



Title: Diseño de un sistema de refrigeración por absorción solar amoniaco-agua de simple efecto para la conservación de alimentos

Authors: HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor Hugo, OLVERA-GARCÍA, Omar, DE LA ROSA-FLORES, Yarabi e SÁNCHEZ-BARRERA, Iveth

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2020-04
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

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

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 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
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

En los últimos años se ha negociado la eliminación de los gases refrigerantes CFC, HCFC y HFC.

La refrigeración por absorción que utilicen mezcla $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ se presentan como una alternativa.

Se presenta el diseño de un sistema de refrigeración por absorción, que aprovechará la energía térmica solar para realizar el efecto frigorífico.

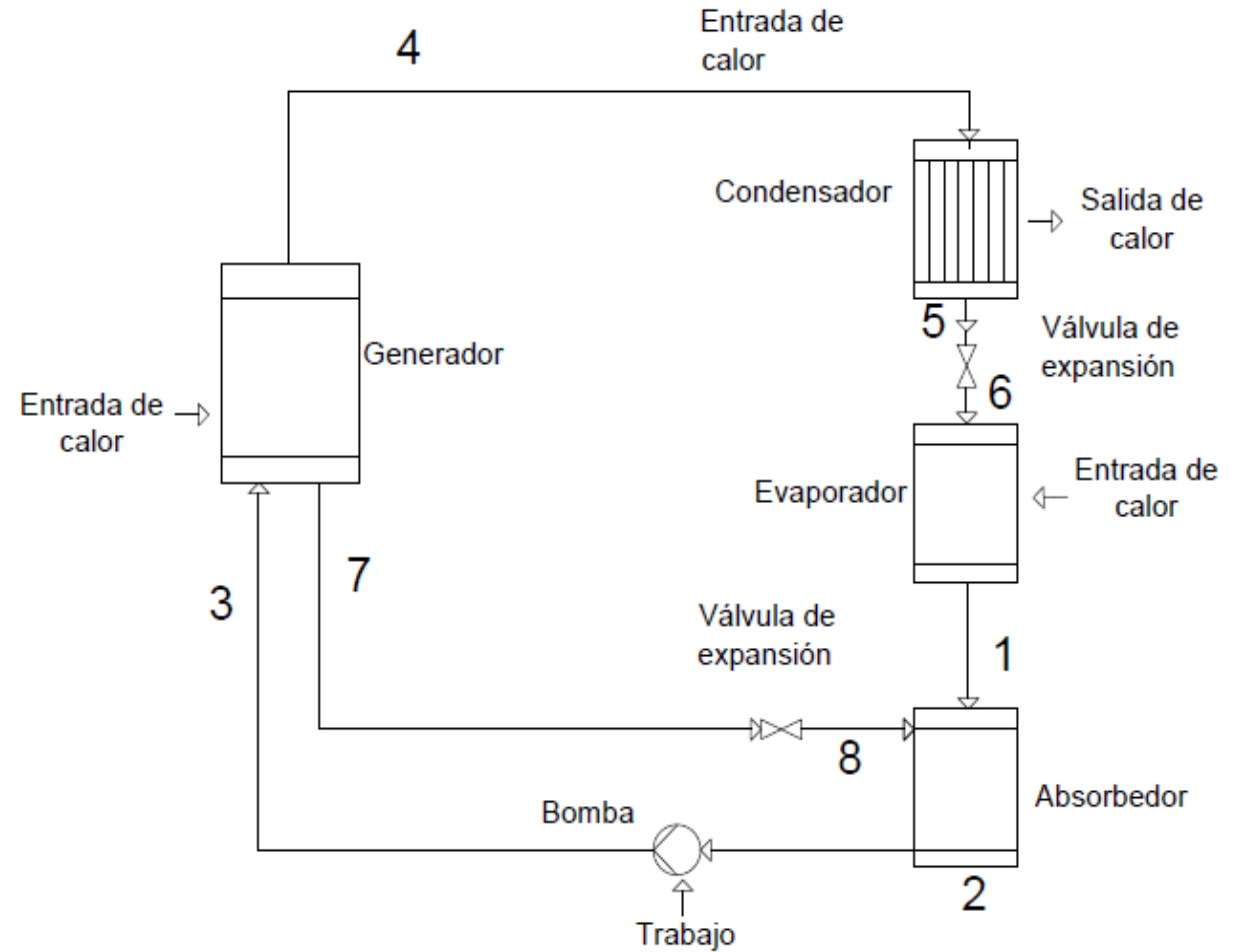


Figura 1 Ciclo de refrigeración por absorción. Fuente: Modificado de Dincer, 2016

Metodología

Antecedentes:

- Francisco et. al. (2002) desarrollaron y probaron un prototipo de refrigeración por absorción mediante amoníaco-agua, alimentado con energía solar para operar en zonas rurales con una capacidad de refrigeración de 2 kW (7.2 MJ).
- Mauricio Cañadas. et al (2010), realizaron un diseño de un refrigerador por absorción para uso didáctico. Analizan el uso de colectores solares planos como fuente de calor en su diseño.
- Labus M. J. (2013) desarrolló un prototipo de una bomba de calor de absorción $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ diseñado para operar con un colector solar parabólico. Alcanzaron temperaturas mínimas de 3 °C.
