



Title: Sistema de refrigeración para unidad móvil de almacenamiento de tracto camión utilizando calor residual de los gases de combustión del motor

Author: Edgar Enrique, MORALES-ORTEGA

Editorial label ECORFAN: 607-8534
BCIERMMI Control Number: 2018-03
BCIERMMI Classification (2018): 251018-0301

Pages: 10
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 | 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

| | | |
|---------|-------------|---------------------|
| Mexico | Colombia | Guatemala |
| Bolivia | Cameroon | Democratic Republic |
| Spain | El Salvador | of Congo |
| Ecuador | Taiwan | Nicaragua |
| Peru | Paraguay | |

Resumen

- Los sistemas de refrigeración por absorción son considerados como una alternativa ecológica para la refrigeración de productos perecederos y el acondicionamiento de edificaciones, al sustituir un componente de compresión mecánica por uno de compresión térmica.
- En este trabajo se presenta el diseño, modelado matemático y análisis energético de un sistema de refrigeración por absorción acoplado a una cámara refrigerada de tracto camión, para el transporte de carne de pollo, que utiliza como fuente de energía térmica el calor residual de los gases de combustión del motor.



Introducción

- El transporte es un eslabón importante en la cadena de frío, al surgir la necesidad de transportar alimentos perecederos a mercados lejanos sin que se descompongan, pues de otra manera la venta de estos productos se restringiría al lugar donde se originaron (Medina Ramírez, 2009).
- Los sistemas de compresión de vapor son la tecnología más común de refrigeración para el traslado de alimentos perecederos dentro de cajas refrigeradas de tracto-camión, debido a su disponibilidad y manejo de temperaturas. Sin embargo, este tipo de sistemas requiere gran cantidad de energía para realizar el trabajo de compresión, implicando un alto costo económico y ambiental
- En el presente trabajo se propone aprovechar el calor residual proveniente de los gases de combustión del motor diésel de un tracto camión, que transporta alimentos perecederos refrigerados, como fuente de energía para el sistema de refrigeración, reduciendo el costo de combustible y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera.



Cargas térmicas y análisis energético de la cámara frigorífica



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

Carga térmica generada por producto

- Para calcular estas cargas térmicas se debe especificar el tipo de perecedero que se va a transportar. Para este trabajo se consideraron propiedades termodinámicas de carne de pollo, mostradas en la Tabla 1.
- La carga térmica por producto se calcula como:

$$Q_{sensible} = \frac{m}{t} * Cp * \Delta T$$

Dónde:

$Q_{sensible}$ = Calor extraído [kW]

m = Masa del producto [kg]

t = Tiempo de traslado [seg]

Cp = Calor específico arriba o debajo del punto de congelación [KJ/kg K]

ΔT = Diferencia de temperatura [K]



Carga térmica generada por transmisión a través de paredes

- Este concepto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q = A * U * \Delta T$$

Donde:

Q = Calor total de transmisión a través de las paredes [W]

A = Área de exposición [m^2]

ΔT = Diferencial de temperatura entre la temperatura interior y exterior [K]

U = Coeficiente global de transferencia de calor [W/m^2K], calculado como:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_n}{k_n} + \frac{1}{f_e}}$$

Donde:

f_i = Coeficiente de convección al interior [W/m^2K]

f_e = Coeficiente de convección al exterior [W/m^2K]

e = Espesor del aislante (76.2 mm)

k = Conductividad térmica del poliuretano, aislante (0.0245 W/m K)

Cálculo de los Coeficientes convectivos

- El cálculo de coeficiente convectivo se llevó a cabo mediante la metodología del coeficiente adimensional de transferencia de calor, partiendo del número de Nusselt que está relacionado mediante la siguiente expresión:

$$Nu = \frac{q_{conv}}{q_{cond}} = \frac{hL}{k}$$

Donde

k = Conductividad térmica del fluido [W/mK]

L = longitud característica [m]

h = Convectividad térmica del fluido [W/m²K]

- Osborn Reynolds estableció el número adimensional de Reynolds (Re) como el parámetro clave para determinar el régimen de flujo, el cual está dado por la siguiente formula:

$$Re = \frac{\text{Fuerza inercial}}{\text{Fuerza viscosa}} = \frac{\rho VL}{\mu} = \frac{VL}{\nu}$$

Donde:

ρ = Densidad del fluido [kg/m³]

V = Velocidad del fluido [m/s]

L = longitud característica [m]

μ = Viscosidad dinámica [kg/ms]

ν = Viscosidad cinemática [m²/s]



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

- El número de Prandtl (Pr) es considerado como un número adimensional, que va en proporción al cociente entre la difusividad de momento, conocida como viscosidad y la difusividad térmica.

$$Pr = \frac{\text{Difusión viscosa}}{\text{Difusión térmica}} = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k}$$

Donde:

