

Bodegas sobresuelo y estabilidad térmica interior: análisis de envolventes tradicionales y contemporáneas en Mendoza, Argentina

Above-ground wineries and interior thermal stability: traditional and contemporary envelope analysis in Mendoza, Argentina



Carolina Ganem Karlen cganem@mendoza-conicet.gov.ar
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda INCIHUSA – Proyectos de Carreras de Diseño - Universidad Nacional de Cuyo - Argentina

Helena Coch Roura helena.coch@upc.edu
Construccions Arquitectòniques I – Universitat Politècnica de Catalunya - España



RESUMEN

Palabras Claves

Estabilidad térmica
Envolventes tradicionales
Envolventes contemporáneas
Bodegas sobresuelo
Bodegas subterráneas

El control en el intercambio de flujos energéticos interior-exterior y la inercia térmica de los materiales constructivos son características claves de la envolvente de los edificios de bodegas. Esta situación es particularmente importante en el caso de los edificios construidos sobresuelo en climas con temperaturas diarias y estacionales muy variables. En el caso de que la arquitectura no provea la respuesta adecuada, indefectiblemente se recurre al consumo de energía auxiliar. La bodega S.A., ubicada en Mendoza, Argentina, consume energía auxiliar equivalente a 2.500 kW por año. Dicha bodega sobresuelo presenta dos tipos de envolvente vertical: una tradicional en adobe ($\lambda = 0.81\text{W/mK}$) y otra contemporánea en chapa galvanizada sin aislación ($\lambda = 45\text{ W/mK}$). El objetivo de este trabajo es analizar los aspectos de materialidad, inercia térmica e intercambio de flujos energéticos de envolventes tradicionales y contemporáneas y, comparar los resultados obtenidos con un caso teórico de bodega subterránea. Entre los resultados obtenidos se observa que la envolvente tradicional mantiene las temperaturas interiores entre 8,5 °C y 10 °C por debajo de las temperaturas exteriores, mientras que los nuevos espacios con envolventes contemporáneas lo hacen solamente 3 °C a 5 °C por debajo de las temperaturas exteriores. En el caso de una bodega subterránea, las temperaturas estarían estables durante el año en 16,5 °C; esto es, en verano, 20 °C por debajo de las temperaturas exteriores.

ABSTRACT

Key Words

Thermal stability
Contemporary envelopes
Traditional envelopes
Above-ground wineries
Underground wineries

Energy flux exchange control between interior and exterior and thermal inertia of constructive materials are key characteristics of the envelope in winery buildings. This situation is particularly important in the case of above-ground buildings in climates with very variable daily and seasonal temperatures. In the case that architecture fails to provide the necessary answer, auxiliary energy is consumed. S.A. winery, located in Mendoza, Argentina consumes auxiliary energy equivalent to 2.500 kW per year. The mentioned a traditional adobe envelope ($\lambda = 0.81\text{W/mK}$) and a contemporary galvanized steel envelope without insulation ($\lambda = 45\text{ W/mK}$). The aim of this paper is to analyze materiality, thermal inertia and energy flux exchange of traditional and contemporary envelopes and to compare the obtained results with a theoretical case of an underground winery. Among the results, it can be observed that traditional envelope maintains interior temperatures between 8,5°C and 10°C bellow exterior temperatures, while new spaces with light contemporary envelopes do it only 3°C to 5°C bellow exterior temperatures. In a subterranean winery, in Mendoza, temperatures will be stables around 16,5°C; that is, in summer, 20°C bellow exterior temperatures.

1. Introducción

El vino ha sido el eterno migrante desde el Mediterráneo occidental hasta llegar a América y todos sus rincones. Es por ello que la actividad vitivinícola en Cuyo está enraizada con una cultura milenaria, que adopta en cada lugar y en cada momento características propias y diferenciadoras (Riviera Medina, 2006).

La vid se cultiva principalmente entre los paralelos 40° y 50° latitud Norte y entre los paralelos 30° y 40° latitud Sur. La región argentina de Cuyo, particularmente la provincia de Mendoza, se encuentra ubicada entre los paralelos 30° y 35° latitud sur. Esta región es justamente idónea para el cultivo de la vid debido a la gran amplitud térmica diaria y estacional (Ganem, et. al., 2012). Ahora bien, estas características climáticas proveen de una materia prima de excepcional calidad y, a la vez, se transforman en una exigencia fundamental en el ámbito constructivo vitivinícola. En una bodega, contrariamente a la situación climática ideal para el cultivo de la vid, existe una necesidad constante de temperaturas estables. Un cambio térmico abrupto puede poner en riesgo el proceso productivo completo.