- Catota, P. & Tonato, W. (2015). Diseñaron e implementaron un prototipo de refrigeración solar por absorción de tipo intermitente, lograron obtener temperaturas entre 10 a 16 °C por un corto tiempo, utilizaron una resistencia eléctrica de 120 W alimentada por paneles fotovoltaicos.

Metodología

Diseño del prototipo.

El proyecto se está desarrollando en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, campo 4, Universidad Nacional Autónoma de México.

El sistema se diseñó utilizando como par de trabajo amoníaco-agua en una etapa y operación continua, empleando un concentrador cilindro parabólico con el que se suministrara la energía térmica necesaria para lograr el enfriamiento.

Para calcular el calor que es necesario retirar o eliminar de la cámara y con ello mantener la temperatura interior de diseño, se empleó el método desarrollado por la Asociación Americana de Ingenieros de Refrigeración, Calefacción y Acondicionamiento de aire "American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers", (ASHRAE)

Condiciones iniciales		
Aplicación	Valor	Unidades
Tamaño de la zona refrigerada	8.4	ft ²
Volumen de aire	1.59	ft ³
Cantidad de almacenamiento	22.04	lb
Temperatura de la cámara	23	°F
Temperatura de conservación	32	°F
Temperatura a la que se encuentra el producto	77	°F
Temperatura ambiente	77	°F
Diferencia de temperatura	77	°F
Horas de trabajo (almacenamiento)	8	h
Temperatura de condensación	86	°F

Metodología

Obteniendo así la carga térmica total con el siguiente balance:

$$Q_{\text{evaporador}} = Q_{\text{estructura}} + Q_{\text{Producto}} + Q_{\text{infiltraciones}} + Q_{\text{iluminación}}$$

