de conservación, envolvente elevada a nivel sobre rasante, expuesta en su totalidad al entorno excepto el piso. Recinto cerrado con escasa ventilación.

III - Ídem anterior, edificación elevada a nivel de suelo -sobre rasante-, cerrada y con escasa ventilación natural. La envolvente en este caso se le ha efectuado un reforzamiento adiabático en cubierta y muros para espesores (e) desde 0,04 m; a 0,08 m y hasta 0,12 m.

Asimismo, se modelan y experimentan las siguientes situaciones sobre el tanque o vasija de fermentación;

IV - Exposición del tanque a la radiación solar con reforzamiento adiabático mediante espuma de poliuretano (e) 0,10 m.

V - Exposición directa del tanque a la radiación solar, sin mejoras.

VI - Disposición del tanque a la intemperie, bajo una estructura metálica con cubierta liviana.

I - Enterramiento, celda vinaria o depósito subterráneo donde el vino se acumula a granel.

Como se observa en la síntesis presentada en la Tabla 2 y la Figura 3, los mayores ahorros en cargas térmicas de las estrategias simuladas se alcanzan mediante la construcción de un depósito de subterráneo de mampostería de ladrillón

[2] Para ampliar la información, en Ramos Sanz, A. (2015) existe un apartado sobre la validación del modelo de simulación para cada caso, y otros procedimientos metodológicos.

u hormigón armado, de 0,27 m de espesor de muro, con revoque interior cementicio y terminación con pintura epoxídica. Las cubiertas de estas envolventes, así como los contrapisos, son de hormigón armado *in situ*, de 0,20 m de espesor. En este tipo de envolventes es posible reducir significativamente el empleo de equipos de control térmico, al punto de prescindir de ellos. Anteriores seguimientos térmicos de casos subterráneos con envolventes de iguales espesores indican una amortiguación de las variaciones climáticas que garantiza la estabilidad térmica del vino. No obstante, la temperatura del vino tiende a estabilizarse con la TMED anual en 26,4°C, ampliamente superiores a los 15°C admisibles para la temperatura de conservación. La estrategia de construcción de un depósito de vino o una cella vinaria requiere una inversión inicial significativa pero menor que la construcción de una bodega sobre rasante, si ésta no es una cava. En esta inversión, el terreno natural funciona como un sumidero de calor, promoviendo una variación térmica horaria reducida (-0,0021 K/h). Este efecto se debe a la tendencia de la masa del vino a estabilizarse con la TMED anual del terreno, ubicada entre los 15°C y 16°C. El vino –que está constituido en un 95% por agua– tiene gran inercia térmica, por lo que es térmicamente más eficiente un depósito lleno de vino o cisterna que una cava, ya que el espacio que encierra esta última se encuentra ocupado por aire.

Los monitoreos térmicos realizados en cisternas de conservación del vino confirman que la TMED anual del aire se manifiesta en el cuerpo del vino con meses de retardo. Considerando la técnica de decisiones de inversión simplificada, como el Período de Retorno, el “retorno” de esta medida es de cuatro años, dado el gran ahorro energético en control térmico que ésta supone. Sin embargo, introduciendo el efecto de la variable crítica “tasa de interés” en el flujo de fondos de la inversión a diez años, se observa que en el escenario 2018, con un 40% de tasa de interés, un VAN negativo se contradice con una TIR del 27%. Para que el valor actual neto sea favorable, es decir, positivo, la TIR debe ser menor al 27%, lo cual en el contexto 2018 es difícil puesto que las tasas de financiamiento superan el 40% de interés nominal anual (TNA).