Por estos motivos, las bodegas primitivas eran cuevas subterráneas, es decir, un espacio vacío encontrado o excavado en la tierra compacta y sólida. Cuando las primeras bodegas sobre rasante fueron construidas, la creación del espacio vacío de la manera más económica posible, muchas veces dejó de lado el sistema constructivo original basado en la resistencia de la masa térmica. Es aquí cuando aparece en la producción de vino el problema relacionado con el logro de la estabilidad térmica interior.

En una construcción sobresuelo, los intercambios interior – exterior se dan a través de la piel o envolvente del edificio que separa “lo interior” de “lo exterior”. La envolvente es un borde dinámico, que interactúa con las energías naturales externas y el ambiente edilicio interior. Es un campo fértil para el desarrollo de capas y espacios de control flexibles que faciliten la adaptación a las características cambiantes del clima (Ganem Karlen, 2006).

En Mendoza, los primeros establecimientos bodegueros aparecen documentados en el año 1600, en una representación del Cabildo mendocino. Se trata de pequeños y medianos recintos sobresuelo, que seguramente en unas ocasiones no llegaban a ser fijos, y en otras

serían de dudosa estabilidad. Esto supone que estos caldos expuestos a 25 °C de temperatura se corrompían rápidamente. Eran los productos cuyanos de escasa calidad y de fácil alteración. Se entiende por alteración la modificación que sufre un caldo por cuestiones naturales, de envasado y/o de transporte (Riviera, 2006).

En la actualidad, Mendoza produce uno de los mejores varietales Malbec D.O.C y es famosa por sus excelentes vinos. El Instituto Nacional de Vitivinicultura registra entre sus estadísticas una superficie cultivada con vid en el año 2011 de 217.750 ha.; 2.238 millones de kg. de cosecha de uvas al 27/05/2012; 1.137 millones de litros de vino elaborados al 27/05/2012 en 952 bodegas elaboradoras (INV, 2012). La mayoría de estas bodegas está construida sobresuelo, siendo escasa la cantidad que presenta algún recinto subterráneo. En Ganem (et. al., 2012) se presenta una muestra representativa de bodegas en el Oasis Norte de Mendoza y se realiza una aproximación a la clasificación de sus envolventes.

En el caso de que la arquitectura no provea la respuesta adecuada a las necesidades microclimáticas para la producción de vino, indefectiblemente se recurre al consumo de energía auxiliar. Actualmente, el enfriamiento de la materia prima que ingresa a los lagares y luego el control de la temperatura durante la etapa de fermentación del mosto se da a través de serpentinas por las que circula agua fría. Asimismo, durante las etapas de crianza y almacenamiento se controla la temperatura del aire mediante acondicionadores eléctricos. Estos procesos de control de temperatura son muy intensivos respecto de su consumo de energía auxiliar.

La actividad industrial actual –basada en el uso de energías convencionales no-renovables– impacta en el medio ambiente mediante emisiones de CO₂ que contribuyen al calentamiento global. En el caso de la industria vitivinícola en la región de Cuyo, las bodegas se encuentran generalmente ubicadas próximas o bien dentro de las zonas productivas –que son oasis muy reducidos– afectando con su construcción y su funcionamiento directamente las condiciones micro-climáticas del lugar. Este impacto puede alterar la producción de la materia prima comprometiendo la supervivencia de esta industria en la región.

Por estos motivos, el objetivo de este trabajo es analizar para el caso de una bodega

sobresuelo, los aspectos de materialidad, inercia térmica e intercambio de flujos energéticos de envolventes tradicionales y contemporáneas y, comparar los resultados obtenidos con un caso modelo de bodega subterránea. Así será posible elaborar recomendaciones constructivas que tengan en cuenta necesidades y características del ambiente interior necesarias en las bodegas sobresuelo y tiendan a aproximar los comportamientos interiores a las condiciones de una bodega subterránea.

2. Condiciones microclimáticas para cada etapa productiva

Las condiciones ambientales óptimas de los distintos locales de las bodegas varían de unos a otros en función de las circunstancias de trabajo para las personas y de las mejores situaciones para el almacenamiento o crianza de vinos. Los regímenes de temperatura y humedad son los principales factores ambientales que se precisa controlar en los distintos locales de la bodega, pero es indispensable tener en consideración en algunas dependencias los niveles de iluminación necesarios para un adecuado trabajo, y la total ausencia de olores extraños, eliminados en algunos casos por una adecuada ventilación, y en otros casos por el control de los distintos materiales de construcción o de almacenamiento dentro de la bodega (Moreno, 2008).

2.1 Fermentación

- La temperatura es más importante en los recipientes que en el conjunto del edificio. Entre la doble pared de las cubas, donde se realiza la fermentación, se colocan unos tubos por donde se hace circular agua caliente o fría, dependiendo de lo que se quiera conseguir.

- Como estas cubas tienen apertura superior, el CO₂ que se forma de las reacciones químicas, por su mayor densidad que el aire, baja y se acumula en la parte inferior, por lo que la ventilación debe ser inferior para mover este aire viciado.

