

## ACUMULACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN UN MATERIAL DE CAMBIO DE FASE

María Vilte y Angélica Boucíguez  
Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 - 4400 Salta-  
Tel. 0387 – 4255424, e-mail: viltem@unsa.edu.ar; bouciga@unsa.edu.ar

**RESUMEN:** En este trabajo se presenta el estudio sobre la acumulación de energía solar en una grasa orgánica, con miras aplicaciones agrícola - ganaderas. El abordaje experimental se realizó midiendo las temperaturas alcanzadas por muestras selladas de grasa vacuna, colocadas a la intemperie con diferentes condiciones de aislamiento térmico, durante varias jornadas completas. Midiendo la temperatura ambiente y teniendo como datos la radiación solar incidente sobre superficie horizontal y la velocidad del viento, se trabajó con el programa SIMUSOL para simular el problema en las diferentes condiciones. Se presentan los resultados experimentales y los simulados entre los que se observa un acuerdo satisfactorio.

**Palabras claves:** radiación solar, grasa orgánica, temperatura, acumulación de energía.

### INTRODUCCIÓN

El acondicionamiento térmico de locales destinados a distintos usos puede realizarse recurriendo a energía tradicional o alternativa. Esta última opción ofrece amplias posibilidades de implementación; en particular la solar, puede ser utilizada directamente o bien acumularse para su uso posterior. Entre las posibilidades de acumulación, los materiales de cambio de fase, ofrecen una perspectiva interesante, que ha sido planteada por varios investigadores (Farid et al., 2004; Boucíguez y Lara, 2007). Las diferentes posibilidades de uso, implican la utilización directa o bien la acumulación para su uso posterior, tanto en locales habitacionales como en recintos agrícola – ganaderos.

En una visita a un criadero de cerdos, emplazado en la ladera de un cerro donde no llega la energía eléctrica y los habitáculos destinados a las parideras y al destete de los recién nacidos están mayormente construidos con materiales ligeros (techo de lona), donde la calefacción se brinda mediante alguna estufas y lámparas infrarrojas, surgió la inquietud de cómo generar un ambiente de confort en particular para los animales recién nacidos que algunos casos mueren de frío o aplastados en búsqueda del calor de la madre. La observación de las instalaciones mostró que el material usado en la construcción de las mismas así como las aberturas tienen el inconveniente de que no proporcionan suficiente masa térmica para la acumulación de calor, por lo que estos locales están sobrecalentados en verano durante el día y por la noche se enfrían rápidamente, sobre todo en invierno.

Actualmente, para compensar estas fluctuaciones de temperatura, en particular en invierno, se utiliza un sistema de calefacción durante el día y principalmente por la noche, que funcionan mayoritariamente con energía fósil (un cilindro de gas y un motor eléctrico). Ante esta situación, la acumulación por cambio de fase, podría ofrecer una alternativa interesante, para satisfacer al menos parcialmente, el requerimiento energético necesario para tal acondicionamiento. En este estudio, se propone precisamente, esta última posibilidad, la de almacenar la energía durante el día en paquetes sellados que contienen una grasa orgánica para ser utilizada en periodos en los que la energía solar no está disponible, fundamentalmente durante la noche.

En trabajos anteriores se presentaron estudios sobre la grasa vacuna como material de cambio de fase, en particular la caracterización de propiedades termofísicas (Vilte y Boucíguez, 2008; 2010), resultando los siguientes valores para las propiedades de tal sustancia empleada en el presente trabajo:

PROPIEDAD	VALOR	
Densidad: $\rho$	914,2 Kg/m <sup>3</sup>	
Punto de fusión: T	35 – 40 °C	
Calor latente de fusión: L	100 kJ/kg	
Capacidad calorífica: c	Sólido: 4,1 10 <sup>3</sup> J/kg °C	Líquido: 5,7 10 <sup>3</sup> J/kg °C
Conductividad térmica: k	Sólido: 0,57 W/m °C	Líquido: 0,95 W/m °C

Tabla 1. Propiedades termofísicas del material de cambio de fase (grasa vacuna).

En general, los estudios anteriores sobre este material de cambio de fase se hicieron desde el punto de vista experimental y empleando modelos a escala de laboratorio (Vilte y Boucíguez, 2007; 2009). Para analizar el comportamiento térmico se trabajó con flujos de calor suministrados a través de una resistencia calefactora a la que se le aplica una tensión conocida mediante una fuente convencional que genera potencias de calentamiento constante (entre 4 y 140 W).

En el presente trabajo se analiza su comportamiento térmico ante un flujo de calor, como el recibido en una jornada de sol y las pérdidas de calor durante la noche. En este aspecto se hicieron varias experiencias consistentes en colocar en una mesa de la terraza del edificio de Física, grasa vacuna en bolsas selladas expuestas a la radiación y condiciones del ambiente (temperatura, vientos) durante dos meses (septiembre y octubre/2011). Cabe aclarar que el edificio de Física, que comparte instalaciones con el INENCO, posee en la terraza del mismo, un amplio lugar para la realización de experiencias y la toma de datos de radiación, temperatura, vientos, etc.