En la Figura 4 se observa que, cuando la TIR es del 20%, el VAN del proyecto es positivo, o sea, que no sólo se recupera la totalidad de la inversión, sino que además se genera riqueza mediante el ahorro energético promovido por la optimización de la envolvente. En este sentido, la empresa se encaminaría a una inversión ecoeficiente exitosa. Respecto de la construcción de una cava, la cual se encuentra ocupada por aire y en su interior se aloja el tanque de acero inoxidable, se advierte que la rentabilidad de la inversión se ve reducida drásticamente debido a los costos de adquisición del tanque, cuyo precio se encuentra afectado por la apreciación del tipo de cambio (28 ARS\$/US\$). Si bien esta inversión genera ahorros energéticos

Estrategia pasiva	Carga térmica (Wh*EV)
Depósito subterráneo	-78
Radiación directa + Adiabática (esp. de poliuretano)	15644
Radiación directa (a la intemperie, sin optimizar)	15817
Estructura liviana de sombreado	6276
Estructura edilicia + Adiab. 0,04 m	2079
Estructura edilicia + Adiab. 0,08 m	1973
Estructura edilicia + Adiab. 0,12 m	1049
En galpón (real, sin optimizar)	2181

Tabla 1. Demanda térmica en control de temperatura para el vino depositado en las diversas envolventes optimizadas con estrategias pasivas. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación termo-energética

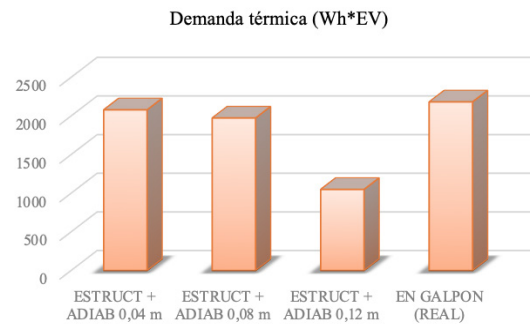


Figura 3. Demanda Térmica de distintas estrategias pasivas aplicadas sobre la envolvente de la bodega, comparada con el estado real de la envolvente de bodega sin optimizar. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación termo-energética.

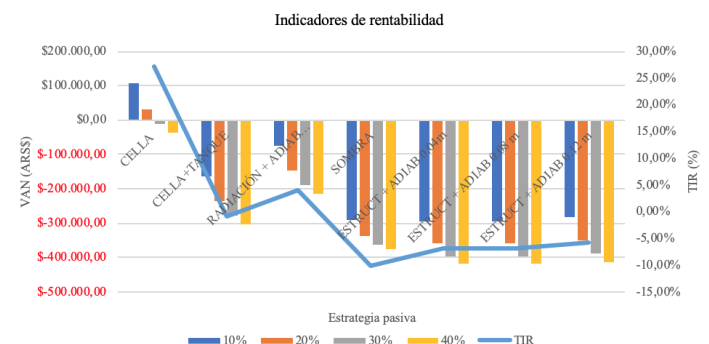


Figura 4. Rentabilidad de las inversiones en cada estrategia pasiva simulada sobre las envolventes de vasija vinaria y bodega, en un horizonte de diez años. Fuente: Elaboración de la autora en base a datos de la simulación termo-energética y análisis financiero.

en control térmico, en términos de la inversión vemos que el Período de Retorno es de 11 años, con una TIR y VAN negativos. Aun considerando una tasa de interés del 10%, la inversión no resulta rentable (Figura 4). Puede extenderse el resultado de esta simulación a otras envolventes de vino de menor escala como las botellas de vino y las bordalesas, en las cuales el impacto de la temperatura del aire en la cava es aún mayor sobre el volumen de estas unidades.

II - Tanque alojado dentro de la sala de conservación sobre rasante, con escasa ventilación.