- La luz también puede variar la fermentación, así que se precisa la necesaria para manejarse dentro de la instalación, aunque ésta sea la fase donde más iluminación se permite y se necesita.

2.2 Crianza

A partir de esta fase lo importante es la

estabilidad dentro de los siguientes rangos de referencia:

- Temperatura del aire entre los 12-16 °C.
- Mantener la humedad relativa en los márgenes 70-82 %.
- Eliminar malos olores y demás sustancias volátiles del aire que puedan filtrarse por la madera de las barricas.
- Luz mínima. En esta etapa se realizan tareas de movimiento, ya sea trasiegos, almacenaje de barricas y por lo tanto la necesidad de iluminación es variable.

2.3 Almacenamiento o guarda

De todas las fases, en ésta la estabilidad es la fundamental. Mantener los cuatro parámetros (temperatura, humedad, iluminación y ventilación) estables y controlados es esencial para conseguir que un buen vino. Ya que en esta etapa el vino está embotellado; ya no se tocará hasta que sea trasladado.

- Mantener niveles bajos de iluminación es más importante que en el resto de las otras fases. Aquí el vino está en botella de vidrio, el que deja pasar los rayos de luz, sobre todo los ultravioletas, que son los que más pueden afectar la calidad final del producto.

3. Caso de estudio: bodega sobresuelo

La Bodega S.A. posee una superficie cubierta de 4.900 m² y produce un promedio de 3.500.000 kg./año. Se encuentra situada en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza, en la Región de Cuyo (coordenadas geográficas: 32° 52' Latitud Sur, 68° 51' Longitud Oeste, altitud 750 metros). En la Figura 1 se observa una imagen general de la misma desde el lagar.

En verano, la temperatura máxima media varía entre 35°C y 40°C, y el rango de temperatura mínima media es de 18°C a 22°C. Las variaciones entre la temperatura diaria alcanzan entre 10°C y 18°C. En invierno la temperatura mínima media se ubica bajo los 0°C y la máxima media varía entre 10°C y 15°C. La temperatura media anual es de 16,5°C. La radiación global horizontal varía entre 24.000 y 25.700 kJ/m² en verano, entre 14.000 y 22.700 kJ/m² en otoño y primavera, y entre 9.000 y 11.000 kJ/m² en invierno. Anualmente, el promedio de la radiación global horizontal se aproxima a 18.000 kJ/m², siendo 700 W/m² la

mayor potencia al mediodía solar. Las pérdidas por radiación de onda larga se aproximan a 180 W/m^2 .



Figura 1: Bodega S.A. vista desde la galería de recepción de la uva y el lagar. Fuente: Ganem, C., 2012.

Figure 1: S.A. Winery. View from the grape reception gallery and the wine-press. Source: Ganem, C., 2012.

3.1 Análisis de la envolvente

3.1.1 Materialidad

La Bodega S.A. presenta dos tipos de envolvente: una tradicional y otra contemporánea. La tradicional o másica, principalmente conformada por paredes de adobe de medio metro de espesor enterradas 1 metro bajo la cota del suelo con cubierta de madera, aislados con tierra y caña (*arundo donax*) y cubiertos con tejas. La envolvente contemporánea o liviana, con estructura y cubierta metálica mediante chapas de acero galvanizado en paredes y cubiertas. Las paredes presentan un muro base de placas de hormigón pretensado y sólo las cubiertas de chapa presentan aislación con espuma de poliuretano.

La diferencia en la materialidad de la envolvente responde al año en el que fue construido cada caso. La envolvente tradicional construida en 1891 responde al tipo de construcción de finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Actualmente acoge las etapas de fermentación y de crianza (Fig. 2). La producción de la bodega se ha incrementado notablemente desde sus inicios y las primeras etapas de producción del vino han ocupado casi todos los espacios disponibles en la antigua bodega, de allí la necesidad de una nueva construcción. La envolvente contemporánea se ha construido a partir del año 2000, y actualmente sigue replicándose, y se utiliza principalmente para acoger las etapas de embotellamiento y de almacenamiento. La elección de este tipo de

construcción liviana y en seco, responde a motivos económicos y a la velocidad de construcción así como a la mínima interrupción del desarrollo de los procesos productivos en funcionamiento (Fig. 3).



Figura 2: La envolvente tradicional. Fotografía e imagen termográfica. Fuente: Ganem, C., 2012.

Figure 2: Traditional envelope. Photography and thermographic image. Source: Ganem, C., 2012.



Figura 3: La envolvente tradicional. Fotografía e imagen termográfica. Fuente: Ganem, C., 2012.

Figure 3: Traditional envelope. Photography and thermographic image. Source: Ganem, C., 2012.

