

ANÁLISIS EXERGÉTICO EN COLECTORES SOLARES INTEGRADO A UN PROCESO DE SECADO

Álvaro Garay Hernandez¹, ajghdez@gmail.com

Álvaro José Villadiego Osorio¹, villadiegoalvaro@hotmail.com

Rafael David Gómez Vasquez², rafael.gomezv@upb.edu.co

¹Estudiante Facultad Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

²Docente Facultad Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

1. INTRODUCCIÓN.

Se realizará un análisis de segunda ley de la termodinámica en un colector solar integrado a un proceso de secado. Este análisis permitirá establecer las ineficiencias generadas del proceso en términos de las irreversibilidades. Estos balances exergéticos se realizarán a partir de datos experimentales y permitirán identificar escenarios de optimización para incrementar la efectividad de la transferencia de calor en rangos de temperatura finitas, relaciones de flujos de aire para el secado relacionadas con la materia prima a utilizar.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

Durante los últimos años, el aumento de sistemas de colectores solares ha sido significativo, sus diversos usos han permitido a la industria en general obtener beneficios de este sistema. Es necesario estudiar el sistema, debido a que en cada sistema se presentan irreversibilidades, que vienen dadas por diversos factores. El departamento de Córdoba, el cual recibe anualmente de 5 a 5,5 Kwh/m² por cada día (IDEAM), esto es una buena fuente de radiación solar, pero no toda la fuente es aprovechada como fuente de energía térmica. Sumado a esto el sistema de colectores solares, tiene un alto costo, lo que impide el acceso a pequeños productores.

Otro factor a tener en cuenta en el análisis de este sistema, es la nubosidad, la cual en época de invierno da lugar a la radiación intermitente.

3. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un análisis exergético en colectores solares integrado a un proceso de secado con el fin de realizar una optimización multiparamétrica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis del potencial de aprovechamiento de energía solar
- Desarrollar un modelo termo-fluido para el aprovechamiento de energía térmica en colectores solares
- Desarrollar un modelo termodinámico para el secado
- Validar la modelación en contraste con pruebas experimentales en un colector de placa planas

4. REFERENTE TEÓRICO

El sol emite radiación en todas las longitudes de onda del espectro electromagnético; esta radiación llega a la tierra por medio de fotones, cuando estos impactan con la superficie del colector solar son absorbidos por la superficie plana superior del colector, transformando el calor absorbido en energía térmica, el calor se transfiere al fluido (generalmente aire, agua o aceite) dentro del colector y puede ser almacenada en tanques. El almacenamiento permite distintos usos, por ejemplo la calefacción, procesos de secado entre otros.

La energía que puede ser aprovechada por este sistema de absorción solar, se calcula mediante la exergía, que es la cantidad máxima posible aprovechada de un sistema bajo diferentes parámetros, como lo son el estado al que se encuentra el sistema y ambiente especificados. Por lo tanto se hace necesario realizar un análisis exergético, y este análisis se lleva a cabo teniendo en cuenta las irreversibilidades en el sistema, que representa el trabajo que se pierde en el sistema también conocida como exergía destruida. El trabajo realizado durante un proceso depende del estado inicial, del estado final y de la trayectoria del proceso.

Un análisis exergético permite identificar los componentes o equipos del sistema con las mayores ineficiencias termodinámicas, localizarlos, cuantificar las ineficiencias y saber las fuentes y procesos que las causan. Esta información, que no puede obtenerse con otro tipo de análisis energético, es útil para mejorar la eficiencia global de un sistema, o para comparar varios sistemas.

En la industria se encuentran muchos procesos de secados para los productos agrícolas en especial granos, el secado es un proceso en el que se intercambian calor y masa esto implica la transferencia de un líquido procedente de un sólido húmedo a una fase gaseosa no saturada, para ello el material húmedo se expone a una corriente de aire con determinadas condiciones de temperatura, humedad y velocidad. Cuanto más seco y más caliente esté el aire, mayor será la velocidad de secado. Los colectores solares son de mucha importancia para el proceso de secado debido a sus bajos costos y a la efectividad que proporciona en el proceso de secado. La radiación solar es captada por un colector por donde circula cierta cantidad de aire (realiza efecto invernadero: deja entrar energía, pero no que salga), este flujo de aire se calienta e ingresa a la cámara secado en donde se encuentra el producto a ser secado. El aire caliente pasa el producto eliminando el contenido de humedad de la cámara

Formulas:

$$\dot{Q}^* = \dot{q}^* A_a \quad (Ec 1)$$

\dot{Q}^* ; Energía de flujo de calor.

A_a ; Área del colector solar.