ν = Viscosidad cinemática [m^2/s]

α = Difusividad térmica [m^2/s]

μ = Viscosidad dinámica [kg/ms]

C_p = Calor específico [J/kgK]

k = Conductividad térmica del fluido [W/mK]

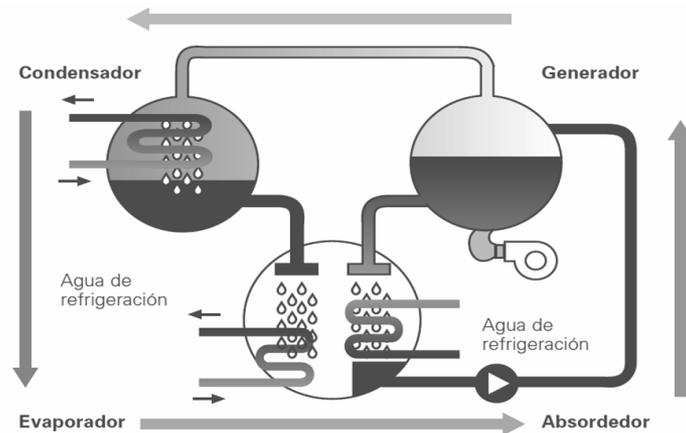
- Para el cálculo del número de Nusselt, relacionando el número de Reynolds y Prandtl sobre una placa plana horizontal en región turbulenta está dado por la siguiente fórmula:

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0.37 Re_L^{\frac{4}{5}} Pr^{\frac{1}{3}}$$

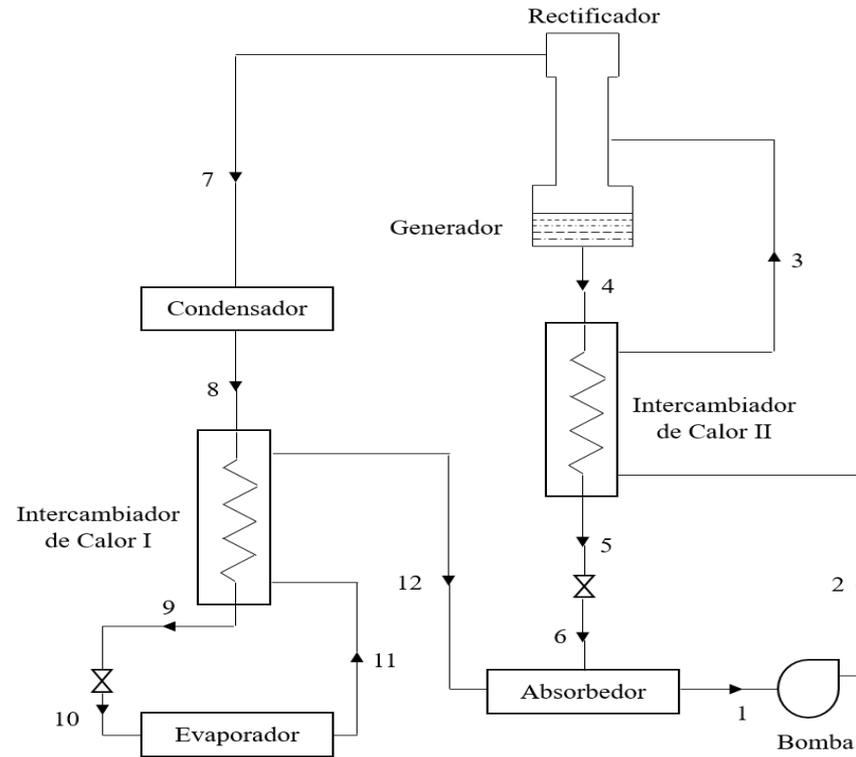
$$0.6 \leq Pr \leq 60 \quad 5 \times 10^5 \leq Re_L \leq 10^7$$

Diseño del Sistema de Refrigeración por absorción

- Un sistema de refrigeración por absorción es similar a uno por compresión de vapor, en donde el refrigerante una vez que fue comprimido fluye por un condensador, una válvula de expansión y un evaporador, sólo que la etapa de compresión se realiza mediante un proceso térmico, en lugar de uno mecánico. Es decir el compresor es sustituido por un sistema integrado por un generador, una válvula de expansión, un absorbedor y una bomba de recirculación.



Análisis termodinámico del sistema



Recuperación del calor residual de los gases de combustión

- La recuperación de calor residual que se pierde durante un proceso puede ser utilizado como fuente de energía térmica. Mientras mayor sea la temperatura de la fuente de calor residual, mayor será el potencial de aprovechamiento de dicho calor.

$$Q_{gases} = 0.3 * CV * \dot{m}$$

Donde:

CV = Valor calorífico del combustible (42.8 MJ/kg)

\dot{m} = Flujo másico del combustible



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)