



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**PROYECTO PRESENTADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
REFRIGERACIÓN SOLAR POR ABSORCIÓN MEDIANTE PAR
AMONIACO – AGUA PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS**

AUTORES:

PABLO CÉSAR CATOTA OCAPANA

WALTER ABEL TONATO QUISPE

**ING. MARIO JIMÉNEZ
DIRECTOR**

**ING. FAUSTO ACUÑA
CODIRECTOR**

**Latacunga
Diciembre, 2015**



AGENDA

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- PROYECTOS REALIZADOS
- DISEÑO
- IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES



INTRODUCCIÓN

Los sistemas de refrigeración por absorción se han estudiado y desarrollado a lo largo del tiempo para diferentes aplicaciones como la conservación de alimentos, fármacos y acondicionamiento de hogares en sectores remotos donde no tienen acceso a la red eléctrica.

Estos sistemas utilizan fuentes de energía térmica provenientes del sol (colectores solares, paneles fotovoltaicos) y de gases combustibles.



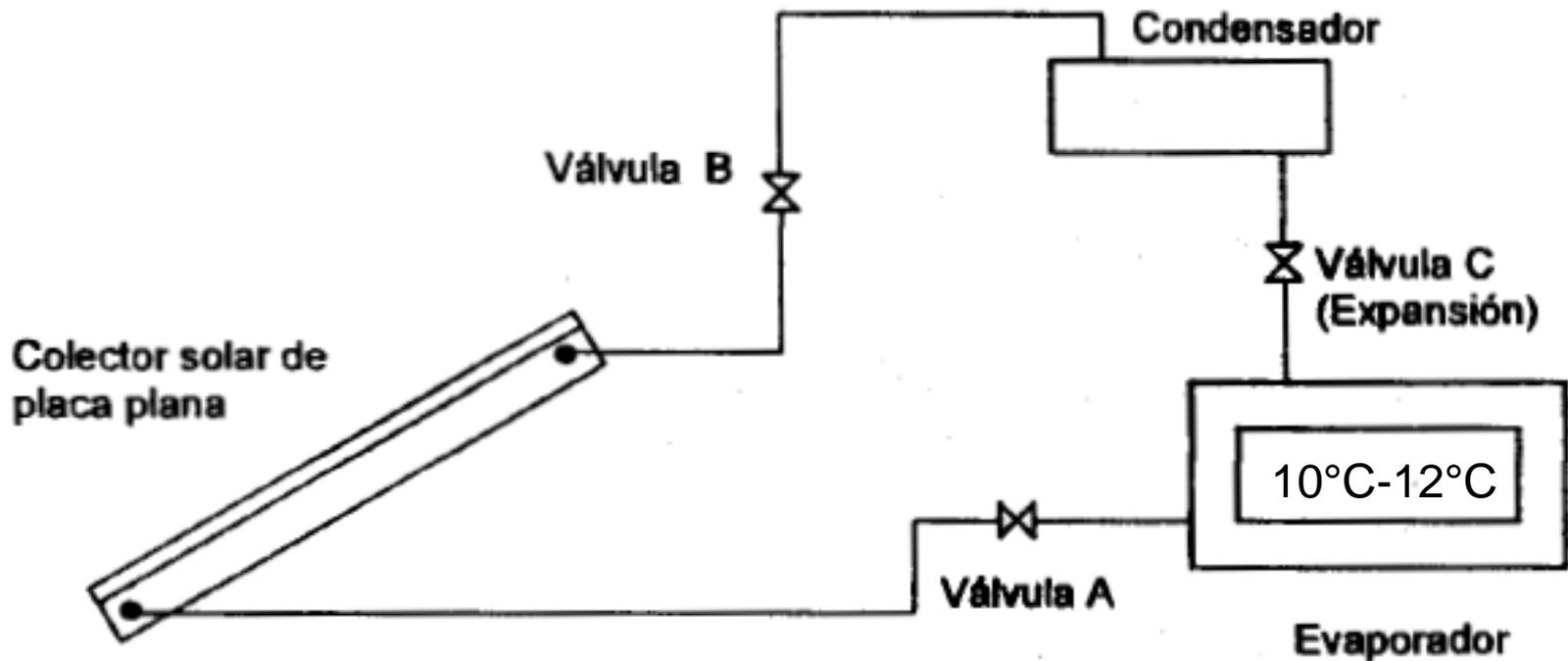
Ingeniería Electromecánica



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PROYECTOS REALIZADOS

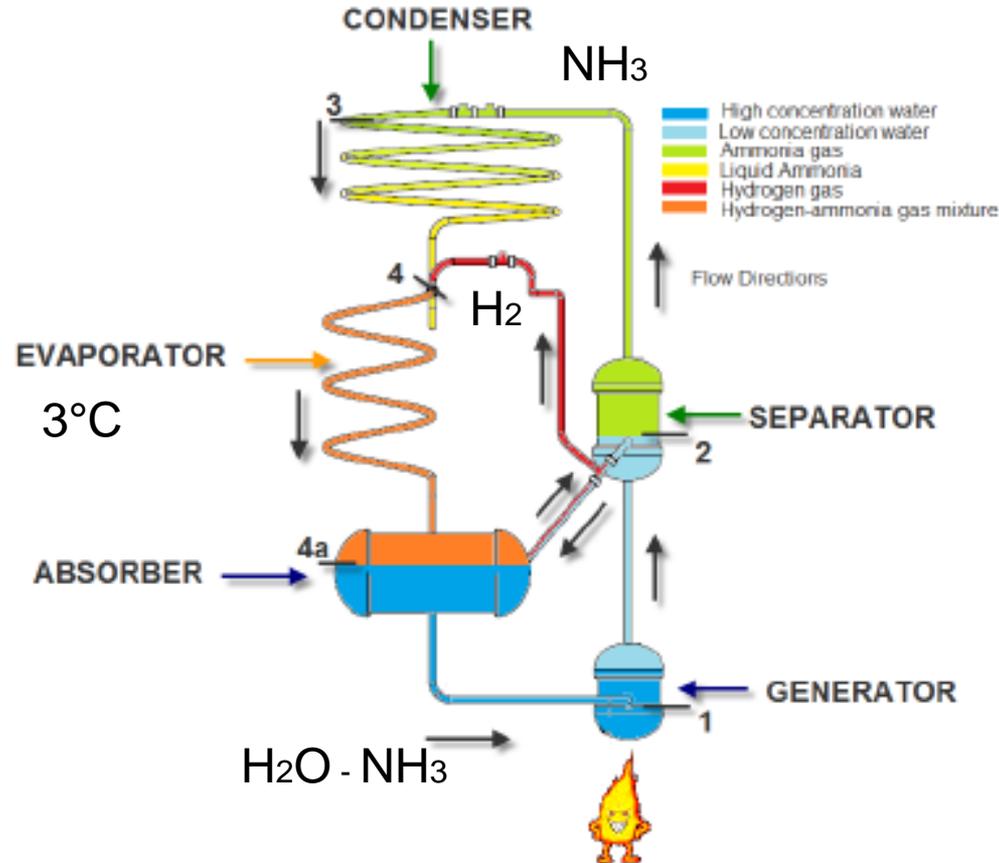
Matamoros



PROYECTOS REALIZADOS

Joseph

ABSORPTION REFRIGERATION PROCESS



DISEÑO

CONDICIONES DE DISEÑO

$$m = 7,5 \text{ Kg}$$



$$\Delta T = 14 \text{ }^\circ\text{C}$$



$$T_{\text{evp}} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$$



$$T_{\text{amb}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{producto}} = m * c_p * \Delta T = 0,149 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}}$$

CARGA TOTAL

$$Q_T = Q_{\text{producto}} + Q_{\text{paredes}} = 0,184 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}}$$

Se considera un factor de seguridad del 10% $Q_T = 0,203 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}}$