Se analizan, aquí, las experiencias más significativas, donde los días son claros, sin nubosidad y los vientos sin ráfagas son las condiciones habituales para esa época en la ciudad de Salta. En general, en esta período (estación primaveral) los valores mínimos de radiación a las 8 de la mañana y a las 19 hs oscilan entre 26 y 50 W/m<sup>2</sup>, mientras que el máximo se registra entre las 13 y las 14 hs. con un valor próximo a los 1200 W/m<sup>2</sup>. Los vientos alcanzan valores que oscilan entre 2 km/h entre las 9 y 12 hs del día y 10 km/h entre las 13 y las 19 hs.

Se realizaron ensayos con las muestras de material de cambio de fase en diferentes condiciones:

1. Experiencia 1: Bolsas a la intemperie tanto de día como de noche.
2. Experiencia 2: Bolsa aislada lateralmente siempre y con aislación en el techo durante la noche.
3. Experiencia 3: Bolsa aislada lateralmente siempre con techo de polietileno transparente durante el día y la noche.

Midiendo la temperatura ambiente y teniendo como datos el flujo de radiación solar incidente sobre superficie horizontal y la velocidad del viento, determinados por una estación meteorológica situada en el mismo predio donde se realizaron las experiencias, se trabajó con el programa SIMUSOL para simular el problema en las diferentes condiciones. Se presentan los resultados experimentales y los simulados entre los que se observa un acuerdo satisfactorio.

### DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

En una mesa ubicada en la terraza del edificio de Física, se colocaron cuatro muestras de grasa vacuna contenidas en:

1. Una bolsa negra de PVC sellada conteniendo 3,9 kg de material de cambio de fase.
2. Una bolsa de polietileno (superficie exterior pintada de negro) de 1 kg. de grasa vacuna.
3. Una bolsa blanca de 0,5 kg de grasa vacuna.
4. Una bolsa de tela color piel de 0,5 kg de grasa vacuna.

Se colocó en el centro de cada contenedor una termocupla de cobre constantán para medir la temperatura alcanzada por el material, una quinta termocupla debajo de la mesa registra la temperatura ambiente. Los medidores de temperatura se anexan a un módulo ADAM, que conectado a una PC, permite el registro para el posterior procesamiento de los datos. En la Figura 1 se presenta un esquema del dispositivo experimental. Posteriormente se repitieron las experiencias solo con las bolsas negras (de 3,9 k. y de 1 kg), en este caso, la bolsa de PVC se la colocó en una caja de telgopor de 4 mm de espesor y durante la noche se la cubría con una tapa de telgopor del mismo espesor. También se realizó otra serie de ensayos en donde la cubierta de la caja durante la jornada completa día-noche es un polietileno transparente. La bolsa de 1 kg de grasa siempre estuvo expuesta completamente a la radiación y sin aislación alguna. (Figura 2).

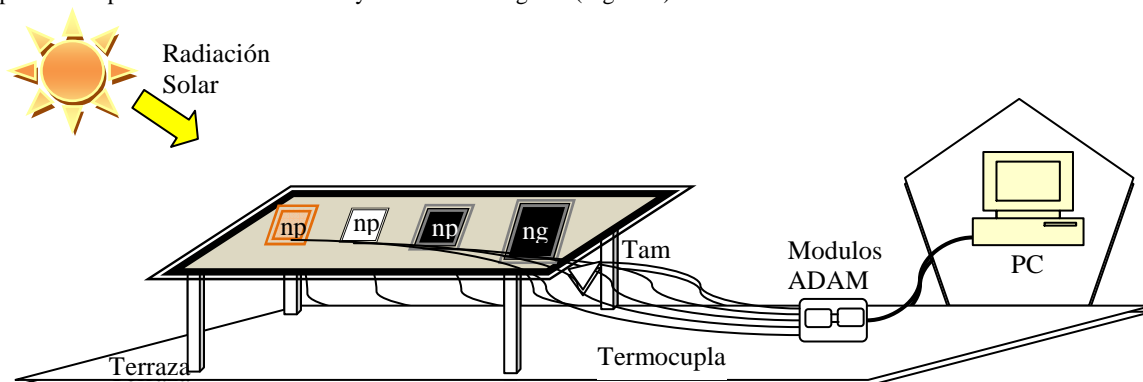


Figura 1. Esquema del dispositivo experimental.



Figura 2. Bolsas selladas que contienen el material de cambio de fase, expuestas a la radiación.

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

### Experiencia 1:

Los registros de temperatura se presentan en la Figura 3. En ella se observa que la temperatura de material de cambio de fase alcanza una máxima entre 50 y 60 °C, en el caso de las bolsas negras (Tng y Tnp), y entre 40 y 50 °C en el caso de las bolsas blanca plástica y de tela (Tc y Tb), por lo que se observa que la energía absorbida por la sustancia depende del material y color de la bolsa. También puede visualizarse en el mismo gráfico, como en otras oportunidades, el fenómeno de histéresis (Vilte y Boucíguez, 2009) que presenta la sustancia cuando pasa de líquido a sólido entre 35 y 40°C.

