

CURSO DE POSGRADO SOBRE SECADO SOLAR

Víctor Passamai y Fernando Tilca

INENCO¹ - UNSa - CIUNSa²
Buenos Aires 177, 4400 - Salta

Tel.: (087) 255 389, Fax: (087) 255 489
e-mail: passamai@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

En esta comunicación se describe detalladamente el programa y contenido de un curso de posgrado sobre secado solar, dirigido a Licenciados e Ingenieros de la región, que fue dictado en 1994 y 1995.

Se presentan sugerencias a partir de la experiencia adquirida durante el desarrollo de las dos ediciones del curso, haciéndose un llamado para su difusión, con la intención de realizar futuras repeticiones y enriquecer el mismo.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas, perteneciente a la Universidad Nacional de Salta (UNSa), atiende el dictado de la Licenciatura en Física desde el año 1984. Dado que el Instituto de Energía No Convencional (INENCO), iniciado a partir del Grupo de Energía Solar, está formado en gran parte por investigadores, profesionales y docentes del mencionado Departamento, una de las orientaciones más fuertes de la propia Licenciatura es la llamada *Especialidad Solar*. Actualmente se dicta también la carrera del Doctorado en Física, estando la mayoría de los temas de tesis que han elegido sus actuales egresados y doctorandos inscriptos vinculados con aspectos teóricos y prácticos de la Física e Ingeniería Solar.

Dentro de este ámbito, una de las sub-orientaciones que ha cobrado impulso propio es la referida al tema de secado solar. Obviamente, el interés por el mismo nació previamente en ámbitos no académicos. En las provincias del noroeste argentino se realiza el secado solar de productos vegetales sobre *canchas* o en los techos de las casas de los pueblos rurales, con las consecuentes pérdidas del rendimiento y la calidad que ello significa.

La iniciativa de organizar un curso de posgrado sobre secado solar, dirigido a Licenciados e Ingenieros de la región, tuvo su origen en el año 1993, como parte del plan de trabajo del año sabático que la Universidad le otorgó a uno de los autores de esta comunicación y que se hizo efectivo durante parte de 1994.

¹ Instituto UNSa-CONICET

² Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta

ORGANIZACIÓN DEL CURSO DE 1994

El curso de posgrado se denominó "Secado Solar" y tuvo una duración de dos meses, con 80 horas en total, que se dictaron en forma teórico-práctica.

El programa del año 1994 del curso incluyó en su primer tema un fuerte contenido histórico referido al proceso de secado en general y de aplicación de la energía solar a lo largo de milenios del desarrollo de la humanidad. Se incluyeron estudios contemporáneos que describen modelos convencionales del proceso de secado, partiendo de los realizados por Sherwood y Lewis desde 1920.

En el segundo tema se realizó el tratamiento del contenido de humedad, dividido en dos: por un lado el aire atmosférico y por otro el de sólidos y productos vegetales de interés en la zona.

A continuación se desarrollaron balances de calor y masa aplicados al cambio de estado del aire húmedo, considerando su humidificación, deshumidificación y calentamiento o enfriamiento.

La evaporación de agua bajo una corriente de aire caliente, con eventual incidencia de la radiación, se desarrolló en base al acoplamiento de la transferencia de calor y masa durante el proceso.

De esta manera, y como natural consecuencia de la introducción de resistencias internas al proceso de evaporación, se abarcó el estudio del secado de productos vegetales con los que se tiene experiencia, tales como tabaco, pimienta, productos aromáticos y otros [1,2,3,4].

La radiación solar se estudió a partir de los conceptos básicos (constante solar, radiación extraterrestre, radiación directa y difusa) y se realizaron mediciones de campo con solarímetro. Se trabajó con tablas y gráficos de datos locales, en base a publicaciones en Actas de ASADES [5].

Finalmente se realizaron consideraciones prácticas del secado con radiación, tanto en el laboratorio como en la escala de campo, apuntándose al diseño y construcción de secadores con apoyo de los modelos de laboratorio y su simulación.

Durante todo el desarrollo del curso se hizo uso intensivo de apoyo computacional, con especial énfasis en programas basados en el concepto de *planilla de cálculo*.

CAMBIOS INTRODUCIDOS EN EL CURSO DE 1995

Si bien la introducción histórica sobre el secado atrajo la atención y fue motivadora para el curso de 1994, en 1995 se decidió incluir en su lugar la *ecuación de Penman* y reforzar el estudio de colectores solares.