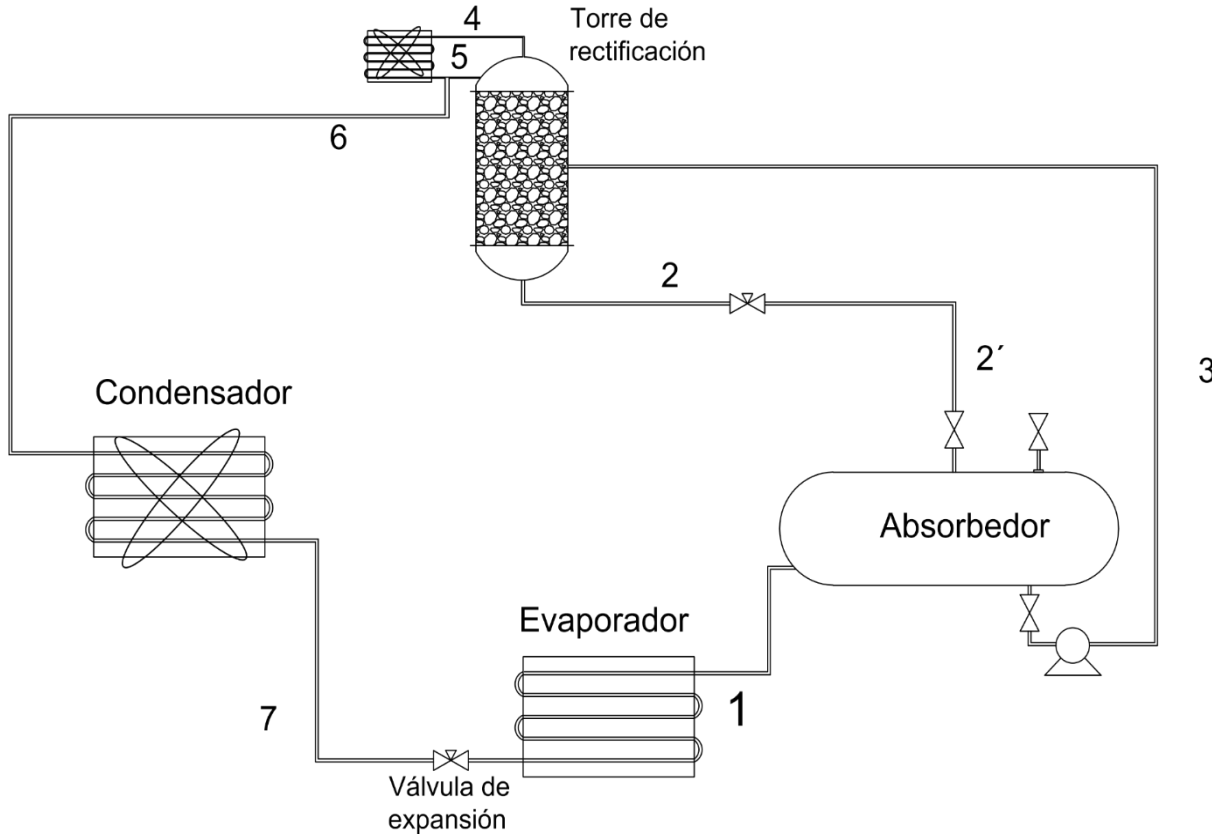
Además se consideró un 10% como factor de seguridad agregado a la carga total de refrigeración.

Cargas	Q	Unidades
Carga térmica de la estructura	388.643	BTU/día
Carga térmica por el producto	2350.566	BTU/día
Carga térmica por infiltraciones	1.347	BTU/día
Carga por iluminación	68.243	BTU/día
Suma de las cargas	2808.799	BTU/día
Q+10%	3089.678	BTU/día
Q total (Q+10% /horas de trabajo)	386.211	BTU/h
	0.032	TR
	112	W

Metodología

Cálculo de flujos y calores del sistema

Se consideraron seis componentes principales: evaporador, absorbedor, bomba recirculadora, rectificador, condensador y válvula de expansión.



Sistema propuesto de refrigeración por absorción amoníaco-agua de simple efecto

Se realizaron los balances de materia y energía y se obtuvieron los siguientes resultados:

Componente	m (lb/h)	Fracción	Valor	Q (BTU/h)
M₁ (Evaporador)	0.761	X _{1(NH3)}	0.987	386.2098
		X _{1(H2O)}	0.013	
M₂ (Retorno al absorbedor)	1.142	X _{2(NH3)}	0.259	1302.8723
		X _{2(H2O)}	0.741	
M₃ (Alimentación)	1.904	X _{3(NH3)}	0.55	---
		X _{3(H2O)}	0.45	
M₄ (Destilado)	1.021	X _{4(NH3)}	0.987	1141.4688
		X _{4(H2O)}	0.013	
M₅ (Reflujo)	0.260	X _{5(NH3)}	0.987	---
		X _{5(H2O)}	0.013	
M₆ = M₇ (Condensador)	0.761	X _{6(NH3)}	0.987	333.8320
		X _{6(H2O)}	0.013	

