

AHORRO ENERGETICO EN ESTUFAS DE CURADO DE TABACO DEL TIPO BULK-CURING MEJORADAS

Miguel Condori¹, Federico Albesa², Carlos Martínez

Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional, Universidad Nacional de Salta,
CONICET, Av. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta, Argentina
Tel. 0387-4255424 – Fax 0387-4255489, e-mail: miguel.angel.condori@gmail.com

Recibido 08/08/18, aceptado 12/09/18

RESUMEN: El objetivo del trabajo es producir ahorro energético en el proceso de curado de tabaco a partir de una propuesta de reconversión de las estufas existentes en la provincia de Salta. Se presentan los resultados obtenidos de la construcción y ensayo de una estufa de curado de tabaco del tipo bulk-curing, mejorada con la inclusión de precalentamiento de aire con energía solar y mejoras estructurales y de aislamiento térmico. Se pudo registrar durante varios estufados el consumo de gas natural. Comparada contra una estufa testigo de similar construcción el ahorro energético que produce la estufa mejorada es del 30% y una reducción en el tiempo del curado del 20%. Respecto de una estufa convencional con insuficiente aislamiento térmico y cuyo consumo es de 0,59 m³/kg el ahorro energético es del 55%. Respecto a una estufa convencional sin recuperación de calor cuyo consumo es de 0,915 m³/kg, el ahorro energético es del 70%.

Palabras Clave: energía solar, ahorro energético, estufas de tabaco, tabaco Virginia

INTRODUCCION

En el marco del paradigma del desarrollo sostenible resulta vital la incorporación de fuentes energéticas renovables en la matriz productiva regional. En el documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (RIO+20) se enfatizó la necesidad de aumentar la participación de fuentes de energía renovable en la matriz energética junto con la adopción de medidas de planificación regional. Este hecho constituye una oportunidad notable para las regiones que poseen potencial para el aprovechamiento de fuentes energéticas renovables, como es el caso de la energía solar en la provincia de Salta (Salim y Rafiq, 2012).

En la provincia de Salta, específicamente en el Valle de Lerma, la agricultura es la actividad económica de mayor envergadura; destacándose la producción tabacalera por la trascendencia socioeconómica al brindar trabajo directo e indirecto a más de 130.000 personas (Nobleza Piccardo, 2005). La producción anual ronda las 40.000 T de tabaco Virginia curado, casi el 50% de la producción nacional. Existe en la provincia un amplio parque de estufas de curado (6.000 de acuerdo a datos de la Cooperativa de Productores Tabacaleros de la Provincia de Salta y aproximadamente 15.000 para toda la región NOA), de las cuales el 85% se encuentran abastecidas por gas natural, mientras que el 15% restante es abastecido por leña. El mencionado nivel de producción provincial, consume aproximadamente 4x10⁷ m³/año de gas natural (Rodríguez Faraldo y Zilocchi, 2012). Este consumo produce una Huella de Carbono directa de aproximadamente 1x10⁵ tCO₂e (Dib Ashur, 2013).

Si bien el secado de productos agrícolas es uno de los campos en los que más se ha avanzado con respecto al aprovechamiento de la energía solar, existen pocos antecedentes de sus aplicaciones en el proceso de curado de tabaco. Los requerimientos técnicos de humedad y temperatura en valores