También cambió el orden de presentación de los temas, comenzándose en primer lugar con radiación solar, geometría tierra-sol y cálculos de radiación de interés para el secado.

A continuación se desarrolló el tema de colectores de aire comenzando por el estudio de las propiedades ópticas de las cubiertas.

Se hicieron múltiples experiencias de medición de curvas espectrales mediante un espectrorradiómetro LI-COR en el rango de longitudes de onda entre 300 y 1100 nm. Esto permitió mejorar el estudio físico y la propia percepción del comportamiento de distintas fuentes radiantes (sol, lámparas incandescentes, tubos fluorescentes y calefactores por infrarrojo).

Se resolvieron problemas de cálculo de colectores solares de aire conducentes a la determinación del coeficiente global de pérdida de calor, temperatura de salida del aire, eficiencia y área de colección.

Este enfoque permitió el manejo ingenieril de los aspectos térmicos necesarios para la obtención del aire en condiciones de uso en secadores.

En este punto se continuó con el tratamiento del contenido de humedad del aire y psicrometría, haciéndose uso de correlaciones numéricas y del programa Psicro [6] desarrollado recientemente.

Como se dijo antes, se introdujo la Ecuación de Penman [7] en el estudio de la evaporación de agua, lo que permitió mejorar la introducción del modelo de secado basado en resistencias internas a la evaporación [8].

Se efectuaron experiencias de campo con un colector de aire de plástico inflable, como el que se muestra en la Figura 1, realizándose su simulación por computadora para el caso en que se coloca un lecho de piedras como acumulador.

Finalmente se presentaron los resultados de la simulación por computadora del secado de pimientos en un túnel secador, mostrándose la utilidad práctica de la misma con el objeto de predecir el funcionamiento de equipos solares de secado, de tipo industrial, durante largos períodos de tiempo [9].

PARTICIPACIÓN DE LOS ASISTENTES AL CURSO

Durante la primera versión* del curso de Secado Solar (1994) asistieron dieciséis personas, contándose entre los mismos Ingenieros Civiles, Químicos e Industriales y un par de estudiantes avanzados de la Licenciatura en Física³.

³ La Facultad admitió su inscripción condicionada, no pudiendo rendir el examen final hasta luego de obtener el título.



Figura 1: Colector de plástico y secador sencillo.

En general el grado de participación fue parejo, evidenciándose poca preparación y predisposición para la realización de tareas experimentales, debiendo efectuarlas el responsable del curso con carácter "demostrativo".

La solicitud de asesoramiento de un constructor del medio que se encarga de la colocación de marcos ornamentales de yeso, para acortar el tiempo de secado y mejorar la producción en cantidad de dichas piezas, se puso a consideración de los participantes del curso, obteniéndose un efecto motivador que condujo a la propuesta de cambiar el diseño de las piezas para lograr el objetivo deseado.

El rendimiento académico desde el punto de vista del número de alumnos que presentaron un proyecto de diseño y dimensionamiento de secador, la carpeta de trabajos prácticos y rindieron el examen final, fue muy bajo a la fecha: un solo participante cumplió satisfactoriamente con todos estos requisitos. El mismo colaboró luego como auxiliar en la edición 1995 del curso.

Respecto de los participantes en 1995, que disminuyó en cantidad a la mitad del año anterior, hubo un cambio interesante por otra parte: la inclusión de dos Ingenieros Agrónomos, además de Químicos e Industriales. Aquellos aportaron datos e inquietudes de interés de su área, demostrando con su participación las posibilidades de acción interdisciplinaria que son necesarias realizar.

En ambas ediciones del curso hubo participación activa de profesionales de la Ingeniería Química de la vecina Universidad Nacional de Jujuy, distante 120 km de la de Salta. Los mismos asistieron gracias al apoyo de la Facultad de origen, haciéndose notar el esfuerzo que ello significó debido a las horas que fue necesario invertir, no obstante la cercanía de ambas provincias.

Si bien se difundió la emisión de cada curso con antelación a su realización, sólo hubo participación de un profesor visitante de la Universidad de Santiago del Estero (además de la de Jujuy) en la edición 1995 del mismo.