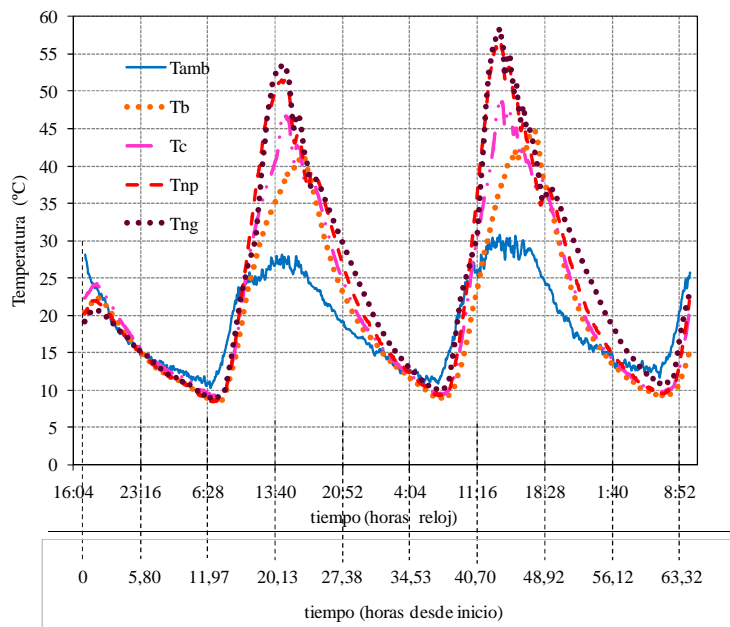


Figura 3. Evolución temporal de la temperaturas de las muestras en la Experiencia 1.

	Bolsa de PVC negra	Bolsa de polietileno pintada de negro	Bolsa de tela color piel	Bolsa plástica blanca
$\Delta T$ (°C)	26	24	20	14
m (Kg)	3,9	1	0,5	0,5
q (Joule)	576646	138738	55860	40726
q/m(Joule/kg)	147858	138738	111720	81452

Tabla 2. Energía térmica disponible al ambiente acumuladas por las muestras.

La energía en forma de calor que las muestras pueden entregar al ambiente cerca de las 14 hs, cuando la sustancia alcanza la temperatura máxima respecto del ambiente se calcula como calor sensible y se muestra en la Tabla 1. Si bien la cantidad de energía acumulada durante una jornada de sol es interesante, las muestras expuestas a cielo abierto, después de las 18 horas pierden muy rápidamente, la energía acumulada, ya que su temperatura desciende acercándose en forma asintótica a la del ambiente, de manera que todas las muestras a las 7 de la mañana alcanzan una temperatura mínima próxima a los 9 °C.

### Experiencia 2.

Debido a las importantes pérdidas de calor nocturnas se repitieron las experiencias con la grasa que estaba contenida en las dos bolsas negras. La bolsa más grande (3,9 kg) se aisló con telgopor en su base y laterales formando una caja como se aprecia en la Figura 2; además se colocó una cubierta de telgopor a partir de las 18 horas, momento en el que cesa el flujo de radiación solar.

Los registros de temperatura muestran que a las 18 hs el perfil de temperatura de la bolsa cubierta cambia de pendiente respecto de la bolsa no cubierta y la temperatura mínima alcanzada por la muestra es de 22 °C a las 9 de la mañana mientras que la bolsa que no está cubierta durante noche llega a los 9 °C a las 6 de la mañana como se observa en la Figura 4. Se aprecia también, en estas experiencias que las temperaturas alcanzadas son más altas que en la experiencia 1, esto se debe a que, además de la cubierta de telgopor, el flujo de radiación es más alto que en la situación anterior.

### Experiencia 3.

En este caso el polietileno genera en la caja el efecto invernadero impidiendo la salida de la radiación infrarroja, de modo que las temperaturas alcanzadas por la grasa son radicalmente más altas. La temperatura máxima de la grasa es alrededor de los 90°C, mientras que la muestra sin cubierta alcanza los 55 °C. El polietileno no aísla la muestra lo suficiente del exterior, ya que se observa que la temperatura mínima alcanzada por ella es de 13 °C, solo 5° C por encima de la muestra no cubierta. Los temperaturas registradas se muestran en la Figura 5.