¹ Investigador Independiente CONICET

² Técnico Asistente CONICET

adecuados y continuos, así como la influencia del curado sobre la calidad final del producto, son algunos de los desafíos que deben sortearse. En el contexto de la problemática energética y el impacto ambiental, adquiere vital importancia la disminución del consumo de energía de fuentes convencionales mediante el mejoramiento de la eficiencia energética de los dispositivos industriales actuales, sobre esto existen tanto antecedentes locales como internacionales (Siddiqui, 2001). Una de las experiencias más antiguas con curado de tabaco Virginia empleando energía solar es reportada por Huang y Bowers (Huang y Bowers, 1986). Ellos emplearon un secadero de tipo invernadero con asistencia solar térmica, que también podía utilizarse para la germinación y crecimiento de plantines. Desarrollaron dos tipos de estufas híbridas, donde la fuente convencional de energía era gas licuado (LPG). En el primer caso se trató de un secadero invernadero con paredes y techo colectores. Las mismas fueron revestidas con placas de fibra de vidrio transparente, ubicadas por encima de placas absorbedoras negras de plástico. El segundo modelo, se refiere a una estufa invernadero de tipo cascarón (shell). La estructura estaba totalmente conformada por colectores solares, construida con placas de fibra de vidrio transparente. Incluía también un sistema acumulador de piedras. Los resultados demostraron para el primer modelo ahorros del 15-20% en el consumo de gas, mientras que para el segundo caso el ahorro ascendió al 40%.

Pope diseñó en 2008 un prototipo de estufa híbrida. Este prototipo contaba con una estructura metálica y una serie de placas de policarbonato corrugado para formar el sistema de colectores que recubrían a la misma. Con una capacidad para curar 12 T de tabaco verde, se empleó un ventilador de 3 HP para eliminar aire caliente de los colectores durante la etapa de amarillamiento, que luego se sumaba al ventilador principal de 10 HP en el resto del proceso de secado. El consumo de gas propano de esta estufa se comparó contra una estufa convencional de idénticas características y antigüedad. Ambas estufas fueron cargadas el mismo día, con la misma variedad de tabaco cosechado bajo las mismas condiciones. El prototipo mostró un consumo promedio 32% menor que el secadero convencional, reduciendo además el tiempo de curado en 16 h (Pope, 2008).

A nivel local el INENCO desarrolló, construyó y evaluó, durante los años 1977- 1980, un sistema de curado de tabaco con energía solar. Este consistía de una batería de colectores solares y acumuladores de calor con piedra. Durante el ensayo a escala de prototipo, los resultados promedios de 4 ciclos de curado mostraron ahorros energéticos del 70% en condiciones de buenas radiación y del 28% en días nublados. Posteriormente, se efectuó la construcción del sistema a escala real, con una superficie colectora de 900 m² para un grupo de tres estufas, con acumulador de piedra de 180 m³. Los ensayos arrojaron buenos resultados. Sin embargo, el banco de colectores con superficies superiores a los 300 m² por estufa representó una fuerte limitante para su transferencia (Saravia et. al, 1978; 1979).

Actualmente, debido al reajuste tarifario del servicio de provisión de gas natural, con incrementos del 116 % respecto del año pasado, el sector tabacalero viene sufriendo pérdida de competitividad. Por esta razón, este sector ha recobrado el interés para incorporar fuentes alternativas de energía al proceso de curado del tabaco y medidas que tiendan al ahorro energético. En este trabajo se presentan los aspectos constructivos y el ensayo de un prototipo mejorado de estufa de curado de tabaco de tipo bulk-curing, tendiente a la sustitución parcial de la energía que utilizan las estufas convencionales, mediante mejoras que permiten el ahorro energético y el uso de la Energía Solar.

LAS ESTUFAS CONVENCIONALES

El tabaco Virginia requiere de un proceso de curado en estufa que obliga a una inversión inicial alta. En la región, la mayoría de las estufas corresponden al modelo bulk-curing, con estructuras metálicas alargadas del orden de los 12 m. La falta de mantenimiento y las precarias condiciones de aislación térmica provocan que las estufas presenten una gran deficiencia energética. Estudios realizados en la región muestran que solo un 30% de la energía suministrada (gas natural y electricidad) es efectivamente empleada en el secado de las hojas (Altobelli *et al.*, 2011). Las mayores pérdidas de calor se producen a través del suelo desnudo, el perímetro basal de mampostería, los numerosos puentes térmicos de la estructura interior de la cámara, las bisagras y en el flujos de aire caliente que se pierde a través del picaporte y por debajo de las compuertas (Altobelli, *et al.*, 2010).