COMENTARIO BIBLIOGRÁFICO

La bibliografía empleada para la preparación del curso abarca publicaciones clásicas como los trabajos originales de Lewis y Sherwood de la década de 1920 [10,11], libros especializados como los de Keey [12], Treybal [13] y Threlked [14] de los años '70 y sus reediciones, y otras publicaciones más recientes como las de Mujumdar [15,16] y los apuntes del CYTED-D realizados por investigadores iberoamericanos [17].

También fueron consultados por los participantes, especialmente por estar redactadas en castellano, las secciones sobre secado y radiación de las *Actas de ASADES*, desde 1976 a 1993.

Obviamente los libros de *Duffie-Beckman* [18,19] y la revista *Solar Energy* estuvieron igualmente a su disposición.

CONCLUSIONES

El curso de Secado Solar ha puesto de manifiesto el interés que es posible despertar entre profesionales de las ingenierías hacia la realización de cursos de posgrado en el área de la aplicación de la energía solar.

Las dificultades particulares que impiden una participación mayor de posibles interesados de otras provincias se deben a dos factores principales: la lejanía entre los centros urbanos de la región y las dificultades de financiamiento para la estadía. Dejando de lado estos impedimentos, subsiste la falta de alguna coordinación que permita la realización de intercambios académicos, que deje a cubierto la suplencia del investigador visitante con otro de la Universidad que es visitada mientras dure el evento.

En estos momentos se está desarrollando un curso de posgrado denominado "Aplicaciones Térmicas de la Energía Solar", previéndose que el que se describe en esta comunicación se repetirá el año próximo, por lo que se hace un llamado para su difusión, estando la dirección de correo electrónico a disposición para ampliar información, especialmente en lo que se refiere a la mencionada *coordinación académica*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Passamai, V. et al.: *Función empírica para la transferencia de masa durante el secado de Tabaco Virginia*, Chem. Eng. Tech. Vol. 56, Nº 10, pp. 775-777, Alemania, 1984.
- 2.- Passamai, V.: *Resistencia global para el secado de productos vegetales*, ASADES, Vol. 11, pp. 259-263, San Luis, 1986.
- 3.- Passamai, V. et al.: *Una experiencia de transferencia de tecnología para Secado Solar*, ASADES, Vol. 13, pp. 41-46, Salta, 1988.
- 4.- Passamai, V. et al.: *Caracterización del secado de productos agrícolas con radiación*, ASADES, Vol. 16, pp. 429-436, La Plata, 1993.
- 5.- Saravia, L. et al.: *Estudio del bioclima y de la vivienda rural tradicional en el noroeste argentino*, ASADES, Vol. 7, pp. 146-153, Rosario, 1981.
- 6.- Saravia, D.: *Desarrollo de una calculadora psicrométrica*, ASADES, Vol. 15, pp. 439-446, Catamarca, 1992.
- 7.- Passamai, V. y Saravia, L.: *Formulación de un modelo de secado solar a partir de estudios de evapotranspiración*, ASADES, Vol. 17, Rosario, 1994.
- 8.- Passamai, V. y Saravia, L.: *Mejoras y validación de un modelo de secado con radiación*, ASADES, San Luis, 1995.
- 9.- Passamai, V.: *Simulación del Secado en Túnel*, ASADES, Vol. 11, pp. 251-254, San Luis, 1986.
- 10.- Lewis, W.: *The evaporation of a liquid into a gas*, Mech. Eng., 44, 445, 1922.
- 11.- Sherwood, T. K.: *The drying of solids III*. Ind. and Eng. Chem, Vol. 21, 12 y 976, 1929.
- 12.- Keey, B.: *Introduction to Industrial Drying Operations*, Pergamon, 1978.
- 13.- Treybal, R.: *Operaciones de transferencia de masa*, McGraw-Hill, 1980.
- 14.- Threlkeld, J. L.: *Ingeniería del ámbito térmico*, Prentice/Hall, 1973.
- 15.- Mujumdar, A.: *Handbook of industrial drying*, Dekker, 1987.
- 16.- Mujumdar, A.: *Drying Technology*, Dekker, Vol. 10, 1992.
- 17.- Corvalán, R., Horn, M., Román, R. y Saravia, L.: *Ingeniería del Secado Solar*, CYTED-D, Programa de Ciencia y Tecnología para el desarrollo, V Centenario, 1992.
- 18.- Duffie, J. y Beckman, W.: *Solar energy thermal processes*, Wiley, 1974.
- 19.- Duffie, J. y Beckman, W.: *Solar engineering of thermal processes*, Wiley, 1991.