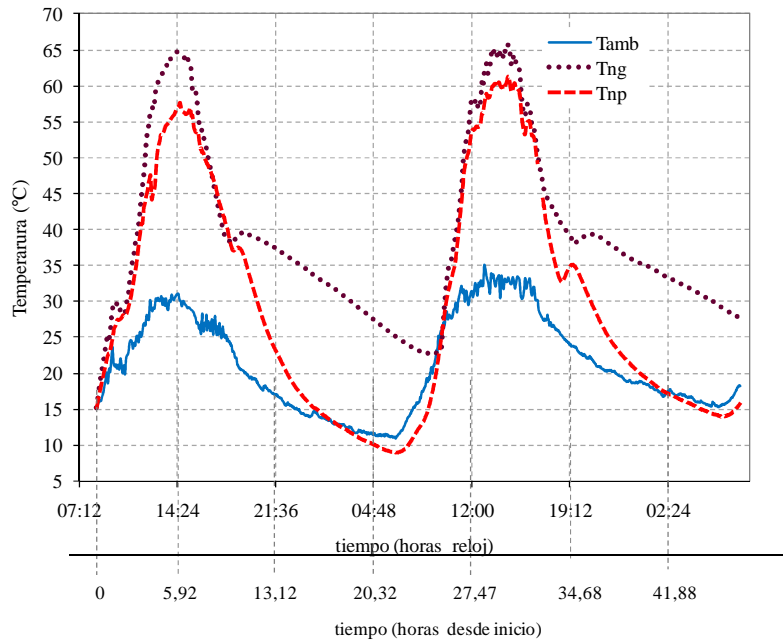


Figura 4. Evolución temporal de la temperaturas de las muestras en la Experiencia 2.

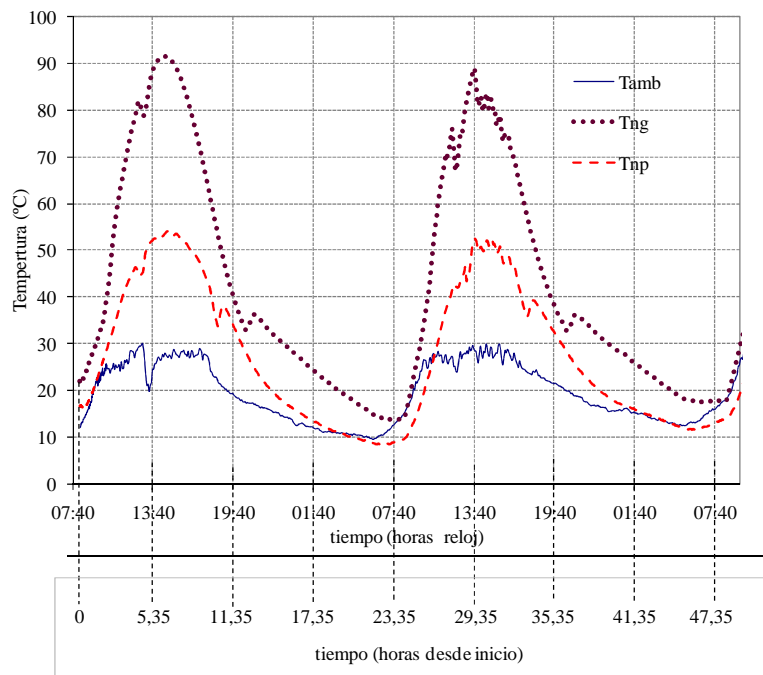


Figura 5. Evolución temporal de la temperaturas de las muestras en la Experiencia 3.

### SIMULACIÓN NUMÉRICA

Para el modelo numérico se usó el programa SIMUSOL (Saravia y Alía, 2001) que permite simular el funcionamiento transitorio de distintos sistemas físicos. El SIMUSOL utiliza como base para realizar los cálculos, el programa SCEPTRE preparado en lenguaje Fortran, que evalúa circuitos eléctricos y otros sistemas, como los térmicos, utilizando la equivalencia que existe entre ambos. Además se requiere el programa DIA, que provee una interfaz gráfica para la entrada de datos mediante un diagrama; por último el programa GNUPLOT permite graficar los resultados.

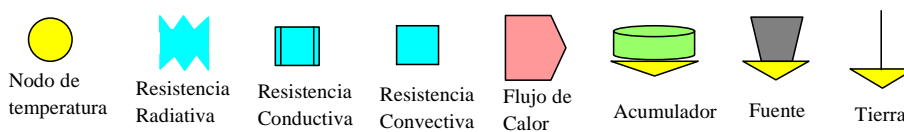


Figura 6. Formas características de los elementos usados en el diagrama del DIA.

Los elementos empleados en los diagramas del Programa DIA se muestran en la Figura 6. A los efectos de la presentación de este trabajo solo se mostrarán los diagramas del programa DIA en un formato .jpg y los resultados obtenidos de la simulación en forma gráfica para los diferentes casos.