Los ingenieros ejecutivos conocen de las diferencias micro-climáticas interiores de este tipo de espacios sobresuelo con envolventes pobres en cuanto a sus posibilidades de regulación ambiental y, por lo tanto, altamente energético-dependientes. No obstante las dificultades operativas mencionadas, el costo de la energía en Argentina sigue siendo lo suficientemente bajo (USD 0.15 por kWh) por lo que resulta más económico comprar equipamiento mecánico para aclimatar el nuevo espacio que construir de la manera tradicional con los tiempos y espacios

que este tipo de construcción implica. Por este motivo es muy importante que la propuesta de soluciones atienda estas necesidades de construcción rápida y limpia.

Las Figuras 2 y 3 presentan fotografías e imágenes termográficas de las dos alternativas de materialización de la envolvente. En la Figura 2 se observan las paredes de adobe con la terminación en revoque blanco y en los techos se pueden observar las cañas y la estructura de madera.

Las ventanas son altas y de abrir. La luz ingresa al espacio filtrada a través de persianas verdes. (No obstante la recomendación indica que las ventanas deben estar colocadas en una posición baja durante la fermentación).

La Figura 3 muestra la nueva construcción con las paredes y cubiertas de acero galvanizado. La luz ingresa a través de las puertas y los lucernarios que presentan vidrios fijos (la ventilación se logra a través de las puertas que están siempre abiertas.)

Dichos lucernarios son horizontales y no presentan ningún tipo de protección solar. Consienten más iluminación que la requerida para la fase de almacenamiento. No obstante, nótese la iluminación artificial que se encuentra encendida en horas del mediodía, cuando la imagen de la Figura 3 fue tomada. Las botellas usualmente se almacenan dentro de cajas opacas que las protegen de la iluminación descrita en el espacio.

Tabla 1: Propiedades de los materiales de las paredes. Fuente: INTI, 1998.

Table 1: Wall's materials properties. Source: INTI, 1998.

	Envolvente Tradicional		Envolvente Contemporánea	
	Tierra	Adobe	Acero galvanizado	Hormigón Pretensado
ρ = Densidad (Kg/m ³)	1800	1600	7850	2400
C_p = Calor específico (J/Kg.K)	1460	650	460	805
λ = Conductividad térmica (W/m.K)	2.10	0.81	45	1.63
e = Espesor (m)	1	0.5	0.005	0.10

Tabla 2: Propiedades de los materiales de la cubierta. Fuente: INTI, 1998.

Table 2: Roof's materials properties. Source: INTI, 1998.

	Envolvente Tradicional		Envolvente Contemporánea	
	Caña (arundo donax) tierra	Tejas	Acero galvanizado	Espuma de poliuretano
ρ = Densidad (Kg/m ³)	75	1300	7850	49
C_p = Calor específico (J/Kg.K)	1000	840	460	1400
λ = Conductividad térmica (W/m.K)	0.20	0.49	45	0.021
e = Espesor (m)	0.2	0.05	0.005	0.03

Las Tablas 1 y 2 presentan en forma comparativa las propiedades físicas de los principales materiales involucrados en cada caso en muros y cubiertas. El valor U, que depende del espesor utilizado en esta construcción en particular, es un indicador muy claro de la gran variedad de intercambios energéticos que se dan a través de la envolvente en cada espacio. Aún más, si tenemos en cuenta que en verano las diferencias entre la temperatura exterior y la temperatura interior (necesaria en las etapas de elaboración del vino) pueden llegar a ser de 25 °C.

3.1.2 Intercambios de flujos energéticos interior – exterior

En el edificio tradicional de la Bodega S.A., 85 % de la envolvente se encuentra sobresuelo, es decir, en contacto con el exterior y el 15 % de la envolvente se encuentra enterrado. El porcentaje de envolvente bajo la cota del nivel del suelo responde a una diferencia en pendiente del terreno que fue aprovechada cuando la bodega fue construida.

En el caso de las nuevas construcciones contemporáneas, los edificios se encuentran en su totalidad sobre la superficie del terreno. Las Figuras 4 y 5 muestran esquemas en corte vertical para cada caso. En la Figura 6, se presenta la planta del conjunto edilicio, para completar la información gráfica de las dimensiones subterráneas y sobresuelo.



Figura 4: Esquema del edificio tradicional en el que se indican la ubicación de las fotografías, desde afuera y desde adentro, en donde se puede apreciar la diferencia de niveles del piso que potencia la pendiente natural del terreno. Fuente: Ganem, C., 2012.
Figure 4: Traditional building scheme with indications of the location of the photographs, from outside and inside, in which it can be observed the difference in ground level that potentiates the land natural slope. Source: Ganem, C., 2012.