Las estufas bulk-curing son construcciones de chapa metálica de 12 m de largo. Existen modelos de dos o tres secciones (túneles), por lo general, con tres niveles de carga de bastidores (perchas), donde se cargan aproximadamente 10 T de tabaco fresco que rinden unos 1800 kg de tabaco curado. Las perchas se cargan de forma uniforme, tanto en densidad como en peso (45-50kg de tabaco verde), y se colocan en la estufa bien juntas una al lado de la otra. Esto es necesario para cerrar los espacios libres y hacer que el aire circule a través de las hojas de tabaco. Las perchas constan de una barra metálica de sección en “U” encima de la cual se coloca la hoja y otra con “pinches” que encaja en la sección anterior. En la parte posterior de la estufa se encuentra la unidad de calor, el que es suministrado por un quemador alimentado a leña o gas. El aire caliente circula forzado por un ventilador eléctrico de 5,5 HP. El calor generado por el quemador, calienta un intercambiador de calor por el exterior del cual circula el aire adquiriendo la temperatura adecuada. Luego ingresa a la estufa por la parte inferior y pasa por entre las hojas de tabaco colocadas en los bastidores. Este aire se hace recircular hacia la unidad de calor o es expulsado al exterior, dependiendo de la etapa en que se encuentra el proceso de curado.

El proceso de curado en estufa comprende de cuatro etapas, de acuerdo a los cambios que se llevan a cabo y las exigencias de temperatura y humedad que requieren en cada una de ellas. Estas etapas son: amarillamiento, fijado de color, secado de lámina y secado de nervadura.

Amarillamiento.

Se inicia con una temperatura en el interior de la estufa de 38°C, que conserva hasta que las hojas alcanzan el color amarillo. El tiempo en que esto sucede varía de 30 a 72 horas. La humedad relativa debe mantenerse en valores superiores al 80%. El tabaco es sometido a una condición de saturación con el objeto de que abra sus poros, quedando la estufa sin renovación de aire, para lo cual se cierran las ventanas de la unidad de calor, produciendo recirculación de aire húmedo.

Fijación de color.

La temperatura se eleva gradualmente hasta alcanzar 43 °C. La humedad relativa se mantiene en torno al 50-65%. La pérdida de peso desde el inicio alcanza un 34%. La tonalidad final del tabaco depende de la velocidad de evaporación, el brindar el tiempo necesario ayuda a mantener la calidad del tabaco.

Secado de lámina: La temperatura se eleva hasta alcanzar los 54-56 °C, y se mantiene esta condición hasta que la mitad de la superficie se encuentre seca. A partir de ese punto, la temperatura se eleva hasta los 58-60 °C y se la conserva hasta que se ha secado toda la lámina. Por lo general requiere un período entre 36-48 horas. Para evitar el escaldado del tabaco, la humedad relativa se la debe mantener en un valor superior al 40%.

Secado de nervadura.

Se incrementa la temperatura hasta llegar a los 69-71 °C, y se la mantiene hasta que las nervaduras llegan a quebrarse frente a la fuerza manual. La humedad relativa al finalizar debe ser próxima al 10%. Esta última etapa puede tener una duración de hasta 60 horas. Previo a la descarga de la estufa se deja enfriar el recinto y se humidifica mediante pulverizadores de bajo caudal, con el fin de evitar pérdidas del material por quebraduras durante la manipulación.

La temperatura de la estufa se regula mediante el control de la entrega de calor producido por combustión, mientras que la humedad se regula con la ventilación (apertura y cierre de ventanillas). Durante su curado, las hojas de tabaco pierden aproximadamente el 85% de su peso. Esto implica un fuerte consumo energético al que también están asociadas pérdidas térmicas. Ulivarri, 1990, reporta que las mayores pérdidas de calor de las estufas se producen por el techo, cuando éste es de zinc (20%) y por la chimenea (con los humos provenientes de la combustión), que alcanzan al 22.6%. En la actualidad la mayoría de estufas cuenta con aislación térmica con lana de vidrio, y en algunos casos las chimeneas del quemador atraviesan el interior de las estufas por su parte superior para salir por encima de las puertas. Asimismo, el motor eléctrico de 5,5 HP, que mueve el aire, posee un tiempo de funcionamiento que ronda las 200 horas por cada estufada.