1. **Experiencia 1:** Bolsas a la intemperie tanto de día como de noche. En este caso se considera que:
  - Hay tres nodos de temperatura: en el interior de la grasa (GRAS), el del piso (PISO) y el exterior (EXT).
  - El piso está a una temperatura prácticamente constante durante todo el día, por eso se le adjudica una fuente (PIS) la que puede ser parametrizada usando valores entre 16 y 20 °C. El exterior (AMB) tiene un valor de temperatura que oscila durante una jornada completa y que se obtiene de los registros tomados en la experiencia.
  - La grasa recibe la radiación del sol mediante el flujo (RAD) que incide sobre la superficie superior de la bolsa, de 0,09 m<sup>2</sup>. Este flujo se obtiene de los registros diarios de una estación meteorológica que funciona en el mismo predio. De este flujo se considera que solo incide sobre la muestra de grasa el 80% del total, considerándose pérdidas por reflexión y absorción sobre la cubierta del envase que contiene la sustancia.
  - Entre la grasa y el piso existe una pérdida conductiva dada por el telgopor sobre el que se asienta. Entre la grasa y el exterior existe una pérdida convectiva forzada, con un coeficiente de convección dada por la conocida ecuación:  $h=5,7+3,8 v$ ; siendo  $v$  es la velocidad del viento en m/s, dato que también se obtiene de la estación meteorológica disponible y  $h$  se expresa en W/°C m<sup>2</sup>. Se considera además una pérdida radiativa que puede cobrar cierta importancia durante la noche.

En el caso de las pérdidas conductivas entre la base del paquete de grasa y el piso (superficie de la mesa), está dada por el poliestireno expandido (conductividad térmica: 0,04 W/m°C, área: 0,09 m<sup>2</sup>, espesor: 0,004 m). Para las pérdidas radiativas al exterior se consideró una absorptancia de 0,95 para la superficie negra de la bolsa, un área efectiva de 0,09 m<sup>2</sup> y factor de forma igual a uno. Esto se puede mejorar considerando alguna correlación para la temperatura de cielo del lugar. El diagrama que describe el sistema se muestra en la Figura 7

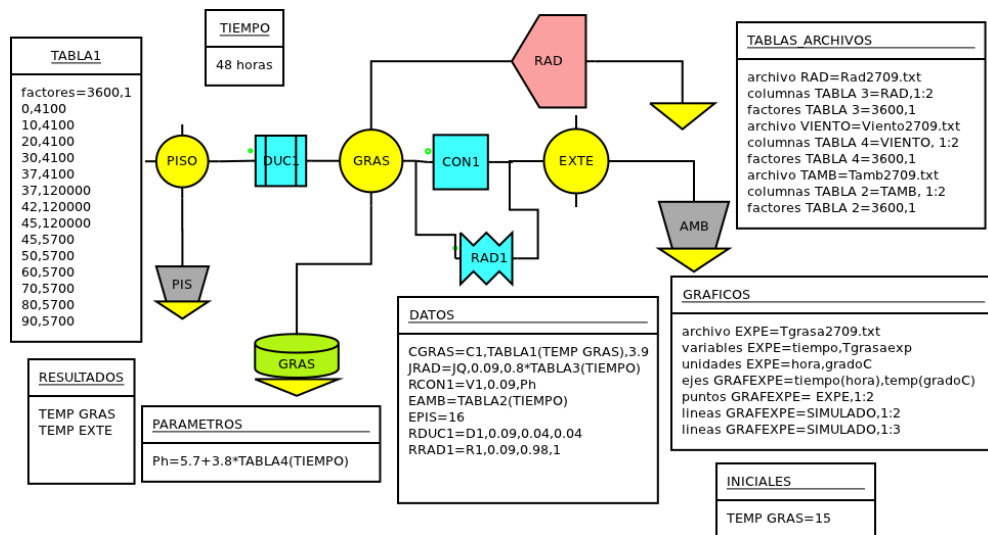


Figura 7. Diagrama del programa DIA para la Experiencia 1.

De la simulación se puede determinar la temperatura del material de cambio de fase. Los resultados obtenidos de la simulación y los de la experiencia se muestran en la Figura 8. Se observa que hay un acuerdo aceptable entre los valores experimentales y los simulados.

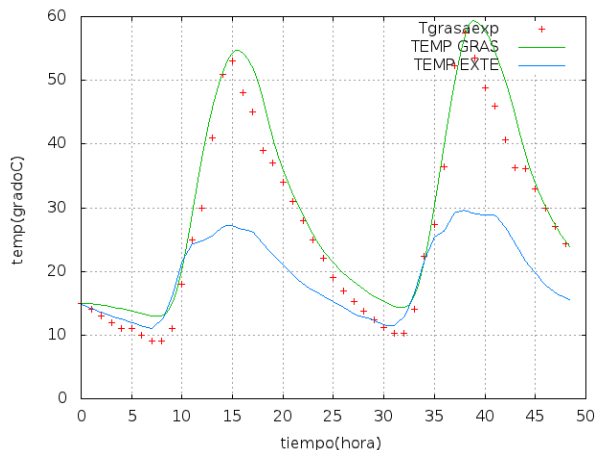


Figura 8. Resultados experimentales y simulados para la temperatura del material de cambio de fase para la Experiencia 1.