Resultados

Diseño de los componentes del sistema de absorción

Evaporador

Características:

Longitud: 98.75ft

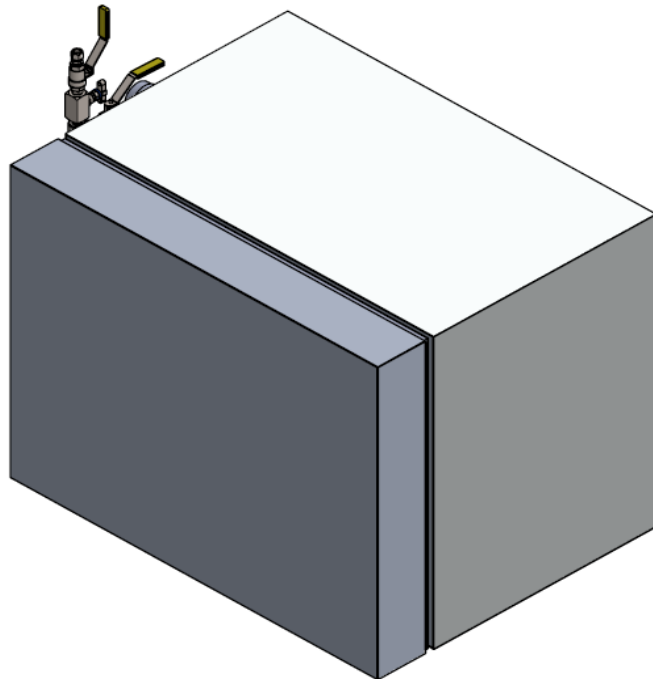
Diámetro de tubería: 3/8 in, aluminio flexible 3003.

Presión: 3.64 bar.

Cámara Fría: 19.69 x 11.81 x 14.22 in

Interior: Lamina de aluminio calibre 22.

Aislante: Poliestireno expandido 6.3 cm.



Absorbedor

Características:

v(total+20%): 0.37 [(ft)]³/día.

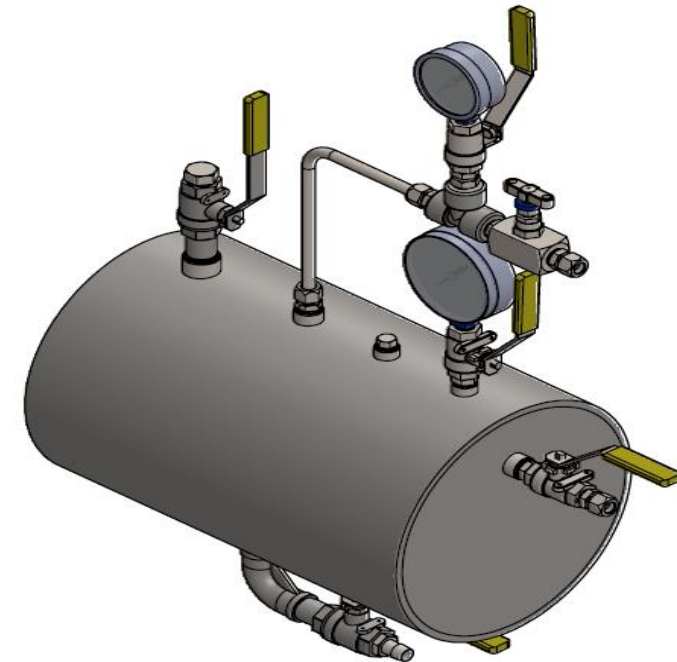
Longitud:1.067ft.

Cuerpo: Acero inoxidable 304, 9 in.

Presión: 3.64 bar.

Volumen mezcla (NH₃-H₂O): 0.309 ft³/día.

Accesorio: Aspersor acero inoxidable 304, ¼ in



Resultados

Diseño de los componentes del sistema de absorción

Condensador

Características:

Longitud: 4.265 ft.