La mayoría de estufas poseen fisuras que permiten la pérdida de calor. Las pérdidas ocurren principalmente en la parte basal de las paredes de las estufas, debido al material de cual están

constituidas (mampostería) y la carencia de aislación térmica en esa zona. Otra fuente importante de pérdida de calor se produce directamente en el suelo, el cual se encuentra totalmente desnudo y generalmente húmedo, constituyéndose en otra masa para el proceso de secado, elevando el consumo de combustible (Altobelli *et al.*, 2011).

LA ESTUFA MEJORADA:

Estufa testigo.

La estufa convencional que se utilizó de testigo es de dos túneles (180 perchas), con un ancho exterior de 3.12 m, 12 m de largo y una altura aproximada de 3.47 m en la cumbre. La estructura está conformada por caños estructurales metálicos de 40 mm por 20 mm, se utiliza en paredes, techo y compuertas, se encuentran revestidos en el interior y el exterior con chapas galvanizada acanalada, con aislación de 0,05 m de fibra de vidrio entre ellas. Tanto las puertas como las ventanas carecen de burletes de goma que impidan la pérdida de flujo de aire caliente. El piso, se encuentra desnudo, sin ningún tipo de terminación ni aislación térmica, y tiene una pendiente del orden del 1% hacia la parte posterior de la estufa. La parte basal de las paredes perimetrales y puerta se halla construida con mampostería (construcción de ladrillos y cemento) de una altura de 0.5 m.

El abastecimiento energético lo proporciona un quemador de gas natural (AUTO-QUEM, modelo LXH-1008), controlado por un termostato digital con sonda termopar al centro de la estufa de curado. El quemador entrega una potencia de 80.000 Kcal/h y trabaja a una presión de 1600 kg/m². El mismo se encuentra conectado a un intercambiador de calor indirecto del tipo gas-aire, de acero inoxidable, que evita el ingreso a la cámara los gases provenientes del proceso de combustión, impidiendo así la formación de nitrosaminas específicas del tabaco (TSNA).

Estufa Mejorada.

Las mejoras introducidas respecto a la estufa convencional fueron cinco:

- a) se convierte el techo de la estufa en un pre-calentador solar de aire, para lo cual se pinta el techo de negro mate y se coloca una estructura recubierta por policarbonato alveolar de 6 mm de espesor, conformando un ducto que se conecta con la unidad de calor a nivel del techo para introducir aire precalentado a la unidad. El aire se calienta de tres formas: por las pérdidas de calor de la estufa por el techo, por la recuperación de calor de combustión que escapa por las chimeneas, para lo cual se prolongan por el exterior de la estufa, y por ganancia de radiación solar global que absorben las chapas pintadas de negro de techo durante el día.
- b) se modifica la unidad de calor incorporando un intercambiador de calor del tipo banco de tubos cruzados de 3 filas por 10 tubos de 5 cm de diámetro cada uno, y se cambia la toma de aire para permitir ingreso del aire precalentado desde el techo de la estufa; esta modificación, permite descargar mayor cantidad de la energía de combustión en el aire de la unidad de calor, disminuyendo las pérdidas térmicas por chimenea. También a la unidad ingresa aire precalentado del techo lo que reduce el consumo del quemador de gas.
- c) se incorpora calefacción térmica auxiliar al interior de la estufa mediante un sistema de losa radiante alimentada con un colector solar y acumulador de agua; Consta de un sistema de losa radiante convencional de dos circuitos de tubos termo fusión conectado a un sistema un colector solar Split de 30 tubos, un tanque de 300 L aislados térmicamente y un sistema inteligente de control que comanda la bomba y dos válvulas solenoides para circular el flujo de agua solo cuando puede incorporar energía a la estufa. Se ha desarrollado la lógica de funcionamiento.
- d) se realiza recuperación de calor de las salidas de humo del quemador de gas, que se utiliza para precalentar el aire que ingresa a la unidad de calor de la estufa; para lo cual se coloca una caja de distribución aislada térmicamente que tiene como entrada dos caños de 4 pulgadas, habituales en las estufas convencionales, y salida de cuatro caños redondos de 3 pulgadas, colocados sobre el techo y por el interior y a lo largo del colector solar, descargando el humo de combustión por cuatro sombreretes a la altura de la unidad de calor.
- e) se incorpora aislación térmica en suelo, paredes perimetrales para evitar puentes térmicos y filtraciones de aire en la estructura. Por debajo del suelo de la losa radiante se colocó placas de poliestireno expandido de 3 cm de espesor de alta densidad, las paredes perimetrales se aislaron con placas de goma espuma ignifugo protegida por encima con placas de chapa lisa. Se evitan los