2. **Experiencia 2:** Bolsa aislada en laterales, cubierta de noche. En este caso se considera que:

- En los ensayos la bolsa que contiene el material se ubica dentro de una caja de telgopor de 4 mm de espesor. Durante el día la radiación incide sobre la muestra descubierta en su parte superior, pero después de las 18 horas, una vez que cesa la radiación, la muestra se cubre con una placa de telgopor de 4 mm de espesor que actúa como techo.
- Se añaden cuatro nodos de temperatura; en el techo un nodo exterior (TEXT), otro interior (TINT) y en la paredes laterales un nodo interior (PINT) y exterior (PEXT).
- Durante el día, hasta las 18 hs, las condiciones son idénticas al caso 1, pero una vez que cesa la radiación, aparecen pérdidas convectivas entre la bolsa de grasa y el techo con un coeficiente  $h$  de  $5 \text{ W/}^\circ\text{C m}^2$  según el programa Heat Transfer de B. Young y A. F. Mills. (1995). Entre el techo y el exterior, al igual que lo sucedido en el caso 1 entre la bolsa y el exterior hay pérdidas convectivas y el coeficiente convectivo está dado por la expresión que incluye la velocidad de viento.
- Durante la jornada completa se presentan pérdidas conductivas en la sustancia (conductividad térmica promedio:  $0,8 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , área lateral total:  $0,16 \text{ m}^2$ , espesor:  $0,15 \text{ m}$ ) y en la paredes laterales (conductividad térmica:  $0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , área:  $0,09 \text{ m}^2$ , espesor:  $0,004 \text{ m}$ ). Entre las paredes laterales y el exterior hay pérdidas convectivas (con el mismo coeficiente  $h$  que tiene cuenta la velocidad del viento y que actúa sobre un área total de  $0,32 \text{ m}^2$ ).
- Durante la noche se plantean pérdidas radiativas entre el techo y el exterior, con una absorptancia de  $0,95$  para la superficie negra de la bolsa, un área efectiva de  $0,09 \text{ m}^2$  y factor de forma igual a uno.

En la Figura 9 se muestra el diagrama del programa DIA implementado para esta experiencia.

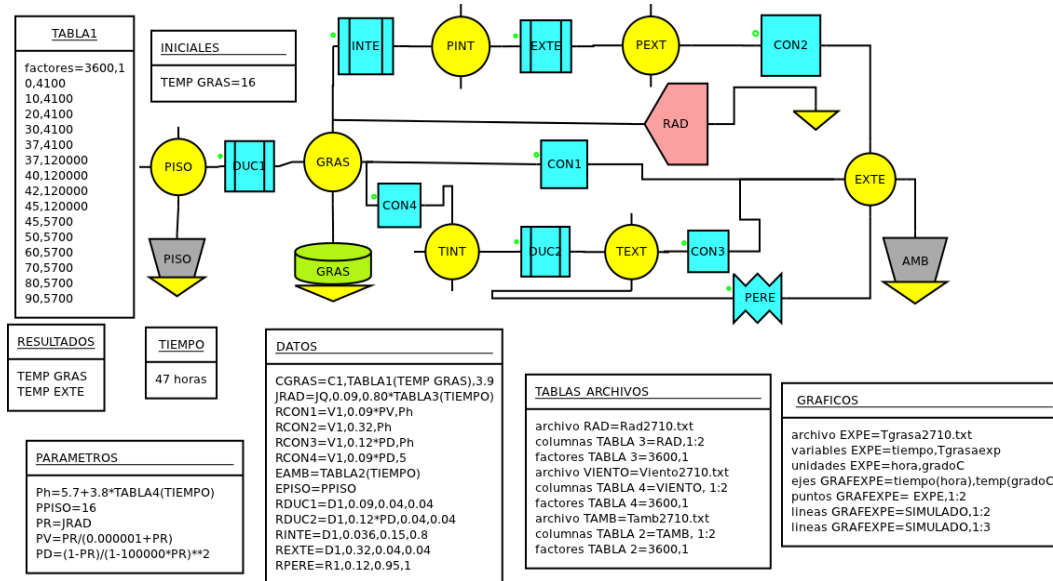


Figura 9. Diagrama del programa DIA para la Experiencia 2.

Los valores obtenidos de la simulación conjuntamente con los medidos experimentalmente, se muestran en la Figura 10, la relación entre ellos es aceptable. Los resultados de la simulación, pueden mejorarse considerando alguna correlación para la temperatura de cielo del lugar, la cual se utiliza para evaluar la pérdida radiativa durante la noche.

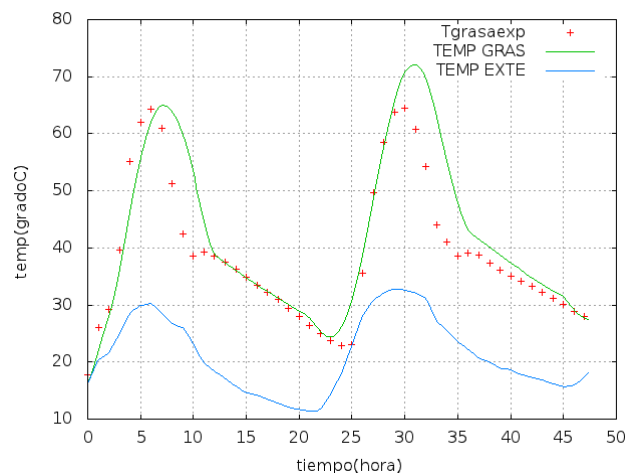


Figura 10. Resultados experimentales y simulados para la temperatura del material de cambio de fase para la experiencia 2.