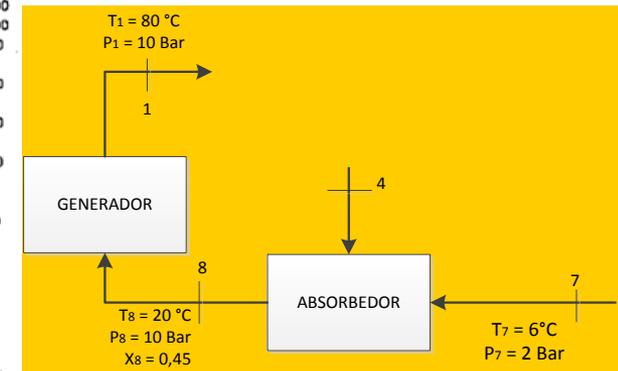
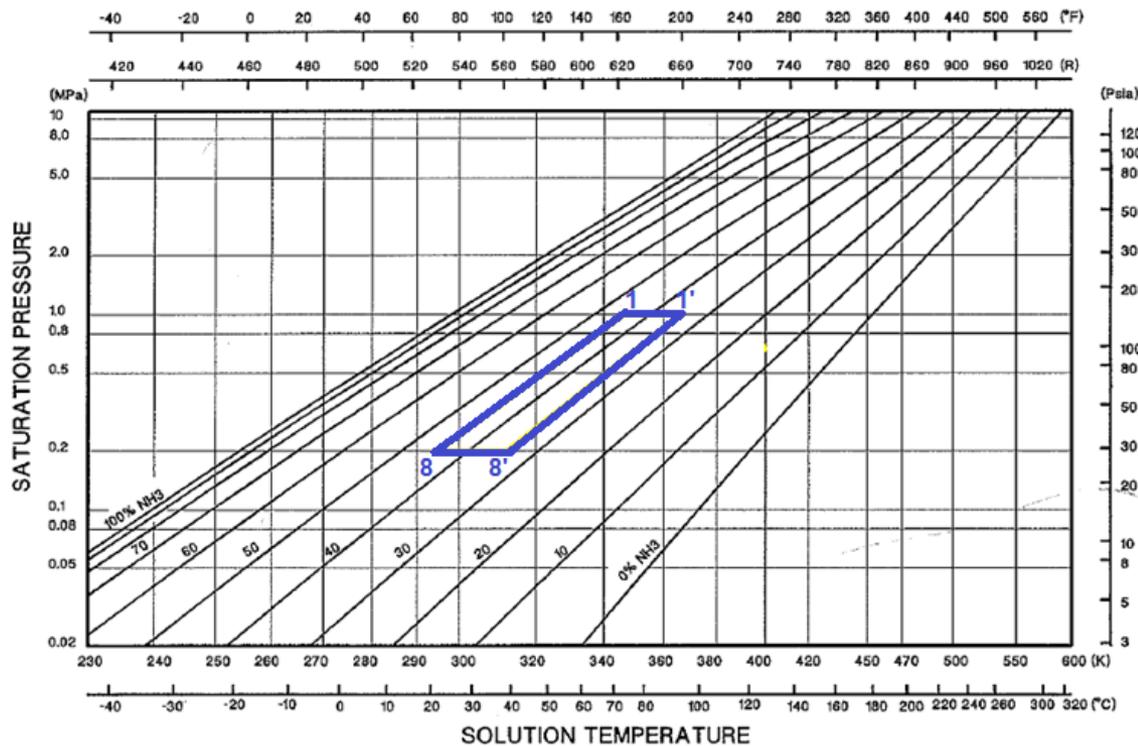
Para un periodo de calentamiento de 8 horas se tiene: $Q_T = 25 \text{ W}$

$$S = 4 \text{ ft}^2 \rightarrow (0,37 \text{ m}^2)$$

$$Q_{\text{paredes}} = A * U = 36,12 \times 10^{-3} \frac{\text{Kwh}}{\text{día}}$$