puentes térmicos del contacto entre la estructura y la chapas externas mediante aislante térmico de poliuretano y se coloca entre la estructura las chaspas internas y externas lana de vidrio de 1 ½ pulgadas con cara de papel aluminio hacia el interior.

En las Figuras del 1 al 4 se muestran distintas etapas constructivas de la estufa mejorada. La estufa testigo también aparece en las fotos.



Figura 1: Etapa constructiva de la estufa mejorada. En la parte alta el sistema de recuperación de calor del quemado de gas



Figura 2: Vista lateral y posterior de la estufa mejorada. A la derecha la unidad de calor que toma aire precalentado del techo.



Figura3: Etapa constructiva del interior. Se observa el piso de cemento con losa radiante por abajo y el aislamiento en las paredes perimetrales.



Figura 4: Sistema de colector solar en el techo de la estufa mejorada. Cubre el sistema de recuperación de calor.

RESULTADOS

Sistema de Medición.

Durante los ensayos se midieron los parámetros de consumo de gas, temperaturas del interior de la cámara, humedad relativa y peso de una muestra de tabaco. En las estufas bajo análisis se instalaron

medidores de gas certificados, que fueron acoplados a los caños de conducción de cada una de las estufas ensayadas para poder contar con registros de volumen de gas consumido individualmente, por estufada y a lo largo de los ensayos. Durante estos ensayos no se pudo poner en funcionamiento el suministro de calor solar mediante losa radiante por lo que se espera todavía mejorar la performance de la estufa prototipo durante los ensayos de la próxima campaña de estufado.

Se construyó una unidad de procesamiento lógico con una tarjeta micro controlador Arduino UNO y una tarjeta computadora Raspberry Pi. La temperatura y la humedad relativa fueron medidas con sensores digitales DHT 22, el peso de una muestra de hojas fue medida con una celda de carga con galgas extensiométricas.

Se logró ensayar el prototipo mejorado junto con la estufa testigo durante una sola estufada, coincidiendo con el fin de la campaña a fines de abril, contrastando su funcionamiento contra la estufa convencional en forma simultánea. Para comparar los consumos de Gas Natural de las dos estufas bulk-curing, se utilizan dos medidores de Gas Itrón idénticos con las siguientes características: Caudal máximo: 10 m³/h, Caudal mínimo: 0,06 m³/h, Presión máxima: 0,5 bar.

La estufa convencional se midió con el medidor etiquetado con el N° 4142074. Se carga el día 19 de abril; después de un día (el día 20 de abril) la estufa registró un consumo de 81 m³ de gas. Al finalizar el proceso de curado luego de 8 días, el contador registró un total de 710 m³ consumidos. La estufa mejorada se midió con el medidor etiquetado con el N° 4142077. Se cargó el día 21 de abril; después de un día la estufa registró un consumo de 48 m³ de gas. Casi al finalizar el proceso de curado luego de 6,5 días el contador registraba un total de 492 m³ consumidos. Los resultados obtenidos son muy promisorios ya que las medidas de consumo de gas representan un ahorro energético del orden del 30% y la disminución del tiempo de estufado en un día y medio. Se destaca que el primer día se evidenció un ahorro del 40% aproximadamente en el consumo, ambas estufas trabajaron en condiciones muy similares de temperatura ambiente y carga, con el termostato fijado en 34°C.

Tabla1: Consumo de gas comparativo entre la estufa testigo y la estufa mejorada.

	Estufa Convencional	Estufa Mejorada
N° de medidor	4142074.	4142077
Lapso aproximado del proceso	8 días	6,5 días
Gas Consumido el primer día (m ³)	81	48
Gas consumido al finalizar (m ³)	709	492

En la Tabla 2 se muestra un estudio comparativo contra la experiencia de Eckhardt (2002) donde se ha documentado por etapa de curado el consumo de una estufa bulk-curing que no tiene recuperación de calor del humo de combustión, como si lo tienen las más nuevas. El consumo es 0,91 m³/kg de tabaco curado, coincidente con la bibliografía que lo estima en 1 m³. En el caso de la estufa mejorada, utilizando las tasas de consumos de los ensayos, el consumo sería 0,26 m³/kg, lo que representa un ahorro energético del 70%.

También se compara contra los datos medidos por Altobelli (Altobelli *et al.*, 2013) con otra estufa convencional de construcción más nueva con recuperación de calor, donde se registró un consumo promedio de 0,59 m³/kg. En esa oportunidad se había realizado una pequeña mejora de la estufa al colocar aislamiento térmico en el suelo con bandejas de poliuretano expandido del tipo que se utilizan con almácigos y por encima una capa de cemento. Se había obtenido una mejora energética del 9% respecto a las estufas con suelo desnudo. El ahorro energético que produce la estufa mejorada respecto a esta estufa convencional es del 56%. En general, estos resultados son muy promisorios y más teniendo en cuenta que no se pudo ensayar el sistema de losa radiante, por lo que se espera mejorar el ahorro energético en los ensayos de la próxima campaña de estufado.

Tabla 2: Cuadro comparativo entre el consumo de la estufa mejorada

Etapa	Horas Etapa	Consumo Eckhardt (m3)	m³/h Mejorada	Consumo Mejorada	Ahorro
Amarrillamiento	45:30	111,09	1,14	52,16	53%
Fijación de color	5:30	17,41	1,34	7,40	57%
Secado de lámina	89:00	1266,30	3,32	295,60	76%
Secado de nervadura	24:00	246,1	4,91	117,91	52%
Total Consumo real	164	1640,90	2,88	473,08	

CONCLUSIONES

Se realizó la construcción de la estufa mejorada incorporando ganancia con radiación solar y mejorando la aislación térmica. El sistema permite mejorar la eficiencia térmica de la estufa de curado de tabaco tipo Bulk-Curing, disminuyendo el consumo de gas natural y reduciendo el tiempo de curado de tabaco Virginia, respecto de las estufas convencionales. Comparada contra una estufa testigo de similar construcción el ahorro energético que produce la estufa mejorada es del 30% y una reducción del tiempo del curado del 20%. Respecto de una estufa convencional de otro tipo de construcción con insuficiente aislamiento térmico y cuyo consumo es de 0,59 m³/kg el ahorro energético potencial es del 55%, y respecto a una estufa convencional sin recuperación de calor cuyo consumo es de 0,915 m³/kg, la mejora es del 70%

Las mejoras estructurales que se introdujeron son cinco: 1) se convierte el techo de la estufa en un precalentador solar de aire; 2) se mejora la transferencia térmica al aire en la unidad de calor incorporando un intercambiador del tipo banco de tubos y cambiando las tomas de aire para permitir ingreso de aire precalentado desde el techo de la estufa; 3) se incorpora calefacción térmica auxiliar al interior de la estufa mediante un sistema de losa radiante alimentada con un calentador solar de tubos y acumulador de agua, accionado en forma inteligente; 4) se realiza la recuperación de calor de las cañerías de salida de humo del quemador de gas, para precalentar el aire que ingresa a la unidad de calor de la estufa; 5) se incorpora aislación térmica en suelo, paredes perimetrales, se evitan puentes térmicos y filtraciones de aire en la estructura mediante mejora en la aislación térmica

El impacto en el sector industrial se vislumbra a través de un incremento en la calidad del producto final, la minimización del tiempo de curado y el consiguiente aumento del número de estufadas durante la campaña. También tendrá impacto en el ahorro energético con la consecuente disminución del gas consumido. Dada la crisis energética nacional, acciones en este sentido son muy importantes. Todo esto conlleva a la disminución de los costos de producción y a la mejora del precio de comercialización, brindando competitividad al sector.

REFERENCIAS

- Altobelli F., Condorí M., Diaz Russo G., Durán G. (2010). Estudio del desempeño energético de una estufa de secado de tabaco. Salta, Argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 14, 07.41-07.48.
- Altobelli F., Condorí M., Durán G., Díaz Russo G. (2011). Determinación de pérdidas térmicas estructurales en estufas de tabaco tipo bulck-curing en la provincia de Salta. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 15, 07.47-07.53.

- Altobelli F., Vicente P., Díaz Russo G., Condorí M. (2013). Evaluación de sistemas de ahorro energético en estufas de curado de tabaco tipo bulk curing. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 17, pp.07.37-07.44.
- Dib Ashur H. (2013). Estimación y aplicación de huella de carbono en la producción tabacalera del Valle de Lerma, Salta. Tesina de grado, Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales.
- Eckhardt M. (2002). Las empresas transnacionales tabacaleras: Recuperación de una pasantía de pregrado universitario en una empresa en la provincia de Salta. Seminario de integración. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- Huang B. K., Bowers J. (1986). Development of greenhouse solar systems for bulk tobacco curing and plant production. *Energy in Agriculture*, 5, 267-284.
- Nobleza Piccardo S.A.I.C. y F. (2005). La importancia del tabaco para la Argentina y sus regiones. Salta Capital.
- Pope R. H. (2008). Demonstrator initiative for solar-assisted hybrid-energy source bulk tobacco curing barn. Tarboro NC: Eastern Carolina Manufacturing Company LLC.
- Rodríguez Faraldo M. A. y Zilocchi H. O. (2012). Historia del cultivo de tabaco en Salta. Salta Capital: Ministerio de agricultura ganadería y pesca.
- Salim Ruhul A. y Rafiq S. (2012). Why do some emerging economies proactively accelerate the adoption of renewable energy? *Energy economics* 34 (4): 1051 - 1057.
- Siddiqui K. M. (2001). Analysis of a Malakisi barn used for tobacco curing in East and Southern Africa. *Energy Conversion and Management*, 42(4), 483-490.
- Saravia L., Alanis E., Frigerio E., Castagnolo J., Fabris A. (1978). Secado solar del tabaco. Resultados experimentales. Actas de la 4° Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar. La Plata, Buenos Aires.
- Saravia L., Frigerio E., Perez J., De Paul I., Gay M., Fernandez de Ulivarri D. (1979). Proyecto y ensayo de componentes de un secadero solar de tabaco Virginia. Actas de la 5° Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar. Córdoba.
- Ulivarri D. F. (1990). El cultivo de los tabacos claros. Manual 1. Salta, Argentina.: Centro Regional Salta-Jujuy. Estación experimental Salta. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

ABSTRACT

The results obtained with the construction and test with a tobacco curing stove of the bulk-curing type are presented; it is improved with the inclusion of preheating air with solar energy, structural improves and thermal insulation. During several cured process was possible to record the consumption of natural gas. Compared with a witness stove of similar structure, the improved stove produces an energy saving of 30% and a diminution in the curing time of 20%. Regarding a conventional stove with insufficient thermal insulation and whose consumption is 0.59 m³/kg, the energy saving is 55%. Regarding a conventional stove without heat recovery whose consumption is 0.915 m³/kg, the energy saving is 70%.

Keywords: solar energy, energy save, tobacco stove, Virginia tobacco