Figura 5: Esquema del edificio contemporáneo en el que se indica la ubicación de las fotografías, desde afuera y desde adentro, en donde se puede apreciar que el edificio se ubica sobre el terreno. Fuente: Ganem, C., 2012.
Figure 5: Traditional building scheme with indications of the location of the photographs, from outside and inside, in which it can be observed that the building is placed on the land. Source: Ganem, C., 2012.

Las posibilidades de regulación de los intercambios energéticos interior – exterior se evalúan mediante la comparación de intercambios de flujos de calor para ambos casos a partir de la Ecuación de la Ley de Fourier (Ecuación 1).

$$Q = U * S * (T_e - T_i) \quad (1)$$

Donde:

Q = flujo (W)

U = coeficiente de transmisión de calor (W/m²K)

S = superficie de envoltente (m²)

T_e = temperatura exterior (K)

T_i = temperatura interior (K)

Para calcular los flujos energéticos de los dos tipos de espacio y comparar sus posibilidades de regulación climática interior, se establecieron dos parámetros fijos:

$$S = \text{superficie de la envoltente} = 100 \text{ m}^2$$

$$\Delta T (T_e - T_i) = 15 \text{ K}$$

Los siguientes fueron los resultados obtenidos. Ellos muestran la tendencia de la cantidad de intercambios para cada caso:

Paredes Tradicionales (másicas): Q=2.445 W

Techos tradicionales (másicos): Q=3.000 W

Paredes contemporáneas (liviano sin aislación): Q=15.000.000 W

Techos contemporáneos (liviano con aislación): Q=1.050 W

Los valores de flujo son similares para paredes y techos tradicionales y muy distintos en el caso de paredes y techos contemporáneos. La utilización de aislante en el caso del acero galvanizado presenta una diferencia notoria. Este valor es incluso inferior respecto de los obtenidos con envoltentes tradicionales.

A continuación, y para los fines de evaluar en forma comparativa los dos casos de envoltente sobresuelo con una situación de envoltente enterrada, se presentan los valores correspondientes a una bodega subterránea.

Las oscilaciones horarias de temperatura en la superficie de piso se amortiguan al aumentar la profundidad: a 2m de profundidad estas oscilaciones son prácticamente despreciables y la temperatura de la tierra puede considerarse constante y cercana a la temperatura media anual del aire del lugar (Flores, 2011) La temperatura media del aire para Mendoza es de 16,5 °K. En este caso la diferencia de temperaturas interior-exterior es equivalente a 0 °K debido a que la

temperatura buscada es la misma que la que se obtiene a partir de los 2 metros de profundidad.

Bodega subterránea: $Q = 212 \text{ W}$

Del análisis se desprende la condición indispensable del aislamiento de la envolvente, en el caso de que la construcción de la bodega sea sobresuelo. Es evidente la notoria disminución en los intercambios de flujo para el caso de la bodega subterránea.

El intercambio de flujos energéticos como parámetro de evaluación se completa con el análisis de inercia térmica, que si bien la envolvente contemporánea aislada presenta menor tendencia al intercambio calórico, no considera materiales con masa e inercia térmica, indispensables para la estabilidad de las temperaturas interiores en climas con grandes variaciones térmicas diarias y estacionales.

3.1.3 Inercia térmica

El cálculo de la inercia térmica se realizó con las ecuaciones del "Instituto Eduardo Torroja" (Ecuaciones 2 y 3); y la información de las Tablas 1 y 2.

$$I = R \cdot S_{24} \quad (2)$$

$$S_{24} = 8.48 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{(\lambda \cdot \rho \cdot C_p)} \quad (3)$$

Donde:

I = inercia térmica. Parámetro adimensional.
 R = Resistencia térmica (espesor "e"/ λ) (m^2KW)
 S_{24} = factor de 24 horas
 C_p = calor específico a presión constante (J/kg.K)
 P = densidad del material (kg/m^3)
 λ = conductividad térmica (W/mK)

La inercia térmica de los diferentes materiales que componen la envolvente tradicional son:

- Paredes:

Tierra (espesor de 1m) $I = 94.86$
 Adobe (espesor de 0.50 m) $I = 38.91$

- Cubiertas:

Arundo donax / tierra (espesor de 0.5 m) $I = 10.38$
 Tejas (espesor de 0.05 m) $I = 6.32$

La inercia térmica de los diferentes materiales que componen la envolvente contemporánea son:

- Paredes:

Hormigón pretensado (espesor de 0.10 m) $I=9.23$

Acero galvanizado (espesor de 0.005) $I=0.12$

- Cubierta:

Espuma de poliuretano (espesor de 0.03 m) $I=4.59$

Acero galvanizado (espesor de 0.005) $I=0.12$

Los resultados son conclusivos respecto de la posibilidad de estabilidad térmica interna que presentan los espacios con masa, es decir, los que presentan envolventes tradicionales. Se considera que esta condición es indispensable para edificios de bodegas sobresuelo. Los espacios conformados con envolventes livianas no brindan la misma posibilidad.