Tubería: 3/8 in, acero inoxidable 316.

Aletas: Aluminio.

Presión: 11.67 bar.



Rectificador

Características:

Cuerpo: Acero inoxidable 316, 4 in.

Calderín: 3/8 in, acero inoxidable 316.

Longitud: 1.6404 ft.

Condensador: 3/8 in, acero inoxidable 316.

Presión: 11.67 bar.

Empaque: vidrio.

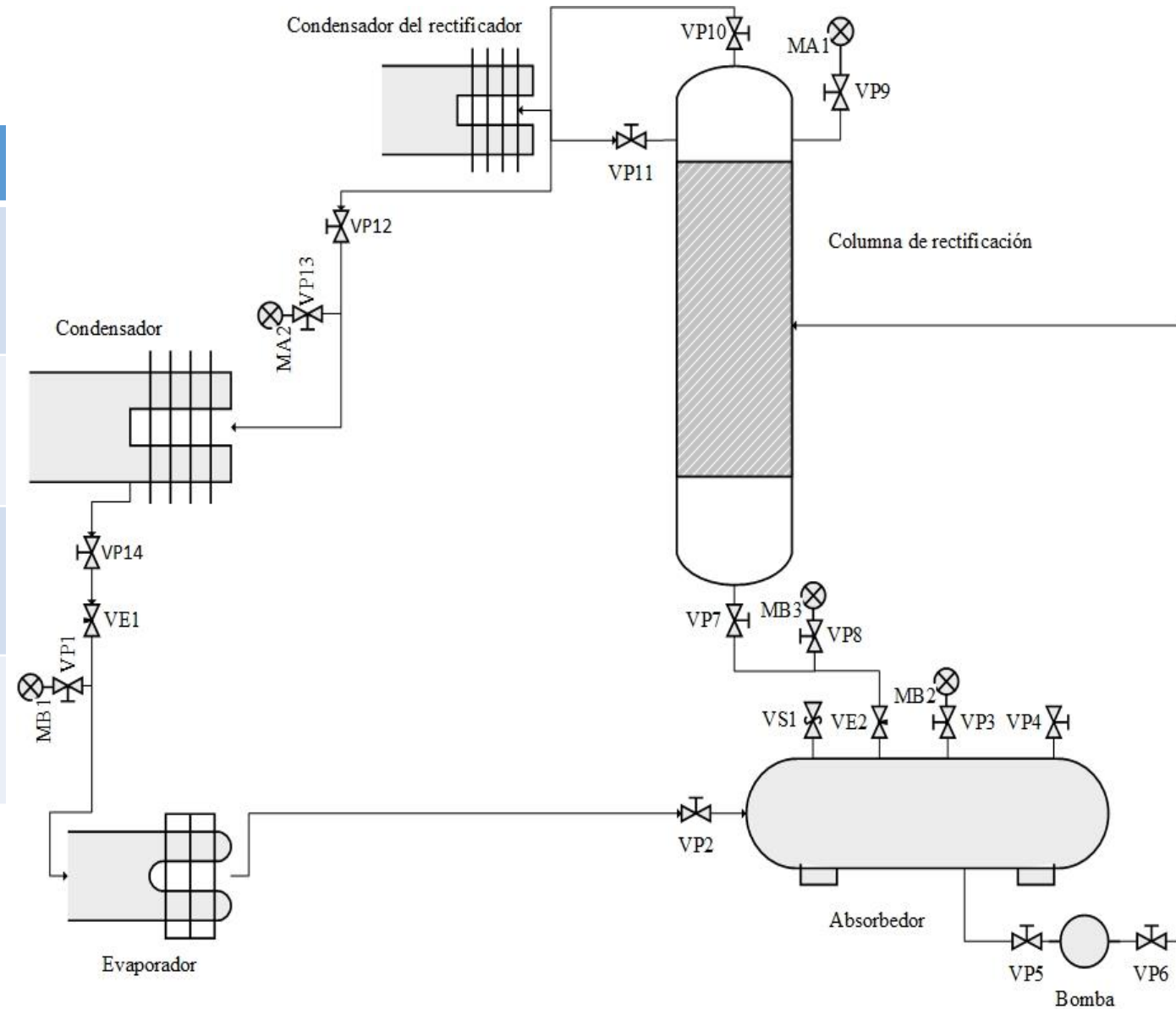
Etapas: 1 y un calderín



Resultados

Instrumentación

Código	Nombre	Cant	Especificaciones
VP	Válvula de paso	13	Conexión: 3/8 y 1/4 in Material: Inox 316 Presión: 1000 WOG
VE	Válvula de expansión	2	Conexión: 3/8 in Material: Inox 316 Presión: 6000 PSI
MA	Manómetro de alta presión	2	Rango: -30 inHg a 150 PSI Conexión: 1/4 in Material: Inox 316
MB	Manómetro de baja presión	3	Rango: -30 inHg a 300 PSI Conexión: 1/4 in Material: Inox 316



Conclusiones

Los sistemas de absorción son tecnología que volvió a tener auge en los últimos años debido a que puede funcionar aprovechando energía residual y principalmente energía solar. Estos sistemas a diferencia de los equipos por compresión requieren menos mantenimiento, menor consumo energético, menor generación de ruido, pero sobre todo tienen menor impacto ambiental.

El prototipo fue diseñado para ser empleado en la conservación de alimentos a una temperatura de 32 °F y posee la característica de ser alimentado con diferentes fuentes de calor, lo que no limitará su funcionamiento.

Con este prototipo se pretende formar parte de la transición en la industria de la refrigeración hacia el uso de energías limpias y refrigerantes naturales.

Referencias

- Catota, P. & Tonato, W. (2015). Diseño y construcción de un prototipo de refrigeración solar por absorción mediante par amoníaco – agua para la conservación de alimentos. Tesis de licenciatura. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Compañía Church & Dwight Co. Inc. (2007). Hoja informativa sobre las medidas de seguridad. Hidróxido de amonio. Princeton, USA.