3. Experiencia 3: Bolsa aislada lateralmente con techo de polietileno transparente durante todo el tiempo. En este caso se considera que:
- Como en el ensayo anterior la bolsa que contiene el material se ubica dentro de una caja de telgopor de 4 mm de espesor. La radiación incide sobre un polietileno transparente que se coloca como techo cubriendo la muestra. Entre ambos hay una capa de aire; dicha cubierta permanece durante día y la noche.
  - Se añaden tres nodos de temperatura; uno en el techo (TECH) y dos en las paredes laterales: uno interior (PINT) y otro exterior (PEXT).
  - Se presentan pérdidas convectivas entre la bolsa de grasa y el techo transparente con un coeficiente  $h$  de  $2 \text{ W/}^\circ\text{Cm}^2$  según el programa Heat Transfer de B. Young y A. F. Mills. (1995). Entre el techo y el exterior hay convección y el coeficiente convectivo está dado por la expresión que incluye la velocidad de viento.
  - Durante la jornada completa se presentan pérdidas conductivas en la sustancia (conductividad térmica promedio:  $0,8 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , área lateral total:  $0,16 \text{ m}^2$ , espesor:  $0,15 \text{ m}$ ) y en la paredes laterales (conductividad térmica:  $0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , área:  $0,09 \text{ m}^2$ , espesor:  $0,004 \text{ m}$ ). Entre las paredes laterales y el exterior hay pérdidas convectivas (con el mismo coeficiente  $h$  que involucra la velocidad de viento y actúa sobre un área total de  $0,32 \text{ m}^2$ ).
  - Durante la noche se plantean pérdidas radiativas entre el techo y el exterior, con una absorptancia de  $0,85$  (prácticamente el intercambio tiene lugar entre la bolsa y el exterior) para la superficie del polietileno, un área efectiva de  $0,09 \text{ m}^2$  y factor de forma igual a la unidad.

En este caso no se muestra el diagrama del programa DIA ya que los elementos gráficos usados son los que ya introducidos en los anteriores diagramas, por lo que se estiman suficientes las consideraciones realizadas. En la Figura 11 se muestran los valores obtenidos experimentalmente respecto de los simulados. En este aspecto se observa debe mejorarse el modelo para reproducir los valores experimentales, sobre todo en la etapa de calentamiento entre las 9 de la mañana y las 14:30 cuando se alcanzan los valores máximos de radiación, debiendo tenerse en cuenta el efecto invernadero producido por la cubierta transparente.

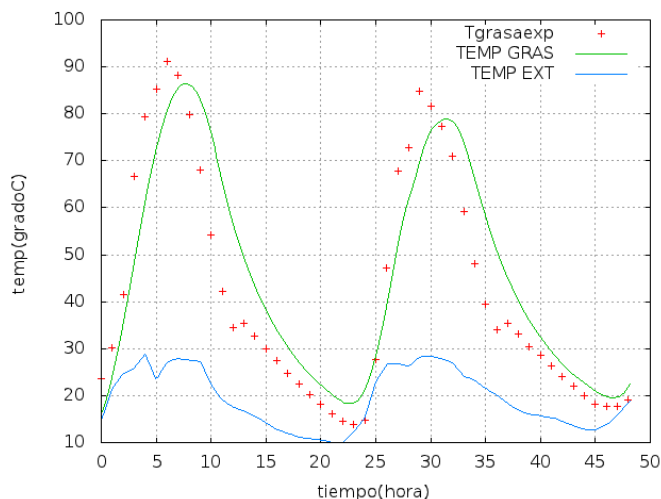


Figura 11. Resultados experimentales y simulados para la temperatura del material de cambio de fase para la Experiencia 3.

## CONCLUSIONES

De los ensayos de la experiencia 1 se observa que el material de cambio de fase (la grasa vacuna) a las 14 horas tiene una energía térmica disponible al ambiente de alrededor de  $140 \text{ kJ/kg}$ , mientras que las bolsas de color blanco y piel tienen una energía disponible menor entre  $80$  y  $110 \text{ kJ/kg}$ . El flujo de calor recibido en una jornada típica de un día soleado, sin nubes permite que el material presente cambio de fase y una vez líquida toda la sustancia, la energía térmica recibida sigue acumulándose como calor sensible.

Si el material contenido en la bolsa no se aísla del exterior sobre todo después de las 18 hs, precisamente cuando cesa el flujo de radiación, el material pierde calor siguiendo asintóticamente a la temperatura del exterior. Por lo que, a las 18 hs o incluso antes la energía térmica disponible en el material de cambio de fase, debe entregarse al sistema que lo requiera.