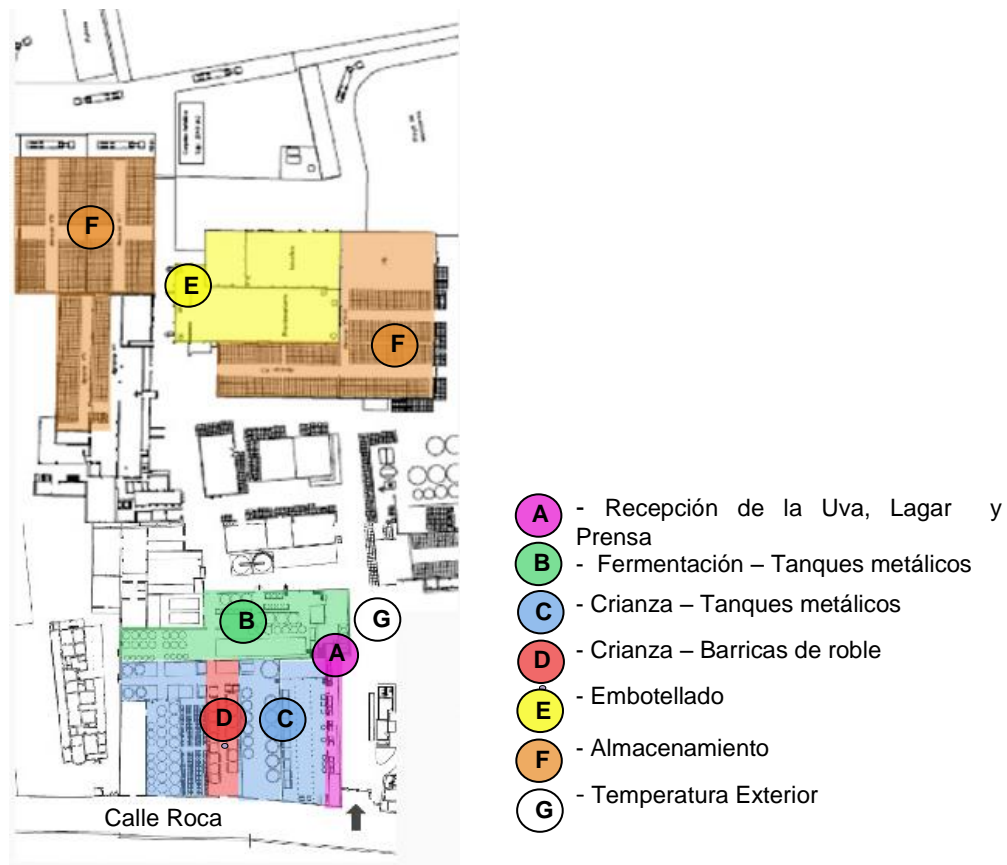
Hasta este punto se ha realizado un exhaustivo análisis analítico del comportamiento de la Bodega S.A. y se ha desarrollado una valoración comparativa con un caso óptimo de bodega subterránea. El próximo paso es la realización de mediciones de temperatura in situ.

4. Medición de temperaturas de verano

Para realizar la medición de temperaturas se utilizó la metodología denominada Paseo con instrumentos (Walkabout) propuesta por Guerra (2003). Este método se adapta a los estudios de campo en los que es difícil colocar micro-adquisidores de datos en lugares fijos por largos periodos de tiempo. Consiste en tomar varias mediciones en cada espacio en un periodo de tiempo breve en el cual se realiza el recorrido del edificio.

Para la medición de la temperatura del aire se utilizó un micro-adquisidor ONSET HOBO U14-001. Este fue programado para realizar un registro cada 15 segundos. Debido a que el mismo presenta un display digital además de almacenar los datos obtenidos, dicha característica permitió verificar la estabilización del sensor en cada espacio antes de continuar el recorrido. Para la medición de la temperatura superficial y la obtención de imágenes en el espectro infrarrojo, se utilizó una cámara termográfica FLIR i3. El relevamiento se completó con fotografías.

Las mediciones se realizaron durante tres días claros al mediodía solar (30 min.), llevándose a cabo el recorrido en una hora y luego fueron promediadas. Las fechas de medición fueron el 13, 20 y 27 de enero de 2012 (verano en el Hemisferio Sur). Se siguieron recomendaciones de uso eficiente de micro-adquisidores propuestas por Longobardi and Hancock (2000).



En la Figura 6 se presenta el plano de la bodega en el cual se identifican los 6 espacios medidos en relación con cada etapa del proceso productivo: Se comienza por la recepción de la uva en los Lagares y Prensa Neumática (A); se continúa con los tanques de fermentación (B); luego con la crianza tanto en barricas de roble como en tanques metálicos (C y D respectivamente); y finalmente se miden los espacios de embotellado (E) y almacenamiento (F). El espacio exterior se indica como G.