- Dincer I., Hussain T. (2016). Integrated absorption refrigeration systems: Comparative Energy and Exergy Analyses. Springer.
- Dossat R. (2002). Principios de Refrigeración. México: Continental.
- Esquivel O., Busso A., Sogari N., Franco J. (2006). Refrigeración solar mediante ciclo de amoniaco-agua acoplado a un concentrador solar. Comunicaciones Científicas y tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.
- Herold K., Radermacher R. & Klein S. (1996). Absorption Chillers and Heat Pumps. Florida, EE. UU: CRC Press.
- Kherris, S., Makhlouf M., Zebbar D. (2013). Contribution study of the thermodynamics. Properties of the ammonia-water mixtures. Thermal science. 17: 891-902.
- Labus M. J., Bruno J. C. & Coronas A. (2013). Review on absorption technology with emphasis on small capacity absorption machines. Thermal Science. 17: 739-762.
- López, J. (2012). Proceso de conservación de alimentos. (3ª ed.). México: Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora.
- Miranda A. (2012). Manual técnico de refrigerante. España: Marcombo.
- Moreno D., Ferro V., De Riva J., Santiago R., Moya C., Larriba M. & Palomar J. (2018). Absorption refrigeration cycles based on ionic liquids: Refrigerant/absorbent selection by thermodynamic and process analysis. *Applied Energy*. 213: 179-194.
- Navarro G. & Navarro S. (2014). Fertilizantes: química y acción. España: Mundi-Prensa.
- Pérez R, Eduar E. (2014). Diseño y construcción de un sistema de refrigeración por adsorción química a partir del uso de energía solar.
- Rapin, J. (1976). Instalaciones Frigoríficas. (Tomo 2). España: Boixareu.
- Ruíz, L. (2011). Amoníaco. Ventajas ambientales. *Revista Mundo HVAC&R*. Recuperado el 16 de enero de 2018 de <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2011/05/amoníaco-ventajas-ambientales/>
- Sans R. & Ribas J. (1989). Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos. España: Marcombo.



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)