Se supone, en este modelo, que el tanque se halla en el interior de una envolvente edilicia cuyas características constructivas responden a muros de ladrillón de 0,27 m de espesor, sin revoque interior ni exterior, vigas y cubierta de metal y piso de hormigón armado. Se determina, mediante la simulación, que la incorporación de aislante térmico en muros y reforzamiento adiabático en cubierta resulta efectivo en la medida que el espesor mínimo del aislante sea superior o igual a 0,12 m. Como se aprecia en Tabla 2, entre los 0,04 m y los 0,08 m de espesor de poliestireno, los ahorros en la demanda térmica no difieren considerablemente entre sí y reducen el 3,5 % de la misma. La aplicación de 0,12 m de telgopor (tres planchas) permite el ahorro de un 54 % del total de la demanda de frío (Figura 3). La construcción de una bodega para alojar los tanques promueve un ahorro energético significativo y, si bien la medida se encuentra entre las inversiones más importantes, el dinero invertido se recupera en un plazo de 15 años. La carga de frío se reduce en un 86 % del total, aunque los indicadores de rentabilidad no señalan estas opciones como favorables ya que tanto la TIR como el VAN son negativos (Figura 4). En esa dirección, la construcción de una bodega para alojar los tanques es atractiva desde una significativa disminución de la demanda térmica, pero poco factible desde la rentabilidad de la inversión. En este caso, habría que replantear los tiempos del proyecto de inversión, segmentando los mismos en etapas anuales con la finalidad de que la inversión inicial sea menor.

III - Exposición del tanque a la radiación solar con reforzamiento adiabático mediante espuma de poliuretano.

Es frecuente notar que las empresas invierten primero en la tecnología de fermentación y luego se preocupan por resolver la estructura edilicia. Esto conduce a que los tanques, una vez adquiridos, se instalen a la intemperie y comiencen a utilizarse al poco tiempo. En vasijas expuestas a la radiación solar, la incorporación de un aislante térmico como la espuma de poliuretano en un espesor de 0,10 m demuestra que esta técnica no reduce significativamente la demanda de frío. Este tanque se halla afectado fuertemente por el impacto de las brisas

y la intensidad de la radiación solar, lo cual, a pesar de incorporar un aislante térmico efectivo, reduce menos del 1% la carga térmica (Tabla 2). Desde el punto de vista económico, esta medida de optimización no ofrece recuperaciones sino hasta después de veinte años, en el horizonte temporal. En consecuencia, los indicadores de rentabilidad VAN y TIR son negativos.

IV - Exposición directa del tanque a la radiación solar, sin mejoras.

En este caso de estudio la empresa adquiere un tanque comercial de forma cilíndrica, de acero inoxidable de 36000 L de capacidad. Este constituye el caso base, sin mejoras, de una envolvente expuesta al entorno climático. Por esta razón el caso se modela para proporcionar la carga térmica base, estimada en 15817 Wh por tanque (Tabla 2), pero no se analiza como una inversión en optimización termo-energética. Desde la perspectiva de la rentabilidad económica, se aborda como un costo hundido, que es una inversión realizada en un momento en el tiempo, pero que no influye en la toma de decisión de la inversión futura dado que se conoce de antemano que su TIR y VAN son negativas. Al no existir un flujo positivo de fondos como respuesta al ahorro energético, no es posible aplicar la función VAN (ver función en ecuación 9).

V - Tanque a la intemperie, bajo una estructura metálica con cubierta liviana.

Aquí la empresa decide invertir en la construcción de una estructura liviana constituida por columnas y vigas de metal, cubierta de chapa metálica de zinc y contrapiso de hormigón armado. Por medio de este tinglado metálico se proporciona sombra a la envolvente del tanque, reduciendo la carga de frío en un 60%, lo que significa una recuperación de la inversión en 19 años. Sin embargo, la variación térmica horaria en el vino (+/- 0,17 K) para este caso es acentuada. Esta estrategia debe complementarse necesariamente con un sistema de frío.