Nótese que:

- La etapa A se desarrolla al exterior, bajo techo.
- Las etapas B, C y D se desarrollan en el edificio con envolvente tradicional, y
- Las etapas E y F en las nuevas construcciones contemporáneas.
- Las mediciones se completan con la temperatura del aire exterior al iniciar y al finalizar el recorrido. La Tabla 3 presenta las temperaturas resultantes.

Tabla 3: Referencias a la Figura 4 y resultados de las mediciones de temperatura. Fuente: Datos propios tomados en la bodega mediante instrumental de medición.

Table 3: References to Figure 4 and temperature measurements results. Source: Own data taken by measurement instruments in the winery.

Bodega S.A.	Temperatura del aire promedio	Rango de temperaturas promedio superficiales
A. Recepción de la Uva Lagar y Prensa Neumática	31,5 °C	29°C – 46°C
B. Fermentación – Tanques metálicos	25 °C	8°C – 17°C
C. Crianza – Tanques metálicos	26,5 °C	10°C – 19°C
D. Crianza – Barricas de roble	25 °C	8°C – 17°C
E. Embotellado	32 °C	20°C – 36°C
F. Almacenamiento	30 °C	18°C – 34°C
G. Temperatura Exterior	35 °C	29°C – 46°C

5. Requerimientos de energía auxiliar

Las uvas llegan a la bodega a una temperatura promedio de 26°C, dicha temperatura debe bajar a 8°C luego de haber pasado por el lagar, la prensa neumática y la primera serpentina refrigerante. Luego, la temperatura de los jugos se debe estabilizar a 5°C dentro de los tanques metálicos. Estos tanques tienen doble envolvente y están atravesados en su interior por serpentinas refrigerantes. Si tomamos en consideración que la temperatura medida del aire en el lagar es de 33°C y de 25°C en el espacio en el que se encuentran los tanques de fermentación, el ΔT es 25°C en el primer caso y de 30°C en el segundo caso. El uso de bombas refrigerantes es intensivo para poder mantener las temperaturas en los valores indicados, y por lo tanto, el consumo energético auxiliar asociado.

La bodega S.A. tiene tres bombas refrigerantes: una con una potencia de 150 kW, y dos con una potencia de 90 kW, para una potencia total de 330 kW.

La bomba de 150 kW se utiliza en forma continua durante todo el año para las fases de crianza y embotellado. Los espacios destinados a almacenamiento no se refrigeran. Cuatro meses al año, durante la recepción de las uvas y la fermentación, el consumo se incrementa, ya que se ponen en funcionamiento las dos bombas que en su conjunto suman 180 kW de potencia durante el día para estabilizar el proceso de fermentación de 1.500.000 litros.

6. Resultados y conclusiones

La Envolvente tradicional mantiene las temperaturas interiores entre 8,5°C y 10°C por debajo de las temperaturas exteriores. Los nuevos espacios con envolventes contemporáneas y livianas mantienen las temperaturas interiores sólo entre 3°C y 5°C por debajo de las temperaturas exteriores.

Estos resultados son coherentes con la inercia de los materiales constructivos. El coeficiente de inercia de las paredes macizas se calculó entre 38 y 95, mientras que en el caso de las paredes livianas dicho coeficiente de inercia resultó entre 0.22 y 10.

No obstante la diferencia entre ambas situaciones, ninguno de los casos resuelve la necesidad de temperaturas cercanas a los 16°C en el interior de la bodega. En el caso de verano, cuando la temperatura exterior es de 35°C, la

menor temperatura medida en el interior es de 25°C, casi 10°C por sobre la temperatura necesaria para la correcta operación de la bodega. Como consecuencia se estiman importantes valores de consumo de energía auxiliar: 1.800 kW/h por día de abril a noviembre y 3960 kW/h por día de diciembre a marzo. Dichos consumos suponen alrededor de 1.000.000 de kW/h por año, el equivalente a USD 150.000.

Si la bodega fuera subterránea, el coeficiente de inercia rondaría el valor de 100 para toda la envolvente (paredes y cubierta). Esa es una de las razones principales por las que siempre es preferible que los momentos más críticos del proceso, especialmente los que llevan mucho tiempo como la crianza en barricas, se encuentren en un nivel subterráneo para ahorrar energía de refrigeración y asegurar todo el año temperaturas estables de 16,5°C (para el caso de Mendoza). Esta recomendación es muy válida y se debe considerar para nuevas construcciones.