Si bien en la experiencia 3, las temperaturas alcanzadas por la grasa son las más altas registradas en los ensayos al exterior con este material de cambio de fase, se considera que las mismas pueden causar un deterioro de los recipientes que las contienen, pudiendo producirse pérdidas de grasa.

Con respecto a la simulación numérica, se considera que el programa SIMUSOL es una herramienta muy útil para evaluar los sistemas térmicos con cambio de fase, en particular aquellos en los que interviene la radiación solar, por lo que se deben seguir estudiando todas las posibilidades que ofrece el programa, como así también profundizar en los fenómenos físicos involucrados en las experiencias planteadas.

En todas las experiencias realizadas se observa que la temperatura del material de cambio de fase, se encuentra por encima de la de fusión al promediar las horas de radiación solar ( $\cong$  18 a 19 hs), por tanto cualquiera de estos materiales puede utilizarse para el acondicionamiento térmico previsto. En particular, cuando las bolsas fueron aisladas en su parte inferior, las temperaturas alcanzadas por la grasa, fueron sustancialmente mayores, por lo que puede decirse el material de cambio de fase constituye una buena alternativa para el acondicionamiento térmico del criadero, bastará introducirlas en el mismo, a partir de las 18 hs y volver a exponerlas a la radiación solar el día siguiente, para continuar así el ciclo de acumulación durante el día y entrega de la energía durante la noche.

## REFERENCIAS

- Boucíguez, A. y Lara, M. (2007). Acondicionamiento Térmico para Productos Agrícolas: Una Propuesta que Permite Ahorrar Energía. *Revista Ingengerare*. Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. N° 21, pág. 49-54.
- Farid, M, Khudhair A., Razack, S. y Al-Hallaj S., (2004). A Review on Phase Change Energy Storage: Materials y Applications *Energy Conversion y Management* N° 45, pp. 1597-1615.
- Hasan A. and Sayigh, A. (1996) Some Fatty Acids as Phase Change Thermal Energy Storage Materials. *Renewable Energy*, Vol. 4, N° 1, pp. 69 – 76.
- Saravia Luis y Alía Dolores (2001). Simuterm: Un simulador de sistemas solares térmicos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. ISSN 0329 5184 Vol 5, pág. 8.7 -- 8.12 <http://www.cricyt.edu.ar/lahv/asades/modulos/averma/trabajos/2001/2001-t008-a002.pdf>
- Saravia et al. (2002). Avances Introducidos en la capacidad del simulador de Sistemas Solares Térmicos Simuterm (Simusol). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. Vol 6, pág. 8.31--8.36, <http://www.cricyt.edu.ar/lahv/asades/modulos/averma/trabajos/2002/2002-t008-a006.pdf>
- Saravia D., (2010). Instalacion de software libre en Windows: Psicro, Simusol y Sceptre. Interfaz gráfica para Simusol y Sceptre basada en XUL. *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente: AVERMA*, Vol. 14, Año 2010 Sección 8, pp. 85-92.
- Vilte M. y Boucíguez, A. (2007). Estudio Experimental del Comportamiento Térmico Grasas Orgánicas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 11, pág. 3.25 – 3.31.
- Vilte M. y Boucíguez, A. (2008). Determinación Experimental y Numérica de Propiedades Térmicas de Grasas Orgánicas *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.12, pág. 3.45 – 3.52. ISSN 0329-5184.
- Vilte María y Boucíguez Angélica. (2009). Acondicionamiento de un local con una grasa orgánica. Abordaje experimental. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*, revista de la Asociación Argentina de Energía Solar). Vol. 13 Sección 3, Pag. 47-54. Impreso en la Argentina, ISSN 0329-5184.
- Vilte Maria y Boucíguez Angélica. (2010). Determinación experimental de propiedades térmicas de materiales de cambio de fase orgánicos. Trabajo Mural en la 95a Reunión Nacional de Física (AFA).
- Swern D. (1964) *Physical Properties of Fats and Fatty Acids*. Cap. 3 *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*.
- Young B. y Mills A. F..(1995). *Heat Transfer*. Versión 1.1a. Universidad de California, Los Ángeles. Copyright Richard D. Irwin Inc.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló en el marco de los Proyectos de Investigación N° 1886 y N° 2095 del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Salta, a quien se agradece su financiamiento. Los autores también agradecen al Dr. Alejandro Hernández por los registros de radiación y vientos.

## SOLAR ENERGY STORAGE USING A PHASE CHANGE MATERIAL

**ABSTRACT:** In this paper the study of a solar energy storage using an organic wax, thinking in an agricultural - livestock applications are presented. The experimental study was performed measuring the temperatures reached by sealed samples of the wax, placed in the external ambient with different conditions for several days. Ambient condition of temperature, solar radiation and wind velocity were also registered. The program SIMUSOL was used for the simulation study. The experimental and simulations results are presented; a good agreement between them is observed.

**Keywords:** solar radiation, organic wax, temperature, energy storage