CONCLUSIONES

En numerosas investigaciones se ha demostrado el beneficio que constituyen las estrategias pasivas para el ahorro energético y la sustentabilidad edilicia. Generalmente, los estudios de optimización del uso de la energía mediante tales estrategias pasivas consideran la inversión inicial requerida y la comparan con el ahorro total de energía en moneda, multiplicado por los años que se estima como vida útil. Es decir, se compara un monto inicial de inversión significativo en el momento cero, con un ahorro energético total en moneda, significativo también. Esta práctica transversal paraliza el valor del dinero en un momento en el tiempo y genera

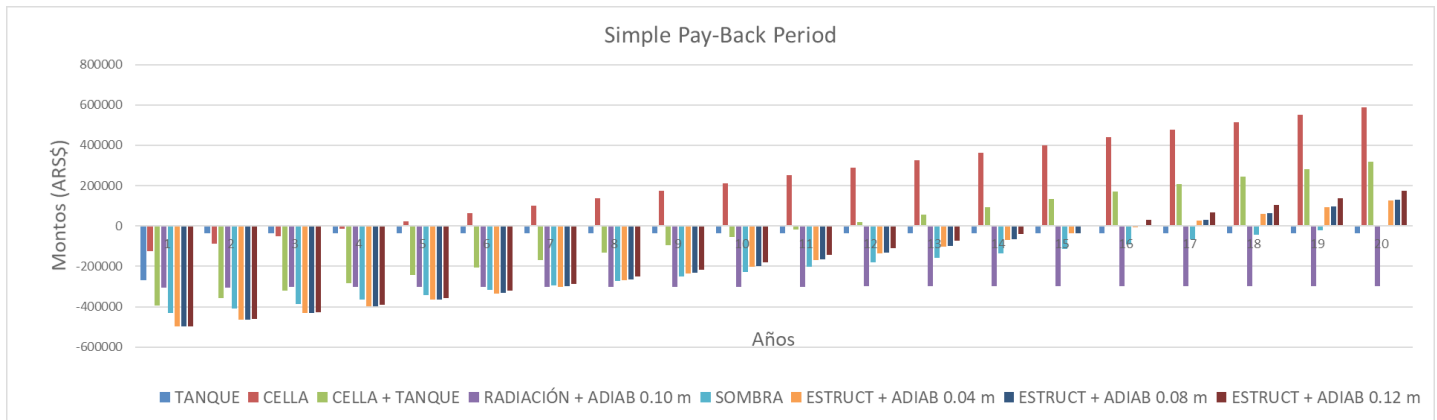


Figura 5. *Período de Retorno* para la inversión inicial en las estrategias pasivas de mejora sobre la envolvente, sin considerar la tasa de interés.
 Fuente: Elaboración de la autora en base a datos simulados.

que se malinterpreten los resultados efectivos producto de la implementación de las mejoras. La perspectiva financiera de la inversión comprende las variables tiempo de retorno de la inversión, tasa de interés del dinero, tasa de inflación, tipo de cambio, valor esperado de la energía, entre otras (ver Metodología, punto d). Para el caso particular de las bodegas, la demanda energética es estacional, marcada por el proceso de vinificación durante tres y hasta cuatro meses al año. Al estimar el período de recuperación de la inversión inicial en estrategias pasivas, éste solo anualiza las demandas y ahorros energéticos de los meses de elaboración del vino. De esta manera, el período de recupero de la inversión no comprende doce meses de ahorro energético al año sino de tres a cuatro meses de ahorro energético al año, disminuyendo la efectividad de la mejora en el tiempo y retrasando la recuperación de la inversión inicial. Una manera de soslayar esta particularidad para que las estrategias pasivas aplicadas a la industria sean competitivas respecto de otras estrategias aplicadas a tipologías edilicias cuya demanda energética no es estacional, consiste en concentrar los ahorros mensuales hasta completar los doce meses, disminuyendo el horizonte de recuperación. No obstante, esta técnica aleja los resultados de los estudios de los resultados de la realidad y, en consecuencia, estos últimos serán decepcionantes.