Es poco probable que se pueda cambiar el nivel de una bodega construida, y, además, la tasa de renovación edilicia es muy baja. De acuerdo con Lowe, Bele, Johnston (1996) a la velocidad actual de construcción y demolición, los edificios construidos antes de 1990 conformarán la mayoría del stock total hasta avanzada la segunda mitad del próximo siglo. Stafford, Gorse, Shao (2011) expresan que alrededor del 70 % de los edificios existentes hoy todavía estará en uso en el 2050. Por los motivos expresados, las recomendaciones ambientales y energéticas se orientan a mejorar la envolvente existente que continuará en funcionamiento por muchos años más. La preocupación de tomar en cuenta los edificios existentes como objeto de estudio sigue las teorías expresadas por Kohler y Hassler (2000).

En el caso de los espacios con envolvente tradicional, los mismos se encuentran enterrados parcialmente y esa condición espacial mejora su funcionamiento térmico. En estos espacios se localizan los procesos claves en la elaboración del vino (fermentación y crianza), por lo que no se considera necesaria una redistribución espacial de los procesos. No obstante, es imprescindible un buen mantenimiento de la construcción existente y la mejora en las aberturas (puertas, portones y ventanas), especialmente en la disminución de las infiltraciones que se producen a partir de los marcos de madera que permiten varias renovaciones de aire por hora. La renovación debe ser eficiente y lo suficientemente

flexible como para permitir su adaptación a requerimientos puntuales de ventilación, como por ejemplo para ventilar el CO₂ durante la etapa de fermentación. Estas medidas mejorarán el funcionamiento térmico de los espacios disminuyendo los altos consumos energéticos registrados.

En lo que respecta a la nueva construcción, ésta se utiliza principalmente para las etapas de embotellado y almacenamiento; tanto su tecnología constructiva como sus materiales deben ser accesibles y no interferir con el proceso de elaboración en marcha en la bodega. Los sistemas de construcción en seco se presentan como la mejor opción. No obstante es necesario un equilibrio entre lo liviano y aislado y lo macizo, especialmente en climas con grandes variaciones diarias y estacionales como son los climas en los que se cultiva la vid. Se recomienda que se continúe con el muro base de hormigón pretensado y, de ser posible, hacerlo con un mayor ancho y una mayor altura. Toda la envolvente liviana de acero galvanizado debe estar correctamente aislada evitando puentes térmicos. De esta forma, la base con masa proveerá de la necesaria inercia y estabilidad interna de temperaturas y la envolvente aislada disminuirá los intercambios energéticos.

Agradecimientos

A L. Mazziotti por la información específica y el acceso a la Bodega S.A. Este artículo es parte del proyecto PICT 2008 – 1894 Sostenibilidad en la industria vitivinícola de la región de Cuyo: Valoración de los beneficios ambientales, energéticos y económicos de distintas estrategias de resolución de envolventes en relación con el ciclo productivo y con la calidad final del vino". Y es financiado por FONCyT – ANPCyT.

Referencias Bibliográficas

Flores Larsen, S. (2011) Modelización de la transferencia de calor al suelo en los programas de simulación térmica de edificios Energy Plus y Simedif. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 8.27 – 8.34.

Ganem Karlen, C. (2006) *Rehabilitación ambiental de las envolventes de viviendas. El caso de Mendoza*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Ganem, C.; Balter, J. y Barea, G. (2012) Envolventes de bodegas en la región de Cuyo: análisis de cuatro casos representativos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 05.115-05.122.

Ganem, C. (2012) *Sostenibilidad en la industria vitivinícola de la región de Cuyo: Valoración de los beneficios ambientales, energéticos y económicos de distintas estrategias de resolución de envolventes en relación con el ciclo productivo y con la calidad final del vino*. Informe Técnico de Avance – ITA2. ANPCyT PICT-08-1894.

Guerra Ramírez, J. (2003) *Habitar el desierto. Transición Energética y Transformación del Proyecto Habitacional Colectivo en la Ecología del desierto de Atacama, Chile*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

INTI – Instituto Nacional de Tecnología Industrial.(1998) *Registro INTI de Materiales para la Construcción*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

Kohler N. y Hassler U. (2002) The building stock as a research object. *Building Research & Information*, 30 (4) 226-236.

Longobardi y Hancock. (2000) *Field trip strategies*. TIA 2000 Conference Proceedings. Oxford: Oxford Brookes University.

Lowe, R., Bele, M y Johnston, D. (1996) *Directory of Energy Efficient Housing*. Chartered Institute of Housing. Londres.

Moreno, J. (2008) *La bodega: modelo de arquitectura sostenible*. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Rivera Medina, A. M. (1987) *Entre la Cordillera y la Pampa: la Vitivinicultura en Cuyo, Argentina*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.

Stafford, A.; Gorse, C. y Shao, L. (2011) *The retrofit challenge: Delivering low carbon buildings*. Centre for Low Carbon Futures 2050. Leeds. Reino Unido.

Recibido: 18|12|2012

Aceptado: 15|03|2013