

Tabla de contenido

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES GENERALES..... | 1 |
| 1.2. MOTIVACIÓN | 2 |
| 1.3. OBJETIVOS | 2 |
| 1.3.1. <i>Objetivo general</i> | 2 |
| 1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> | 2 |
| 1.4. ALCANCES | 3 |
| 2. METODOLOGÍA | 4 |
| 3. ANTECEDENTES | 5 |
| 3.1. CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR..... | 5 |
| 3.2. CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN | 7 |
| 3.3. TERMODINÁMICA DEL PROBLEMA | 9 |
| 3.3.1. <i>Primera ley de la termodinámica</i> | 9 |
| 3.3.2. <i>Segunda ley de la termodinámica</i> | 10 |
| 4. MODELO | 13 |
| 4.1. BALANCES GLOBALES DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR | 13 |
| 4.1.1. <i>Balances</i> | 13 |
| 4.1.2. <i>Selección del fluido de trabajo</i> | 14 |
| 4.1.3. <i>Metodología para el cálculo de variables</i> | 16 |
| 4.2. BALANCES GLOBALES DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN | 18 |
| 4.2.1. <i>Balances</i> | 18 |
| 4.2.2. <i>Selección del fluido de trabajo</i> | 20 |
| 4.2.3. <i>Metodología para el cálculo de variables</i> | 21 |
| 5. VALIDACIÓN DEL MODELO | 24 |
| 5.1. VALIDACIÓN DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR | 24 |
| 5.2. VALIDACIÓN CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN..... | 25 |
| 5.2.1. <i>Variación de la temperatura del generador</i> | 25 |
| 5.2.2. <i>Variación de la temperatura del evaporador</i> | 27 |
| 5.2.3. <i>Variación de la temperatura del condensador</i> | 29 |
| 5.2.4. <i>Variación de la temperatura del absorbedor</i> | 30 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 32 |
| 6.1. RESULTADOS PARA EL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR | 32 |
| 6.1.1. <i>Variación de la temperatura del evaporador</i> | 32 |
| 6.2. RESULTADOS CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN..... | 35 |
| 6.2.1. <i>Variación de la temperatura del evaporador</i> | 35 |
| 6.2.2. <i>Variación de la temperatura del condensador</i> | 38 |
| 6.2.3. <i>Variación de la temperatura del absorbedor</i> | 41 |
| 6.3. PARÁMETROS A UTILIZAR Y COMPARACIÓN ENTRE LOS CICLOS. | 43 |
| 6.3.1. <i>Parámetros a utilizar.</i> | 43 |
| 6.3.2. <i>Comparación entre los ciclos.</i> | 44 |
| 6.3.3. <i>Componentes de máxima irreversibilidad</i> | 46 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 48 |

8. BIBLIOGRAFÍA51

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| TABLA 5.1 VARIABLES A UTILIZAR EN LA VALIDACIÓN. | 24 |
| TABLA 5.2 VALIDACIÓN DEL MODELO A PARTIR DEL TRABAJO REALIZADO POR POREDOS. | 24 |
| TABLA 5.3 VARIABLES IMPUESTAS A UTILIZAR EN LA VALIDACIÓN DEL MODELO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN AL VARIAR T_g | 26 |
| TABLA 5.4 VALIDACIÓN DEL MODELO AL VARIAR T_g | 27 |
| TABLA 5.5 VARIABLES IMPUESTAS A UTILIZAR EN LA VALIDACIÓN DEL MODELO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN AL VARIAR T_e | 27 |
| TABLA 5.6 VALIDACIÓN DEL MODELO AL VARIAR T_e | 28 |
| TABLA 5.7 VARIABLES IMPUESTAS A UTILIZAR EN LA VALIDACIÓN DEL MODELO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN AL VARIAR T_{cd} | 29 |
| TABLA 5.8 VALIDACIÓN DEL MODELO AL VARIAR T_{cd} | 30 |
| TABLA 5.9 VARIABLES IMPUESTAS A UTILIZAR EN LA VALIDACIÓN DEL MODELO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN AL VARIAR T_{cd} | 30 |
| TABLA 5.10 VALIDACIÓN DEL MODELO AL VARIAR T_a | 31 |
| TABLA 6.1 DATOS PARA MODELO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR .. | 32 |
| TABLA 6.2 DATOS PARA CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN VARIANDO LA TEMPERATURA DEL EVAPORADOR. | 35 |
| TABLA 6.3 DATOS PARA EL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN AL VARIAR LA TEMPERATURA DEL CONDENSADOR. | 38 |
| TABLA 6.4 DATOS DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN AL VARIAR LA TEMPERATURA DEL ABSORBEDOR. | 41 |
| TABLA 6.5 PARÁMETROS A UTILIZAR PARA EL MODELO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN | 44 |
| TABLA 6.6 PARÁMETROS A UTILIZAR PARA EL MODELO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR. | 44 |

Tabla de Figuras

| | |
|--|----|
| FIGURA 2.1 METODOLOGÍA | 4 |
| FIGURA 3.1 ESQUEMA PARA EL C.R.C.V. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN [3]. | 6 |
| FIGURA 3.2 CICLO REAL DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN [3]. | 7 |
| FIGURA 3.3 C.R.A. DE AMONIACO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN [3]. | 8 |
| FIGURA 3.4 FLUJO DE ENERGÍA GENERAL EN UN VOLUMEN DE CONTROL TERMODINÁMICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN [5]. | 9 |
| FIGURA 4.1 ESQUEMA PARA EL C.R.C.V. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | 13 |
| FIGURA 4.2 ALGORITMO DE CÁLCULO PARA LOS ESTADOS TERMODINÁMICOS DEL C.R.C.V. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | 17 |
| FIGURA 4.3 C.R.A. DE $NH_3 - H_2O$. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN [3]. | 18 |
| FIGURA 4.4 ALGORITMO DE CÁLCULO PARA LOS ESTADOS TERMODINÁMICOS DEL C.R.A. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. | 22 |
| FIGURA 5.1 EFICIENCIA EXERGÉTICA VARIANDO T_e | 25 |
| FIGURA 5.2 COP vs T_g | 26 |
| FIGURA 5.3 COP vs T_e | 28 |
| FIGURA 5.4 COP vs T_{cd} | 29 |
| FIGURA 5.5 COP vs T_a | 31 |
| FIGURA 6.1 COP VARIANDO T_e PARA DISTINTAS T_{cd} | 33 |
| FIGURA 6.2 RENDIMIENTO EXERGÉTICO VARIANDO LA TEMPERATURA DEL EVAPORADOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL CONDENSADOR | 33 |
| FIGURA 6.3 IRREVERSIBILIDAD DEL CICLO AL VARIAR LA TEMPERATURA DEL EVAPORADOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL CONDENSADOR..... | 34 |
| FIGURA 6.4 RENDIMIENTO ENERGÉTICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL EVAPORADOR PARA DISTINTOS VALORES DE TEMPERATURA DEL GENERADOR..... | 36 |
| FIGURA 6.5 RENDIMIENTO EXERGÉTICO DEL CICLO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL EVAPORADOR PARA DISTINTOS VALORES DE TEMPERATURA DEL GENERADOR. | 36 |
| FIGURA 6.6 IRREVERSIBILIDAD TOTAL DEL CICLO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL EVAPORADOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL GENERADOR. | 37 |
| FIGURA 6.7 RENDIMIENTO ENERGÉTICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONDENSADOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL GENERADOR. | 38 |
| FIGURA 6.8 RENDIMIENTO EXERGÉTICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONDENSADOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL GENERADOR..... | 39 |
| FIGURA 6.9 IRREVERSIBILIDAD DEL CICLO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONDENSADOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL GENERADOR. | 40 |
| FIGURA 6.10 RENDIMIENTO ENERGÉTICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL ABSORBEDOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL GENERADOR. | 41 |
| FIGURA 6.11 RENDIMIENTO EXERGÉTICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL ABSORBEDOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL GENERADOR. | 42 |
| FIGURA 6.12 IRREVERSIBILIDAD DEL CICLO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL ABSORBEDOR PARA DISTINTAS TEMPERATURAS DEL GENERADOR. | 43 |
| FIGURA 6.13 COMPARACIÓN ENTRE CICLOS COP vs T_e . COP DEL CICLO DE ABSORCIÓN AL LADO DERECHO Y COP DEL CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR A LA IZQUIERDA. | 45 |
| FIGURA 6.14 COMPARACIÓN ENTRE CICLOS, RENDIMIENTO EXERGÉTICO VS T_e | 45 |
| FIGURA 6.15 COMPARACIÓN ENTRE LOS CICLOS, IRREVERSIBILIDAD DEL CICLO VS T_e | 46 |
| FIGURA 6.16 COMPONENTES DE MÁXIMA IRREVERSIBILIDAD EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL EVAPORADOR..... | 47 |

Notación

| Abreviación | Significado |
|-----------------|--|
| $BrLi$ | Bromuro de litio |
| COP | Coefficiente de desempeño |
| C.R.C.V. | Ciclo de refrigeración por compresión de vapor |
| C.R.A. | Ciclo de refrigeración por absorción |
| ex | Exergía específica de flujo [kJ/kg] |
| h | Entalpía específica [kJ/kg] |
| h_0 | Entalpía estado muerto [kJ/kg] |
| I_c | Irreversibilidad en el compresor [kJ/kg] |
| I_{cd} | Irreversibilidad en el condensador [kJ/kg] |
| I_e | Irreversibilidad en el evaporador [kJ/kg] |
| I_g | Irreversibilidad en el generador [kJ/kg] |
| I_{IC} | Irreversibilidad en el intercambiador de calor [kJ/kg] |
| I_P | Irreversibilidad en la bomba [kJ/kg] |
| I_v | Irreversibilidad en la válvula de expansión [kJ/kg] |
| \dot{m} | Flujo másico [kg/s] |
| NH_3 | Amoniaco |
| P | Presión [bar] |
| P_0 | Presión estado muerto [bar] |
| \dot{Q}_a | Flujo de calor en el absorbedor [kW] |
| \dot{Q}_{cd} | Flujo de calor en el condensador [kW] |
| \dot{Q}_e | Flujo de calor en el evaporador [kW] |
| \dot{Q}_g | Flujo de calor en el generador [kW] |
| s | Entropía específica [$kJ/kg \cdot K$] |
| s_0 | Entropía estado muerto [$kJ/kg \cdot K$] |
| T | Temperatura [K] |
| T_0 | Temperatura estado muerto [K] |
| T_a | Temperatura del absorbedor [K] |
| T_{cd} | Temperatura del condensador [K] |
| T_e | Temperatura del evaporador [K] |
| T_g | Temperatura del generador [K] |
| v | Volumen específico [m^3/kg] |
| \dot{W}_C | Flujo de trabajo del compresor [kW] |
| \dot{W}_P | Flujo de trabajo de la bomba [kW] |
| x | Fracción de amoníaco en mezcla $NH_3 - H_2O$ |
| ϵ_{IC} | Rendimiento del intercambiador de calor |
| η_C | Rendimiento isentrópico del compresor |
| η_{ex} | Rendimiento exergético |
| η_P | Rendimiento isentrópico de la bomba |