El procedimiento del Período de Retorno (Figura 5) no comprende las variables (tasa de interés, tipo de cambio, etc.) que aborda el análisis financiero de un flujo de fondos, como el ejecutado en el presente trabajo. El método del Período de Retorno se utiliza en este estudio como referencia de un horizonte temporal de ahorro energético, sin vincular variables económicas y

Estrategia de optimización: uso de la energía celda vinaria o depósito subterráneo			
TASA	VAN (ARS\$)	TIR	retorno de la inversión (años)
10%	\$16.780,88	27%	5
20%	\$9.776,65	27%	7
30%	-\$475,35	30%	mayor a 30
40%	-\$31.775,75	30%	mayor a 40

Indicadores de Rentabilidad (VAN y TIR) para la inversión en eficiencia energética mediante la construcción de un depósito subterráneo de vino, celda o cava. Período de retorno de la inversión e impacto de la tasa de interés sobre el período de retorno de la inversión.
 Fuente: Elaboración de la autora en base a desarrollos propios y datos estadísticos (BCRA, 2018).

financieras. Este período puede ser extenso como uno desee, a diferencia del análisis financiero en el cual el flujo de los fondos se relaciona con un período asociado, por ejemplo a la amortización del uso de los bienes de capital y/o equipamiento e insumos industriales. Este plazo puede tener relación con los impuestos locales o los intereses de un crédito bancario. Como se mencionó en la *Introducción*, el NIST (2017) del Gobierno de los Estados Unidos, reconoce la importancia del análisis de los costos a lo largo del ciclo de vida de una inversión (LCC), proporcionando los valores para las obtener las variables financieras VAN y TIR. En el ámbito académico nacional, según también se comentó, tan solo el 2% de los trabajos incluyen la complejidad y el alcance del LCC. Con el LCC se puede determinar el horizonte de recuperación de la inversión, considerando la tasa de

interés o de descuento. Como se observa en la Tabla 3, para la estrategia más energéticamente eficiente de las estudiadas en este trabajo -la construcción de una celda o depósito subterráneo de vino- se conoce (Figura 5) que el retorno de la inversión se materializa a partir del quinto año. Este tiempo coincide con una tasa del 10%. A medida que se incrementa la tasa de descuento, el retorno de la inversión se aleja dos años más para el 20% de interés, hasta superar los 30 años (30%) y los 40 años (40%).

En la Introducción se citaron algunas referencias sobre el período de recuperación de la inversión en eficiencia energética: Franson (cit. Ocaña y Cañas, 2000) indica que esta misma estrategia de construcción de cavas o celda vinaria reduce los costos energéticos, recuperando la inversión en siete años. Respecto de esta medida, en el contexto climático y económico de análisis, el período de retorno de la inversión en Argentina coincide sólo en un escenario superior a los cuarenta años. Este es un ejemplo claro del impacto que tienen las variables económicas sobre el rendimiento de las estrategias pasivas; si bien desde lo energético se alcanzan sustanciales ahorros comprobados en la demanda energética (Tabla 2 y Figura 3), la variable tasa de interés impacta en los indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) y lo más importante, en el período de recuperación de la inversión. Las tasas de interés en los países con estabilidad económica no superan el 6% en dólares, facilitando el acceso a créditos para realizar inversiones.

El costo de la energía en Argentina continúa siendo menor que en otros países, por lo cual se espera que se produzcan incrementos para equiparar los precios internacionales. Asimismo, la creciente escasez de las energías de fuentes no renovables impactará en la futura tarifa de energía eléctrica. En este trabajo no se ha considerado el efecto del valor esperado de la energía eléctrica en el horizonte temporal del análisis financiero. Este factor señala la posibilidad de que los períodos de retorno de la inversión en eficiencia energética mediante las estrategias pasivas I, II, III, IV y V pueden acortarse.