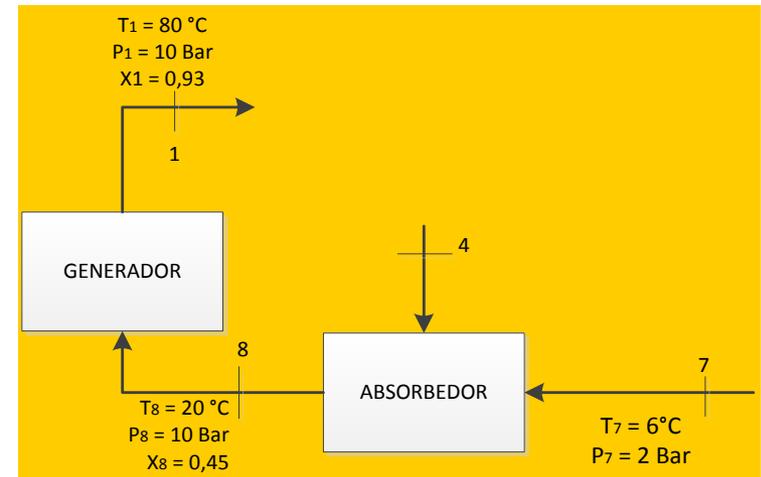
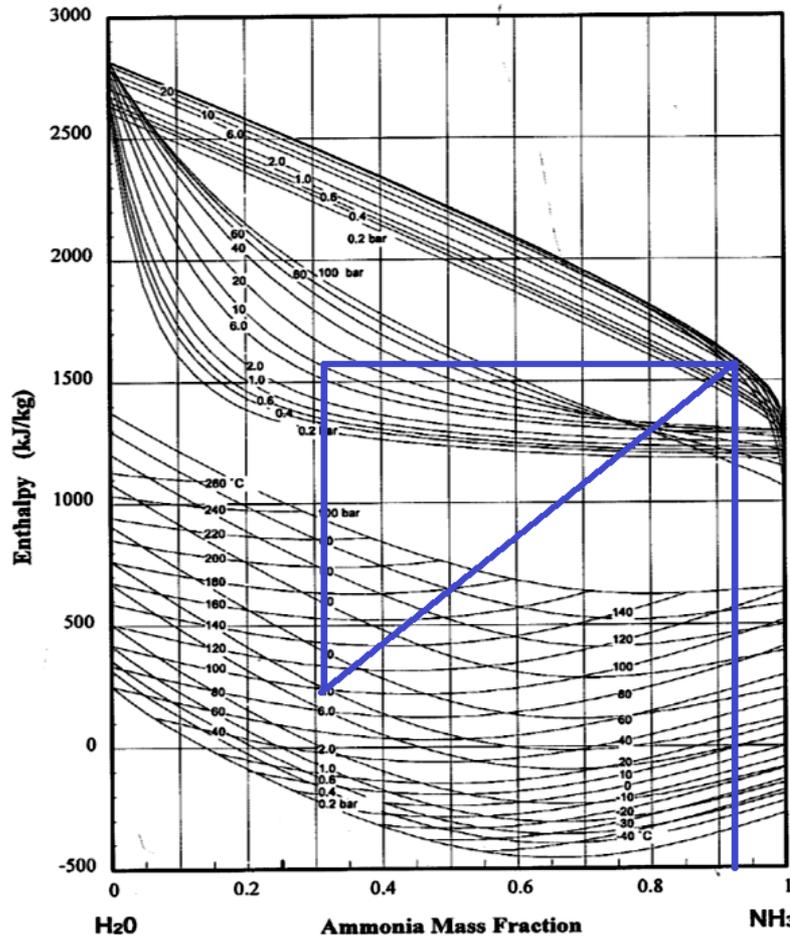
DISEÑO

De la tabla de propiedades del amoniaco saturado (Cengel,2012) se estableció que la presión del sistema en el lado de alta a una temperatura de 20°C es de 10 bares (1 MPa), en el lado de baja es de 2 bares (0.2 MPa) (Herold, Radermacher, & Klein, 1996)..