\dot{q} ; Densidad del flujo de energía o irradiación.

La entrada de exergía proveniente de la radiación solar sobre la superficie del colector es aproximada por:

$$\dot{E}_{in} = \dot{Q}^* \left(1 - \frac{T_o}{T^*} \right) \quad (Ec 2)$$

T^* ; Temperatura aparente del sol, como fuente de exergía. (5770 K)

La exergía destruida debido a la irreversibilidad por transferencia de calor:

$$transfer = \dot{Q}^* T_o \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T^*} \right) \quad (Ec 3)$$

Exergía disponible a la salida del colector

$$\dot{E}_{out} = \dot{Q} \left(1 - \frac{T_o}{T_r} \right) \quad (Ec 4)$$

Exergía destruida debido a las pérdidas de calor.

$$collector - am = (\dot{Q}^* - \dot{Q}) \left(1 - \frac{T_o}{T_r} \right) \quad (Ec 5)$$

Flujo de pérdidas de calor: colector - ambiente.

$$\dot{Q}_o = \dot{Q}^* - \dot{Q} \quad (Ec 6)$$

\dot{Q}_o ; es proporcional a la diferencia de temperatura receptor – ambiente $T_r - T_o$.

$$\dot{Q}_o = U_L A_r (T_r - T_o) \quad (Ec 7)$$

Donde U_L es un coeficiente global de transferencia de calor entre el receptor y el medio ambiente.

Flujo de generación de entropía.

$$\dot{S}_{gen} = \frac{\dot{Q}_o}{T_o} + \frac{\dot{Q}}{T_r} - \frac{\dot{Q}^*}{T^*} \quad (Ec 8)$$

Reescribiendo la Ec 8, usando la ecuación Ec 6.

$$\dot{S}_{gen} = \frac{1}{T_o} \left[\dot{Q}^* \left(1 - \frac{T_o}{T^*} \right) - \dot{Q} \left(1 - \frac{T_o}{T_r} \right) \right] \quad (Ec9)$$

Usando las ecuaciones 2, y 4 la Ec9) puede ser escrita como:

$$\dot{S}_{gen} = \frac{1}{T_o} (E_{in} - E_{out})$$

Exergía solar absorbida

$$E_{x_{s,A}} = \dot{Q}_{Ab} \left(1 - \frac{T_a}{T_s} \right)$$

Donde:

T_a ; Temperatura ambiente

T_s ; Temperatura superficial del sol (5770 k)

\dot{Q}_{Ab} ; La radiación solar absorbida por el colector.

$$\dot{Q}_{Ab} = (\lambda\alpha)\dot{Q}_s$$

(SM, 1981)

$(\lambda\alpha)$; Es el producto de la absorbanza - transmitancia del ensamble del absorbedor de la cubierta.

$$\dot{E}_{x_{s,Ab}} = \dot{Q}_{Ab} \left(1 - \frac{4T_a}{3T_s} \right)$$

(DC., Introduction to thermodynamics., 1964)

$$\dot{E}_{x_{s,Ab}} = \dot{Q}_{Ab} \left(1 - \frac{4T_a}{3T_s} + \frac{1T_a^4}{3T_s^4} \right)$$

(R., 1964)

5. METODOLOGÍA.

Para realizar un análisis del potencial de aprovechamiento de energía solar, se empleara un piranómetro conectado a una tarjeta de adquisición de datos, la información será procesada estadísticamente, para obtener un modelo predictivo

de la radiación solar, en términos de la variación temporal. El desarrollo del modelo termo-fluido y termodinámico para el secado se realizara mediante balances de masas y energías usando el software EES para medir el aprovechamiento de energía térmica en colectores solares.

Mediante la realización de lecturas de temperaturas, flujo y radiación se validara la modelación mediante el ajuste de regresiones experimentales obtenidas.

6. RESULTADOS ESPERADOS

Se espera obtener una caracterización del proceso mediante un modelo estocástico que permita optimizar las condiciones operativas para el máximo aprovechamiento de la radiación solar integrada a un proceso de secado.

Cuantificar las pérdidas y posibles escenarios de optimización.

Determinar los tiempos mínimos de secado para la materia prima estudiada relacionando niveles de radiación in situ.

7 BIBLIOGRAFIA

DC., S. (1964). Introduction to thermodynamics. London. *Academic Press*.

DC., S. (1964). Introduction to thermodynamics. *Academic Press* .

Jeter. (s.f.).

R., P. (1964). Exergy of heat radiation. . *ASME J Heat Transf* , 187-192.

SM, J. (1981). Maximum conversion efficiency for the utilization of direct solar. *Sol Energy* 26, 231-236.