Cabe hacer una aclaración sobre el modelo desarrollado para simular las estrategias de eficiencia energética, el cual ha sido validado en el apartado *Metodología*, punto e, del presente trabajo. Los resultados de la validación revelan que el modelo de simulación termo-energética podría subestimar los ahorros energéticos obtenidos de las estrategias, hasta en un 25% de décima de grado centígrado. Por lo tanto, si se considera este factor y la tendencia creciente de los costos energéticos de fuentes no renovables, la rentabilidad (VAN y TIR) podría

diferir favorablemente a los valores obtenidos y los tiempos de recuperación, en años, podrían abreviarse. De ese modo, los resultados de este trabajo podrían ser un poco más optimistas en el ahorro energético anual, pero no en gran magnitud, dado que los factores aquí tratados impactan en el ahorro energético y económico a lo largo de los años y no inciden sobre el monto inicial de la inversión, el cual tiene el mayor peso relativo sobre los resultados de VAN y TIR en el Flujo de Fondos, al no estar afectado por la variable tiempo -y tasa-, cuyo valor de tiempo en el momento de invertir es igual a cero (I_0).

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la empresa VC SA por proveer las instalaciones industriales para llevar a cabo el monitoreo térmico. Se agradece, también, al Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) por proveer los instrumentos realizar las mediciones. Y se agradece, particularmente, al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) por financiar el proyecto de investigación de la autora.

NOMENCLATURAS

MODELO MATEMÁTICO TERMO-ENERGÉTICO.

h_c : coeficiente superficial de transferencia de calor por convección ($W/m^2\text{°C}$)

h_r : coeficiente superficial de transferencia de calor por radiación ($W/m^2\text{°C}$)

Ra : número de *Rayleigh* (adimensional)

Pr : número de *Prandtl* (adimensional)

Re : número de *Reynolds* (adimensional)

g : constante gravitacional (m/seg^2)

λ_{fluid} : conductividad térmica del fluido (W/mK)

ν_{fluid} : viscosidad cinemática del fluido ($Pa\cdot seg$)

v_{fluid} : velocidad del fluido ($m/seg.$)

α_{fluid} : difusividad térmica (mm^2/seg)

T_e : temperatura del aire exterior ($^{\circ}C$)

T : temperatura del vino ($^{\circ}C$)

H : altura del tanque (m)

Q_r : carga térmica por radiación (Wh)

A : absorptividad

I : irradiancia (W/m^2)

σ : constante de Stefan-Boltzmann ($W/m^2 K$)

ϵ : emisividad

Modelo matemático financiero:

I_0 : Inversión inicial (ARS\$)

BN : Beneficios netos (ARS\$)

r: Tasa de interés o de descuento (%)
 p: Tasa interna de retorno (TIR; %)
 n: Períodos (años)
 t: Tiempo (años)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANCO CENTRAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. *Publicaciones y Estadísticas* [en línea]. 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: www.bcra.gov.ar/

BANCO MUNDIAL. *Bases de Datos, Indicadores* [en línea]. 2018. [Consultado 06 julio 2018] Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/>

CEPALSTAT. *Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL)*. 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/>

DATOSMACRO. *Bonos a diez años* [en línea]. 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/>

DEPARTMENT OF INDUSTRY, TOURISM AND RESOURCES [en línea]. 2012. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <http://industry.gov.au>

FORSYTH, Karl. *Improving Wine Refrigeration Efficiency* [en línea]. Australian Wine Research Institute, 2012. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <https://www.awri.com.au>

GALITSKY, Christina; WORRELL, Ernst; RADSPIELER, Anthony; HEALY, Patrick y ZECHIEL, Sussane. *BEST Winery Guidebook. Benchmarking and Energy and Water Savings Tool for the wine industry* [en línea]. 2005. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <https://www.lbl.gov/>

GITMAN, Lawrence y ZUTTER, Chad. *Principios de Administración Financiera*. 12° Ed, Pearson Education, 2012.

HANSEN, Don R. y MOWEN, Maryanne. *Administración de Costos. Contabilidad y Control*. 5 Ed. Thomson, 2006.

INSTITUTE OF TECHNOLOGY; RISKLAYER GMBH; AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY; GRIFFITH UNIVERSITY; UNIVERSITY OF ADELAIDE Y UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES. *Winerisk* [en línea]. 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <http://www.winerisk.com/>

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN. IRAM11603. *Clasificación Bioambiental de la República Argentina*. Buenos Aires, Argentina, 1996.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTA). Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas Av15 ambientales en Argentina. En: *Actas del IV Encuentro Argentina de Ciclo de Vida y III Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2015* [en línea]. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/>

INSTITUTO NACIONAL DE VITIVINICULTURA (INV). *Estadísticas varias* [en línea]. 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <http://www.inv.gov.ar/>

LABS, K. Regional Analysis of ground and underground climate conclusion, *Underground Space*, 1982, vol. 7, pp. 37-65.

MARTÍN OCAÑA, Silvia y CAÑAS, Ignacio. Study of the thermal behavior of traditional wine cellars: the case study of the area of Tierras Sorianas del Cid (Spain), *ELSEVIER, Renewable Energy*, 2005, n° 30, pp. 43-55

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA Y MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA DE LA NACIÓN ARGENTINA. *Curso Virtual de Introducción a la Bioeconomía (2017/2018)* [en línea]. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en la plataforma web del Curso *on line*.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA DE LA NACIÓN ARGENTINA. *Estadísticas Energéticas* [en línea]. 2015. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica>.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). *Energy Price Indices and Discount Factors for Life-Cycle Cost Analysis – 2017* [en línea]. 2017. DOI: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.85-3273-32>

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LA VIÑA Y EL VINO (OIV). *Bases de Datos* [en línea]. 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <http://www.oiv.int/>

RAMOS SANZ, Alba. *El Confort del Vino en la Envolvente Industrial. Estudio de casos de vasijas vinarias de Bodegas argentinas*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Publicia, 2014.

RAMOS SANZ, Alba. Reducción de la demanda térmica originada en la vinificación en bodegas localizadas en zona de clima árido, mediante modelado térmico semi-empírico, *Hábitat Sustentable*, 2015, vol. 5, n° 2, pp. 6-19.

RAMOS SANZ, Alba. Eficiencia Energética de tecnologías productivas frente al calentamiento global, *Revista Informes de la Construcción*, 2018 (en prensa).

RAMOS SANZ, Alba; JUANICÓ, Luis y KUCHEN, Ernesto. *Beneficios Termo energéticos y económicos obtenidos en la simulación de estrategias pasivas aplicadas a la vinificación*. Ponencia presentada en Congreso ASADES 2016, Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. La Plata, Buenos Aires, República Argentina.

SOUTH AUSTRALIAN WINE INDUSTRY. *The Winery Energy Saver Toolkit* [en línea]. 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en <http://www.winesa.asn.au/members/advice-information/environment/energy-efficiency/winery-energy-saver-toolkit/>

TINTI, Francesco; BARABARESI, Alberto; BENNI, Stefano; TORREGGIANI, Daniele; BRUNO, Roberto y TASSINARI, Patrizia. Experimental analysis of shallow underground temperature for the assessment of energy efficiency potential of underground wine cellars, *Energy and Buildings*, 2014, vol. 80, pp. 451-460.

TINTI, Franceso; BARABARESI, Alberto; FERRARI, Marco; ELKARMOTY, Mohamed; TORREGGIANI, Daniele; TASSINARI, Patrizia; BONDUÀ, Stefano. Experimental calibration of underground heat transfer models under a winery building in a rural area, *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin* [en línea], 2017. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/rgn/article/view/4936/pdf>

US DEPARTMENT OF STATE GEOGRAPHER. *Google Earth Pro* [en línea]. 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <https://www.google.com.ar/intl/es/earth/>