DISEÑO

Para la temperatura máxima en el generador se tiene que la concentración de amoníaco es $X=0.93$.



DISEÑO

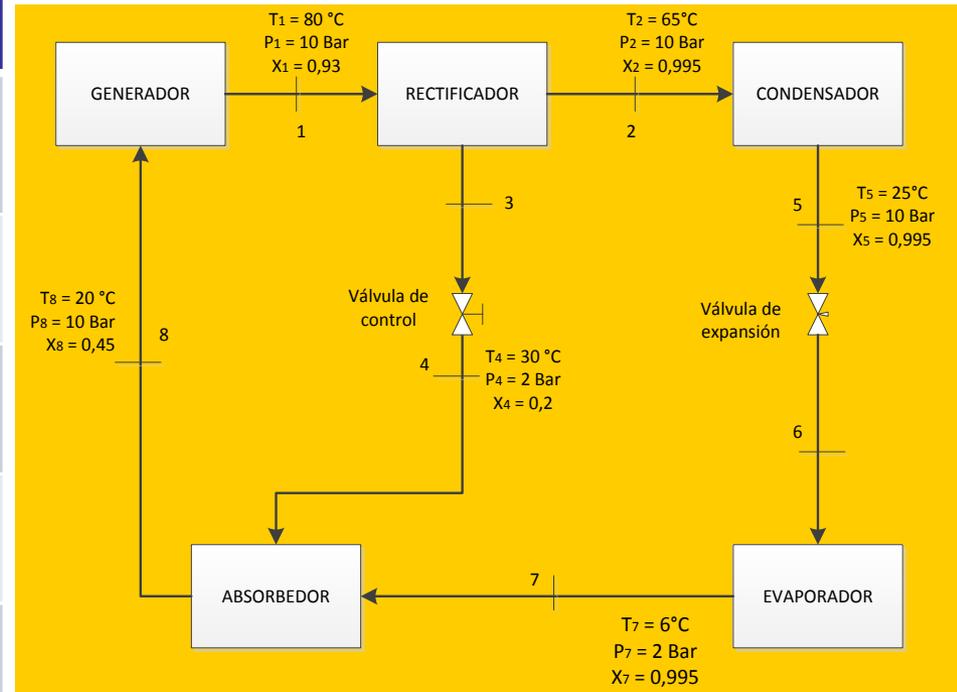
La concentración a la salida del rectificador el amoniaco es purificado por lo tanto se considera una concentración de 0,995 (Kajano & Lucas, 2012). La concentración que retorna al absorbedor es de 0,2 debido a que no existe un calentamiento uniforme en el generador (Herold, Radermacher, & Klein, 1996).

Para determinar las entalpías a diferentes estados de fases (líquido, sólido y vapor) en el diagrama Ammonia Mass Fraction, se utiliza la presión y la concentración para determinar los valores y poder realizar el balance energético del sistema.



DISEÑO

BALANCE DE MASA	BALANCE DE CALORES ABSORBIDOS Y RECHAZADOS
Balace de masas en el absorbedor $m_4 + m_7 = m_8$	Calor rechazado en el absorbedor $m_7h_7 + m_4h_4 = m_8h_8 + Q_{AB}$
Balace de masas en el generador $m_1 = m_8$	Calor absorbido en el generador $m_8h_8 + Q_{GEN} = m_1h_1$
Balace de masas en el rectificador $m_1 = m_2 + m_3$	Calor rechazado en el rectificador $m_2h_2 + m_3h_3 + Q_{Rec} = m_1h_1$
Balace de masas en el condensador $m_2 = m_5$	Calor rechazado en el condensador $m_5h_5 + Q_{Con} = m_2h_2$
Balace de masas en el evaporador $m_6 = m_7$	Calor absorbido en el evaporador $m_6h_6 + Q_{evp} = m_7h_7$



Cálculo el coeficiente de operación:

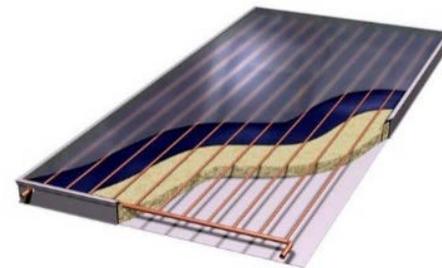
$$COP = \frac{Q_{evp}}{Q_{GEN}} = 0,2136$$



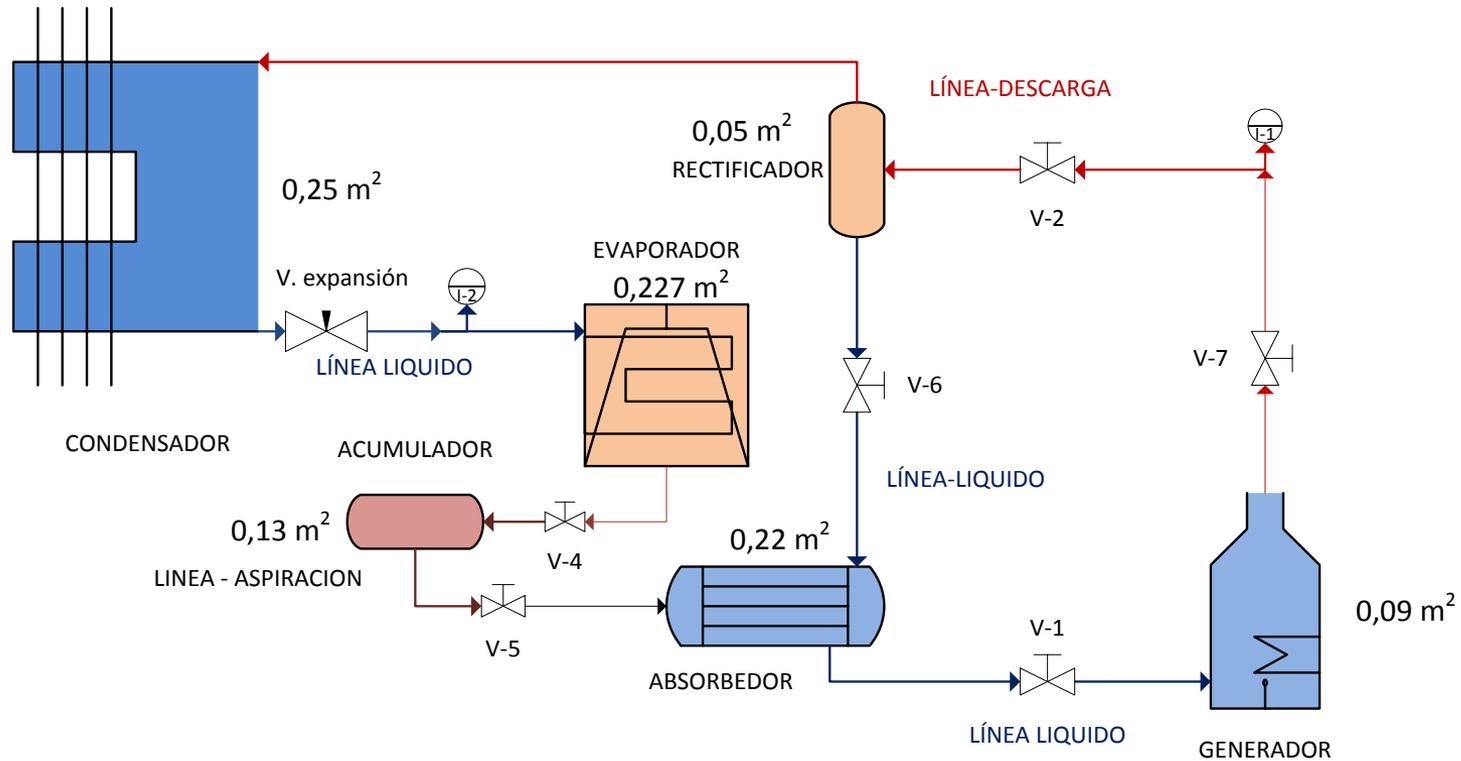
DISEÑO

SELECCIÓN LA FUENTE DE CALOR PARA EL GENERADOR

Características del Panel Fotovoltaico	
Factor de rendimiento	15 %
Potencia máxima	100 W
Voltaje	17 V
Corriente	5.7 A
Área	0.598 m ²
Temperatura	100 °C
Precio	\$ 200
Características del Colector Solar Plano	
Factor de rendimiento	50%
Temperatura	60 °C
Área del colector	1.87m ²
Precio	\$ 1000



DISEÑO



DISEÑO

SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN

La válvula de expansión se seleccionó de acuerdo a la presión, temperatura, diámetro de orificio y material que el sistema requiere.

Tipo de válvula	Presión	Temperatura	Diámetro de orificio	Material
Válvula tipo aguja serie 1700	6000 psi	-54°C / 232°C	4,8 mm	Acero inoxidable 316
Válvula tipo aguja serie 2100	3000 psi	-54°C / 232°C	8 mm	Acero inoxidable 316
Válvula tipo aguja serie 2200	5000 psi	-54°C / 232°C	6 mm	Acero inoxidable 316
Válvula tipo aguja serie H300	5000 psi	-54°C / 230°C	3 mm	Acero inoxidable 316

DISEÑO

Se determinó las masas de cada uno de los fluidos (agua y amoniaco) necesarios para el sistema de refrigeración, a partir del volumen calculado en el absorbedor (2,5 litros) y el generador (0.96 litros). Teniendo en cuenta que el volumen de la solución debe ocupar el 50% del volumen total en el absorbedor se estableció que la masa de agua (m_w) sea de 1,25 kg.

$$m_a = \frac{X * m_w}{1 - X} = \frac{(0.45)(1250)}{1 - 0.45} = 1,022 \text{ kg}$$



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA



Generador



Evaporador - cámara de refrigeración



Rectificador

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA



Absorbedor



Condensador



Readecuación de componentes del sistema



Absorbedor



Condensador



Acumulador de amoniaco

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

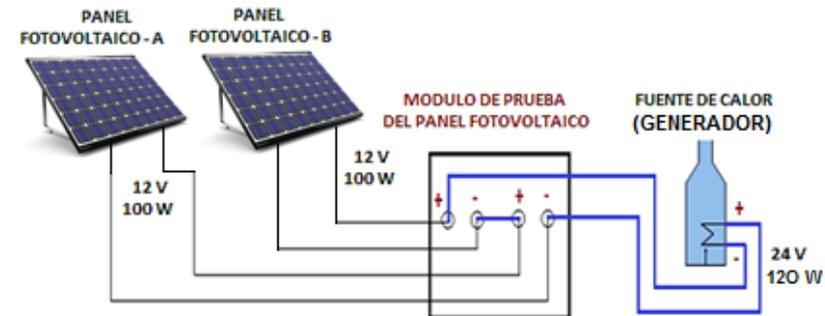


Ingeniería Electromecánica



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ANÁLISIS Y RESULTADOS



Ingeniería Electromecánica

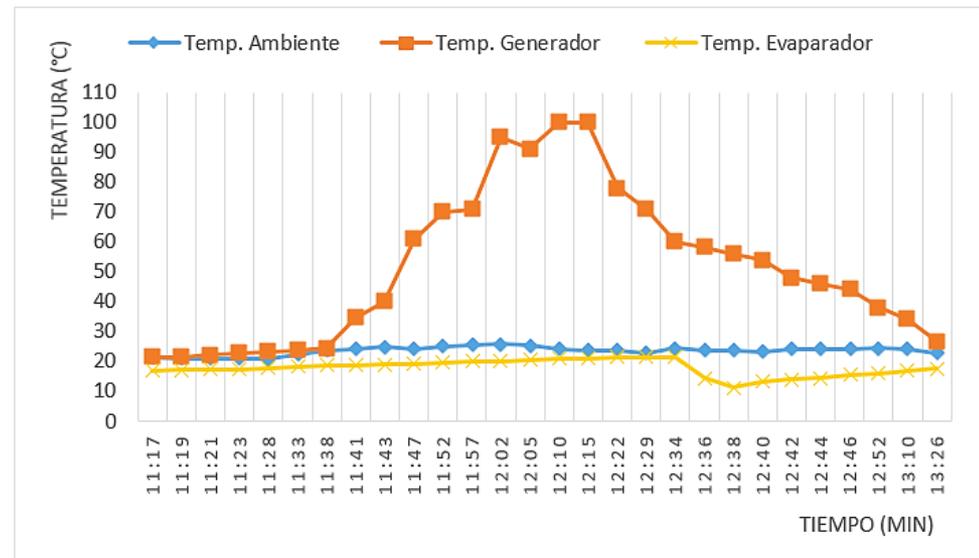


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ANÁLISIS Y RESULTADOS

DATOS DE TEMPERATURAS OBTENIDOS DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL 1 DEL PROTOTIPO DE REFRIGERACIÓN

	Hora	Temp. Ambiente (°C)	Temp. Generador (°C)	Temp. Condensador (°C)	Temp. Evaporador (°C)	Presión – Generador (psi)
Periodo de calentamiento	11:17	21.2	21.2	18.4	16.9	112
	11:19	21.1	21.3	18.6	17.2	112
	11:21	20.9	22.2	18.7	17.3	112
	11:23	20.8	22.8	18.8	17.5	112
	11:28	20.7	23.4	18.9	17.9	114
	11:33	22.4	23.8	19	18.2	114
	11:38	23.7	24.4	19.2	18.5	114
	11:41	24	34.4	19.4	18.7	115
	11:43	24.8	39.9	19.9	18.9	120
	11:47	23.9	60.8	20.6	19.2	125
	11:52	25.2	70	21.2	19.6	130
	11:57	25.6	71	21.8	20	135
	12:02	25.7	95	22.8	20.2	135
	12:05	25.3	91	23.6	20.6	140
	12:10	23.9	100	24.2	20.8	140
12:15	23.7	100	24.5	21.1	138	
12:22	23.6	78	24.6	21.2	135	
12:29	22.8	70.7	24.2	21.3	135	
12:34	24.4	60	23.9	21.4	125	
12:36	23.8	58	23.4	14.4	123	
Periodo de enfriamiento	12:38	23.7	56	23.3	11.2	122
	12:40	23.2	54	23.3	13.3	120
	12:42	23.9	48	23.2	14	120
	12:44	23.9	46	23.1	14.5	118
	12:46	23.9	44	23	15.6	118
	12:52	24.6	38	22.9	16	117
	13:10	24.1	34	22.8	17	115
	13:26	22.8	26.8	22.4	17.6	115



CONCLUSIONES

- Se diseñó e implemento un prototipo de refrigeración solar por absorción mediante par amoniaco – agua de tipo intermitente, en el que se logró obtener una temperatura de 11 °C en el evaporador con una temperatura ambiente de 25°C aprovechando la energía solar a través de paneles fotovoltaicos que alimentan a una resistencia eléctrica la misma que genera el calor necesario para la evaporación del amoniaco.
- La concentración del amoniaco en la solución (amoniaco – agua) es el factor más importante que se debe tener en cuenta, debido a que en una solución pobre en amoniaco las temperaturas requeridas para la generación de vapor son más elevadas para alcanzar la presión de trabajo en el sistema.
- La temperatura de generación en los paneles fotovoltaicos depende directamente de la radiación solar, para una radiación promedio de 846,7 W/m² se alcanzó temperaturas próximas a los 100 grados centígrados, siendo este un factor importante para garantizar la evaporación del amoniaco necesario para iniciar el proceso de enfriamiento y disminuir el tiempo en el periodo de calentamiento





Ingeniería Electromecánica



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA