

Referências bibliográficas

APREA, C.; MASTRULLO, R. **An experimental evaluation of the vapour compression plant performances in presence of R407C leaks using an electronic expansion valve.** Applied Thermal Engineering, v. 22, n. 2, p. 161-171, 2002.

ASME. **Fundamental of natural convection.** New Jersey, 1993. Relatório Técnico.

BLUNIER, B.; CIRINCIONE, G.; HERVÉ, Y.; MIRAOU, A. **A new analytical and dynamical model of a scroll compressor with experimental validation.** International Journal of Refrigeration, v. 32, n. 5, p. 874-891, 2009.

BTG. Banco de dados BTGAtual. 2013.

CELPE. Cenário Energético Brasileiro. 2010.

CHEN, L.; LIU, J.; CHEN, J.; CHEN, Z. **A new model of mass flow characteristics in electronic expansion valves considering metastability.** International Journal of Thermal Sciences, v. 48, n. 6, p. 1235-1242, 2009.

EPE. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2013. Relatório Técnico.

GENTRY, J. E. **Sistema de bomba de calor com aproveitamento de fonte de calor geotérmica (GSHP).** In: 7th International Conference on System Simulation in Buildings, 2006. Liege.

GOSNEY, W. B. **Principles of refrigeration.** New York: Cambridge University Press, 1982.

HOUGHTON Y J.T. ; GRIGGS DING D.J. ; NOGUER M.; VAN DER LINDEN P.J. ; MASKELL X. DAI, K.; C.A., J. **CLIMATE CHANGE 2001: THE SCIENTIFIC BASIS.** New York: IPCC.Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. Relatório Técnico.

IPCC. Climate Change 2007: Synthesis report.Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2007.

IPCC/TEAP. **Safeguarding the ozone layer and the global climate system - Issues related to HFCs and PFCs.** Bonn, Germany, 2005. Relatório Técnico.

JABARDO, J. M. S.; MAMANI, W. G.; IANELLA, M. R. **Modeling and experimental evaluation of an automotive air conditioning system with a variable capacity compressor**. *International Journal of Refrigeration*, v. 25, n. 8, p. 1157-1172, 2002.

KAHRAMAN, A.; ÇELEBI, A. **Investigation of the Performance of a Heat Pump Using Waste Water as a Heat Source**. *Energies*, v. 2, n. 3, p. 697-713, 2009.

LAZZARIN, R.; NARDOTTO, D.; NORO, M. **Electronic expansion valves vs. thermal expansion valves**. *ASHRAE Journal*, v. 51, n. 2, p. 34+, 2009/02// 2009.

LI, H.; BRAUN, J. E.; SHEN, B. Modeling Adjustable Throat- Area Expansion Valves. In: P. E-Pubs (Ed.). *International Refrigeration and air Conditioning Conference*. Purdue, USA2004.

LI, T.; GUO, K.; WANG, R. **High temperature hot water heat pump with non-azeotropic refrigerant mixture HCFC-22-HCFC-141b**. *Energy conversion and management*, 2002.

LIU, Y.; HUNG, C.; CHANG, Y. **Design optimization of scroll compressor applied for frictional losses evaluation**. *International Journal of Refrigeration*, v. 33, n. 3, p. 615-624, 2010.

LONGO, G. A. **Heat transfer and pressure drop during HFC refrigerant saturated vapour condensation inside a brazed plate heat exchanger**. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, v. 53, n. 5-6, p. 1079-1087, 2010.

MAYTA, J. M. **Simulação de Trocadores de Calor de Placas para Sistemas de Refrigeração em Cascata**. Rio de Janeiro, 2011. (Mestrado) - Departamento de Engenharia Mecânica, PUC.

MOFFAT, R. J. **Contribution to the Theory of Single - Sample Uncertainty Analysis**. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 1982.

_____. **Contribution to the Theory of Single - Sample Uncertainty Analysis**. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 1988.

NANXI, L.; SHI, L.; LIZHONG, H.; MINGSHAN, Z. **Moderately high temperature water source heat-pumps using a near-azeotropic refrigerant mixture**. *Applied Energy*, v. 80, n. 4, p. 435-447, 2005.

NEKSA, P.; AARLIEN, R. Current Status on Heat Pumps With Carbon Dioxide as Working Fluid. In: P. University (Ed.). *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*1998.

OECD. **Electricity generation**. 2013. Relatório Técnico.

PARISE, J. A. R.; BRAGA, S. L.; MOTTA, S. Y. Critical Flow of Refrigerants through Adiabatic Capillary Tubes: Experimental Study of Zeotropic Mixtures R407C and R404a. In: A. Transactions (Ed.). *ASHRAE Transactions*. USA, 2000.

PARISE, J.A.R., Theoretical and experimental analysis of a diesel engine driven heat pump., Ph.D. Thesis, UMIST, University of Manchester, England, January 1983.

SANAYE, S.; CHAHARTAGHI, M. **Thermal modeling and operating tests for the gas engine-driven heat pump systems**. *Energy*, v. 35, n. 1, p. 351-363, 2010.

SANYO. Sanyo scroll compressors for comercial air conditioning. In: S. E. C. Ltd. (Ed.)2003.

SHAH, R. K.; SEKULIĆ, D. P. Heat Exchanger Design Procedures. In:____ **Fundamentals of Heat Exchanger Design**. John Wiley & Sons, Inc., 2007. p. 601-672.

WANG, K.; CAO, F.; XING, Z. **Development and experimental validation of a high-temperature heat pump for heat recovery and building heating**. *Energy and Buildings*, v. 41, n. 7, p. 732-737, 2009.

WANG, L.; SUNDEN, B.; MANGLIK, R. M. **Plate Heat exchangers: design, applications and performance**. Southampton, 2007.

WINANDY, E. L.; LEBRUN, J. **Scroll compressors using gas and liquid injection: experimental analysis and modelling**. *International Journal of Refrigeration*, v. 25, n. 8, p. 1143-1156, 2002.

YAQUB, M.; M. ZUBAIR, S.; KHAN, J.-U.-R. **Performance evaluation of hot-gas by-pass capacity control schemes for refrigeration and air-conditioning systems**. *Energy*, v. 25, n. 6, p. 543-561, 2000.

ZHANG, S.; WANG, H.; GUO, T. **Experimental investigation of moderately high temperature water source heat pump with non-azeotropic refrigerant mixtures**. *Applied Energy*, v. 87, n. 5, p. 1554-1561, 2010.

Apêndice A

Tabela A.1 - Influência da temperatura de mistura do TIT no comportamento da bancada

$T_{TIT}=(6,95-28,65), \Delta T_{sa}=(4,0), \Delta T_s=(4K), \Delta T_{scr}=(10K), \Delta T_{sr}=(6K), T_h=(3,0), T_n=(32,0), T_c=(32,0)$																					
N_c	T_{TIT}	ΔT_{sa}	ΔT_s	ΔT_{scr}	ΔT_{sr}	$\dot{Q}_{evp}$	$\dot{Q}_{cnd}$	$\dot{Q}_{cr}$	$\dot{W}_{CP}$	P_{evp}	P_{cnd}	T_g	T_h	T_m	T_n	T_b	T_c	T_{cnd}	T_{evp}	x	y
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kPa]	[kPa]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[adm]	[adm]
2528	6,95	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,8679	0,01813
2528	9,356	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,8539	0,3893
2528	11,76	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,8365	0,5569
2528	14,17	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,8145	0,6523
2528	16,57	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,7856	0,7139
2528	18,98	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,746	0,757
2528	21,38	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,6885	0,7888
2528	23,79	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,5972	0,8133
2528	26,19	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,4303	0,8327
2528	28,6	4	4	10	6	11,38	11,65	2,035	2,035	302,1	898,3	6,878	3	29,12	32	28,69	32	35,44	0,8437	0,02706	0,8484

Tabela A.5 – A influência da velocidade de rotação do compressor na capacidade de evaporação e das temperaturas de condensação e evaporação em condições constantes para T_c e T_n , T_h e ΔT_s .

N_c [rpm]	ΔT_{ser} [°C]	$\dot{Q}_{evp}$ [kW]	T_{cnd} [°C]	T_{evp} [°C]
2600	8	12,5	43,77	4,637
2674	7,789	12,81	43,86	4,579
2747	7,579	13,11	43,95	4,521
2821	7,368	13,42	44,04	4,464
2895	7,158	13,72	44,13	4,407
2968	6,947	14,02	44,22	4,351
3042	6,737	14,32	44,31	4,294
3116	6,526	14,61	44,4	4,239
3189	6,316	14,9	44,48	4,183
3263	6,105	15,19	44,57	4,128
3337	5,895	15,48	44,65	4,073
3411	5,684	15,77	44,74	4,019
3484	5,474	16,06	44,82	3,965
3558	5,263	16,34	44,91	3,912
3632	5,053	16,62	44,99	3,859
3705	4,842	16,9	45,07	3,806
3779	4,632	17,18	45,15	3,754
3853	4,421	17,45	45,23	3,702
3926	4,211	17,72	45,31	3,65
4000	4	17,99	45,39	3,599
- Os campos indicados em cinza correspondem às variáveis de entrada.				

Tabela A.5 – A influência da velocidade de rotação do compressor na capacidade de evaporação e das temperaturas de condensação e evaporação em condições constantes para T_c e T_n , T_h e ΔT_s .

N_c [rpm]	ΔT_{ser} [°C]	$\dot{Q}_{evp}$ [kW]	T_{cnd} [°C]	T_{evp} [°C]
2600	8	12,5	43,77	4,637
2674	7,789	12,81	43,86	4,579
2747	7,579	13,11	43,95	4,521
2821	7,368	13,42	44,04	4,464
2895	7,158	13,72	44,13	4,407
2968	6,947	14,02	44,22	4,351
3042	6,737	14,32	44,31	4,294
3116	6,526	14,61	44,4	4,239
3189	6,316	14,9	44,48	4,183
3263	6,105	15,19	44,57	4,128
3337	5,895	15,48	44,65	4,073
3411	5,684	15,77	44,74	4,019
3484	5,474	16,06	44,82	3,965
3558	5,263	16,34	44,91	3,912
3632	5,053	16,62	44,99	3,859
3705	4,842	16,9	45,07	3,806
3779	4,632	17,18	45,15	3,754
3853	4,421	17,45	45,23	3,702
3926	4,211	17,72	45,31	3,65
4000	4	17,99	45,39	3,599
- Os campos indicados em cinza correspondem às variáveis de entrada.				

Apêndice B- Código computacional da modelagem da bancada de testes no ambiente do Software “Engineering Equation Solver” (EES Ver. 8.400)

"SIMULAÇÃO DE UMA BANCADA DE TESTES PARA SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO"

"1.0, PARAMETROS BASICAS INICIAIS DE PROJETO"

"1.1 , Condições Externas (Tbs)	: 35,0° C"
"1.2 , Condições Internas (Tbs)	: 23,0° C"
"1.3 , Altitude Local máx. (Hm)	: 100 m"
"1.4 , Capacidade do Sistema (Q,evp)	: 17,5 kW"
"1.5 , Grau de Superaquecimento (DeltaT,sa)	: 8,0° C"
"1.6 , Grau de Sub-resfriamento (DeltaT,sr)	: 3,0° C"
"1.7 , Grau de Sub-resfriamento (DeltaT,scr)	: 5,0° C"
"1.8 , Fator de Perda de Pressão no Cond.(f,cnd)	: 0,001"
"1.9 , Fator de Perda de Pressão no Evap.(f,evp)	: 0,002"
"1.10, Fator de Perda de Pres. Cond. Rejeito(f,cr)	: 0,002"
"1.11, Fator de Perda de V3VR (f,V3VR)	: 0,01"
"1.12, Temperatura de Evaporação (T,evp)	: 4,0° C"
"1.13, Temperatura de Condensação (T,cnd)	: 37,0° C"

"2.0, LEGENDA"

"EVAPORADOR, EVP"

"2.1 .- Temperatura de Entrada da Água	(T,g)"
"2.2 .- Temperatura de Saída da Água	(T,h)"
"2.3 ., Capacidade Térmica	(Q,e)"
"2.4 ., Coeficiente Global de Transferência de Calor	(U,e)"
"2.5 ., Temperatura de Evaporação	(T,evp)"
"2.6 ., Pressão de Evaporação	(P,evp)"
"2.7 ., Grau de Superaquecimento	(DeltaT,sa)"
"2.8 ., Vazão Mássica da Água Gelada	(m,ae)"
"2.9 .- Vazão Mássica de Refrigerante	(m,r)"
"2.10, Entalpia de Entrada de Refrigerante	(h,9)"
"2.11, Entalpia de Saída de Refrigerante	(h,1)"
"2.12, Área de Transferência de Calor	(A,e)"
"2.13, Taxa de Capacidade Calórica	(C,ae)"
"2.14, Efetividade de Temperatura	(Theta,ae)"
"2.15, Numero de Unidade de Transferência de Calor	(NTU,e)"
"2.16, Pressão do refrigerante na Entrada	(P9)"
"2.17, Título da Mistura na Entrada	(x9)"
"2.18, Calor Especifico à Pressão Constante da Água	(Cpah,Cpag)"

"CONDENSADOR, PC"

"2.19, Temperatura de Entrada da Água	(T,b)"
"2.20, Temperatura de Saída da Água	(T,c)"
"2.21, Capacidade Térmica	(Q,cnd)"
"2.22, Coeficiente Global de Transferência de Calor	(U,cnd)"
"2.23, Temperatura de Condensação	(T,cnd)"
"2.24, Pres. de Condensação	(P,cnd)"

"2.25, Grau de Sub-resfriamento de Líquido	(DeltaT,sr)"
"2.26, Vazão Mássica da Água Quente	(m,ac)"
"2.27, Vazão Mássica de Refrigerante	(m,rc)"
"2.28, Entalpia de Entrada de Refrigerante	(h,3)"
"2.29, Entalpia de Saída de Refrigerante	(h,4)"
"2.30, Área de Transferência de Calor	(A,c)"
"2.31, Taxa de Capacidade Calórica	(C,ac)"
"2.32, Efetividade de Temperatura	(Theta,ac)"
"2.33, Numero de Unidade de Transferência de Calor	(NTU,c)"
"2.34, Pressão do Gás na Entrada	(P3)"
"2.35, Pressão do Gás na Saída	(P4)"
"2.36, Temperatura do Gás na Entrada	(T3)"
"2.37, Temperatura do Gás na Saída	(T4)"
"2.38, Entalpia do Gás na Entrada	(h3)"
"2.39, Entalpia do Gás na Saída	(h4)"
"2.40, Calor Específico à Pressão Constante da Água	(Cpab,Cpab)"
"2.41, Relação de Pressões do Gás	(Rp)"

"CONDENSADOR DE REJEITO, RC"

"2.42, Temp. de Entrada da Água	(T,m)"
"2.43, Temp. de Saída da Água	(T,n)"
"2.44, Capacidade Térmica	(Q,cr)"
"2.45, Coeficiente Global de Transferência de Calor	(U,cr)"
"2.46, Grau de Sub-resfriamento	(DeltaT,scr)"
"2.47, Vazão Mássica da Água	(m,acr)"
"2.48, Vazão Mássica de Refrigerante	(m,rcr)"
"2.49, Entalpia de Entrada de Refrigerante	(h,5)"
"2.50, Entalpia de Saída de Refrigerante	(h,6)"
"2.51, Área de Transferência de Calor	(A,cr)"
"2.52, Taxa de Capacidade Calórica	(C,acr)"
"2.53, Efetividade de Temperatura	(Theta,acr)"
"2.54, Numero de Unidade de Transferência de Calor	(NTU,cr)"
"2.55, Pressão do Gás na Entrada	(P5)"
"2.56, Pressão do Gás na Saída	(P6)"
"2.57, Temperatura do Gás na Entrada	(T5)"
"2.58, Temperatura do Gás na Saída	(T6)"
"2.59, Calor Específico à Pressão Constante da Água	(Cpam,Cpan, Cpo)"
"2.60, Temperatura da Água na Saída da Torre de Arrefecimento	(To)"

"COMPRESSOR, CP"

"2.61, Potencia	(W,cp)"
"2.62, Eficiência Isentrópica	(Eta,s)"
"2.63, Entalpia de Entrada de Refrigerante	(h,1)"
"2.64, Entalpia de Saída de Refrigerante	(h,2)"
"2.65, Entalpia de Saída Isentrópica	(h,2s)"
"2.66, Fração de Carga Parcial	(X)"
"2.67, Expoente Politropico	(n)"
"2.68, Expoente Isentrópico	(Gamma)"
"2.69, Volume deslocado	(Vc)"
"2.70, Numero de Revoluções por minuto	(Nc)"
"2.71, Pressão na Sucção	(P1)"
"2.72, Pressão na Descarga	(P2)"
"2.73, Temperatura na Sucção	(T1)"
"2.74, Temperatura na Descarga	(T2)"
"2.75, Entropia na Sucção	(S1)"
"2.76, Volume Específico na Sucção	(v1)"
"2.77, Massa Específica na Sucção	(Rho1)"

"TANQUE INERCIAL TÉRMICO, TIT"

"2.78, Temperatura de Entrada da Água Fria (T,l;T,h;T,k)"
 "2.79, Temperatura de Entrada da Água Quente (T,e;T,c;T,d)"
 "2.80, Temperatura de Saída da Água (T,ma;T,f;T,a)"
 "2.81, Razão de Recirculação no Evaporador (y)"
 "2.82, Razão de Recirculação no Condensador (x)"
 "2.83, Calor Específico à Pressão Constante da Água (Cpama, Cpma)"

"VALVULA DE ÁGUA GELADA (3VIAS), W3VG"

"2.84, Vazão de Recirculação (m,aek)"
 "2.85, Vazão de Água Gelada do Tanque (m,aef)"

"VALVULA DE ÁGUA DE CONDENSAÇÃO (3VIAS), W3VC"

"2.86, Vazão de Recirculação (m,acd)"
 "2.87, Vazão de Água Quente do Tanque (m,ace)"

"VALVULA DE REFRIGERANTE (3VIAS), V3VR"

"2.88, Vazão Mássica de Refrigerante (Condensador de Rejeito) (m,rcr)"
 "2.89, Vazão Mássica de Refrigerante (Condensador de Processo) (m,rc)"
 "2.90, Fração Mássica de Refrigerante (Condensador de Rejeito) (x,r)"
 "2.91, Fração Mássica de Refrigerante (Condensador de Processo) (y,r)"

"AQUECEDOR DE REFRIGERANTE, EH"

"2.65, Transmitância Térmica Global (KA)"

"SISTEMA "

"2.92, Grau de Sub-resfriamento do Sistema (DeltaT,S)"
 "2.93, Refrigerante Elegido (REFRI\$)"
 "2.94, Capacidade Volumétrica do Tanque (V,TIT)"
 "2.95, Entalpia de Mistura do Líquido (h7)"
 "2.96, Entalpia de Entrada no Dispositivo de Expansão (h8)"
 "2.97, Pressão na Mistura do Líquido (P7)"
 "2.98, Temperatura na Mistura do Líquido (T7)"
 "2.99, Pressão na Entrada no Dispositivo de Expansão (P8)"
 "2.100, Temperatura na Entrada no Dispositivo de Expansão (T8)"
 "2.101, Volume Específico na Entrada no Dispositivo de Expansão (v8)"
 "2.102, Massa Específica na Entrada no Dispositivo de Expansão (Rho8)"

Function VazãoVET(DeltaT_sa; DeltaT_sa_max; Rho_8; T_c; P_8; P_9) if (T_c > ((-0,2375 * DeltaT_sa^2 + 3,751 * DeltaT_sa + 1,2347), 33,806) / (-0,5742))

Then

VazãoVET := 3,9529 * (10^(-6)) * (2 * (DeltaT_sa / DeltaT_sa_max), (DeltaT_sa / DeltaT_sa_max)^(2)) * ((Rho_8 * (P_8, P_9) * 1000)^(0,5))

Else

VazãoVET := 3,60 * (10^(-6)) * (2 * (DeltaT_sa / DeltaT_sa_max), (DeltaT_sa / DeltaT_sa_max)^(2)) * ((Rho_8 * (P_8, P_9) * 1000)^(0,5))

Endif

End

"----- DADOS DO COMPRESSOR, -----"

Gamma	= 1,106
V_c	= 0,0001205
N_c	= 2975

"----- DADOS DO EVAPORADOR DE PLACA, -----"

T_h	= 7,00
DeltaT_sa	= 5,00
f_evap	= 0,002
A_e	= 2,448
m_dot_ae	= 0,6975

"----- DADOS DO CONDENSADOR DE PLACA, -----"

DeltaT_sr	= 6,00
f_cnd	= 0,001
T_c	= 35,00
A_c	= 1,392
m_dot_ac	= 0,842

"----- DADOS DO CONDENSADOR DE REJEITO, -----"

DeltaT_scr	= 4,00
f_cr	= 0,002
T_n	= 35,00}
A_cr	= 2,00
m_dot_acr	= 0,2037

"----- DADOS DO SISTEMA, -----"

DeltaT_S = 4,00
 REFRI\$ = 'R134a'
 "REFRI\$ = {R22, R134a, R410A e 407c}"
 T_o = 20,00

"----- DADOS DE 3 VIAS DE REFRIGERANTE, -----"

f_V3VR = 0,01

"----- DADOS DO TANQUE PULMÃO-----"

T_ma = 15,0

"----- DADOS DE VÁLVULA DE EXPANSÃO, -----"

DeltaT_sa_max = 8,00

"---- DET. DOS ESTADOS TERMODINAMICOS-----"

"----- Entrada do Compressor, -----"

P_1 = P_evap
 T_1 = T_evap + DeltaT_sa
 T_evap = Temperature (REFRI\$; P=P_evap; X = 1)
 h_1 = Enthalpy (REFRI\$; T = T_1; P = P_1)
 S_1 = Entropy (REFRI\$; P = P_evap; T = T_1)
 v_1 = Volume (REFRI\$; P = P_evap; T = T_1)
 Rho_1 = 1 / V_1

"----- Saída do Compressor, -----"

P_2 = P_5 / (1, f_V3VR)
 h_2 = h_1 + (h_2s, h_1) / Eta_s
 h_2 = Enthalpy (REFRI\$; T = T_2; P = P_2)
 h_2s = Enthalpy (REFRI\$; P = P_2; S = S_1)
 v_2 = Volume (REFRI\$; P = P_2; T = T_2)
 n = Ln(P_1/P_2)/Ln(V_2/V_1)
 Rho_2 = 1 / V_2

"----- Entrada do Condensador de Placa, -----"

P_3 = (1 + f_cnd) * P_cnd
 h_3 = h_2
 T_3 = Temperature (REFRI\$; P=P_3; h=h_3)

"----- Saída do Condensador de Placa, -----"

P_4 = P_cnd
 T_cnd = Temperature (REFRI\$; P = P_cnd; x = 0)
 T_4 = Temperature (REFRI\$; P = P_4 ; x = 0), DeltaT_sr
 h_4 = Enthalpy (REFRI\$; T = T_4; P = P_4)

"----- Entrada do Condensador de Rejeito, -----"

P_5 = (1 + f_cr) * P_cnd
 T_5 = Temperature(REFRI\$; P=P_5; h=h_5)
 h_5 = h_2

"----- Saída do Condensador de Rejeito, -----"

P_6 = P_cnd
 T_6 = Temperature (REFRI\$; P = P_6 ; x = 0), DeltaT_scr
 h_6 = Enthalpy (REFRI\$; T = T_6; P = P_6)

"----- Mistura das Linhas de Liquido, -----"

$$\begin{aligned} P_7 &= P_{cnd} \\ h_7 &= x_r * h_6 + y_r * h_4 \\ T_7 &= \text{Temperature}(\text{REFRI\$}; h = h_7; P = P_7) \\ \Delta T_{7sr} &= T_{cnd} - \text{Temperature}(\text{REFRI\$}; h = h_7; P = P_7) \end{aligned}$$

"----- Entrada dos Dispositivos de Expansão, -----"

$$\begin{aligned} P_8 &= P_{cnd} \\ T_8 &= \text{Temperature}(\text{REFRI\$}; P = P_8; x = 0), \Delta T_S \\ h_8 &= \text{Enthalpy}(\text{REFRI\$}; T = T_8; P = P_8) \\ v_8 &= \text{Volume}(\text{REFRI\$}; T = T_8; P = P_8) \\ \rho_8 &= 1 / v_8 \end{aligned}$$

"----- Entrada do Evaporador, -----"

$$\begin{aligned} P_9 &= P_1 / (1, f_{evp}) \\ h_9 &= h_8 \\ x_9 &= (h_9, \text{Enthalpy}(\text{REFRI\$}; X = 0; P = P_9)) / (\text{Enthalpy}(\text{REFRI\$}; X = 1; P = P_9), \text{Enthalpy}(\text{REFRI\$}; X = 0; P = P_9)) \end{aligned}$$

"----- Calores Específicos da Água, -----"

$$\begin{aligned} C_{p_ad} &= C_p(\text{Water}; T = T_c; P = 100) \\ C_{p_ab} &= C_p(\text{Water}; T = T_b; P = 100) \\ C_{p_ah} &= C_p(\text{Water}; T = T_h; P = 100) \\ C_{p_ag} &= C_p(\text{Water}; T = T_g; P = 100) \\ C_{p_ama} &= C_p(\text{Water}; T = T_{ma}; P = 100) \\ C_{p_acr} &= C_p(\text{Water}; T = T_n; P = 100) \\ C_{p_ac} &= C_p(\text{Water}; T = T_c; P = 100) \\ C_{p_ae} &= C_p(\text{Water}; T = T_h; P = 100) \\ C_{p_o} &= C_p(\text{Water}; T = T_o; P = 100) \\ C_{p_n} &= C_p(\text{Water}; T = T_n; P = 100) \\ C_{p_m} &= C_p(\text{Water}; T = T_m; P = 100) \end{aligned}$$

"----- MODELAGEM DOS COMPONENTES DO SISTEMA-----"

"----- Saída do Compressor, -----"

$$\begin{aligned} W_{dot_cp} &= m_{dot_r} * (h_2, h_1) \\ m_{dot_r} &= \eta_v * (1/v_1) * V_c * N_c / 60 \\ R_p &= P_1 / P_2 \\ R_{p_crit} &= (2 / (\Gamma + 1))^{\Gamma / (\Gamma - 1)} \\ R_{p_i} &= P_2 / P_1 \\ a &= 1,053 \\ b &= 0,028 \\ B_0 &= 1,2328 \\ B_1 &= 0,1802 \\ B_2 &= 0,0147 \\ \eta_v &= a + b * (R_{p_i}) \\ \eta_s &= B_0 + B_1 * (R_{p_i}) + B_2 * (R_{p_i})^2 \end{aligned}$$

"----- Condensador de Placa, -----"

$$\begin{aligned} Q_{dot_cnd} &= m_{dot_rc} * (h_3, h_4) \\ Q_{dot_cnd} &= m_{dot_ac} * C_{p_ac} * (T_c, T_b) \\ U_{cnd} &= 1,706 * ((1,392 / A_c) * (m_{dot_ac} / 0,8419))^{0,3} \\ T_c &= (1, \theta_{ac}) * T_b + \theta_{ac} * T_{cnd} \\ \theta_{ac} &= 1 - \exp(-NTU_c) \\ NTU_c &= U_{cnd} * A_c / (C_{dot_ac}) \\ C_{dot_ac} &= m_{dot_ac} * C_{p_ac} \end{aligned}$$

"----- Condensador de Rejeito, -----"

$$\begin{aligned} Q_{\dot{cr}} &= m_{\dot{rcr}} * (h_5, h_6) \\ Q_{\dot{cr}} &= m_{\dot{acr}} * C_{p_acr} * (T_n, T_m) \\ T_n &= (1, \theta_{acr}) * T_m + \theta_{acr} * T_{cnd} \\ U_{cr} &= 0,25 * (m_{\dot{acr}} / 0,2037)^{0,8} \\ \theta_{acr} &= 1 - \exp(-NTU_{cr}) \\ NTU_{cr} &= U_{cr} * A_{cr} / (C_{\dot{acr}}) \\ \alpha &= m_{\dot{acr}} / m_{\dot{acr}} \\ T_m &= ((1 - \alpha) * C_{p_o} * T_o + \alpha * C_{p_n} * T_n) / C_{p_m} \end{aligned}$$

"----- Evaporador , -----"

$$\begin{aligned} Q_{\dot{e}} &= m_{\dot{r}} * (h_1, h_9) \\ Q_{\dot{e}} &= m_{\dot{ae}} * C_{p_ae} * (T_g, T_h) \\ U_e &= 1,234 * ((2,448 / A_e) * (m_{\dot{ae}} / 0,6975))^{0,3} \\ T_h &= (1, \theta_{ae}) * T_g + \theta_{ae} * T_{evp} \\ \theta_{ae} &= 1 - \exp(-NTU_e) \\ NTU_e &= U_e * A_e / (C_{\dot{ae}}) \\ C_{\dot{ae}} &= m_{\dot{ae}} * C_{p_ae} \end{aligned}$$

"----- Sistema , -----"

$$\begin{aligned} Q_{\dot{cr}} &= W_{\dot{cp}} \\ COP &= Q_{\dot{e}} / W_{\dot{cp}} \\ W_{\dot{el}} &= m_{\dot{r}} * (h_8, h_7) * 1000 \end{aligned}$$

"----- Válvula de 3 Vias de Refrigerante , -----"

$$\begin{aligned} m_{\dot{r}} &= m_{\dot{rcr}} + m_{\dot{rc}} \\ x_r &= m_{\dot{rcr}} / m_{\dot{r}} \\ y_r &= m_{\dot{rc}} / m_{\dot{r}} \end{aligned}$$

"----- Válvula de Expansão N°1, -----"

$$\begin{aligned} m_{\dot{r}} &= \text{VazãoVET}(\Delta T_{sa}; \Delta T_{sa_max}; \rho_8; T_c; P_8; P_9) \\ \Delta P &= (P_8, P_9) \end{aligned}$$

"----- Válvula de Água Gelada , -----"

$$\begin{aligned} T_g &= ((1 - y) * C_{p_ama} * T_{ma} + y * C_{p_ah} * T_h) / C_{p_ag} \\ m_{\dot{ae}} &= m_{\dot{aek}} + m_{\dot{aef}} \\ y &= m_{\dot{aek}} / m_{\dot{ae}} \end{aligned}$$

"----- Válvula de Água de Condensação , -----"

$$T_b = ((1, x) * C_{p_ama} * T_{ma} + x * C_{p_ad} * T_c) / C_{p_ab}$$

"----- VARIÁVEIS DE PROCESSO-----"

"----- Tanque Inercial Térmico , -----"

$$\begin{aligned} T_{ma_r} &= ((1-y) * m_{\dot{ae}} * C_{p_ah} * T_h + (1-x) * m_{\dot{ac}} * C_{p_ac} * T_c) / (((1-y) * m_{\dot{ae}} + (1-x) * m_{\dot{ac}}) * C_{p_ama}) \\ \rho_{Mix} &= \text{Density}(\text{Water}; T=T_{ma}; P=101,325) \\ \Delta T_{ma_t} &= (Q_{\dot{cnd}} - Q_{\dot{e}}) / (\rho_{Mix} * V_{TIT} * C_{p_ama}) \end{aligned}$$

"----- Válvula de 3 Vias de V3VR , -----"

$$C_{v3} = (47,2 * m_{\dot{r}} * 3600 * 10^{(-3)}) / (0,0102 * ((P_2, P_3) * (P_2 + P_3) * (\rho_2 / 1,382))^{0,5})$$

"----- Valvula de 2 Vias de SRV , -----"

$$C_{v2} = (47,2 * 0,35 * m_{dot_r} * 3600 * 10^{(-3)}) / (0,0102 * ((20,70) * (2 * P_{1, 20,70}) * (Rho_1 / 1,382))^{0,5})$$

"----- Cálculo de Incertezas , -----"

Delta_P1_rel	= 0,01
Delta_T1_rel	= 0,01
Delta_P2_rel	= 0,02
Delta_T2_rel	= 0,01
Delta_P4_rel	= 0,02
Delta_T4_rel	= 0,01
Delta_P6_rel	= 0,02
Delta_T6_rel	= 0,01
Delta_P8_rel	= 0,02
Delta_T8_rel	= 0,01
Delta_m_dot_r_rel	= 0,0025
Delta_m_dot_rcr_rel	= 0,0025
Delta_m_dot_rcnd_rel	= 0,0025
D_v_8_rel	= 0,005
Delta_VC_rel	= 0,005
Delta_N_c_rel	= 0,0005
D_RHO_1_rel	= 0,005
DT	= 0,5
DP	= 1,5
D_H_1_rel	= 0,005
D_H_2_rel	= 0,005
D_H_3_rel	= 0,005
D_H_4_rel	= 0,005
D_H_6_rel	= 0,005
D_H_9_rel	= 0,005
Delta_T_1	= Delta_T1_rel * T_1
Delta_P_1	= Delta_P1_rel * P_1
Delta_T_2	= Delta_T2_rel * T_2
Delta_P_2	= Delta_P2_rel * P_2
Delta_T_4	= Delta_T4_rel * T_4
Delta_P_4	= Delta_P4_rel * P_4
Delta_T_6	= Delta_T6_rel * T_6
Delta_P_6	= Delta_P6_rel * P_6
Delta_T_8	= Delta_T8_rel * T_8
Delta_P_8	= Delta_P8_rel * P_8
Delta_rp_rel	= ((Delta_P1_rel)^2 + (Delta_P2_rel)^2)^(0,5)
Delta_V_rel	= ((Delta_m_dot_r_rel)^2 + (Delta_v_8_rel)^2)^(0,5)
Delta_v_8_rel	= ((D_v_8_rel)^2 + (((1/v_8) * D_v_8D_T_8)^2) * (Delta_T_8)^2 + (((1/v_8) * D_v_8D_P_8)^2) * (Delta_P_8)^2)^(0,5)
D_v_8D_T_8	= (Volume (REFRI\$; T = T_8 + DT; P = P_8), Volume (REFRI\$; T = T_8, DT; P = P_8))/(2*DT)
D_v_8D_P_8	= (Volume (REFRI\$; T = T_8 ; P = P_8 + DP), Volume (REFRI\$; T = T_8; P = P_8 + DP))/(2*DP)
Delta_Eta_v_rel	= ((Delta_m_dot_r_rel)^2 + (Delta_VC_rel)^2 + (Delta_RHO_1_rel)^2 + (Delta_N_c_rel)^2)^(0,5)
Delta_RHO_1_rel	= ((D_RHO_1_rel)^2 + (((1/Rho_1) * (D_RHO_1DT_1))^2) * (Delta_T_1)^2 + (((1/Rho_1)*(D_RHO_1DP_1))^2) * (Delta_P_1)^2)^(0,5)
D_RHO_1DT_1	= (Density(REFRI\$; T=T_1 + DT; P=P_1), Density(REFRI\$; T=T_1, DT; P=P_1)) / (2 * DT)

D_RHO_1DP_1	= (Density(REFRI\$; T=T_1 ; P=P_1 + DP), Density(REFRI\$; T=T_1 ; P=P_1, DP)) / (2 * DP)
Delta_W_CP_rel	= ((Delta_m_dot_r_rel)^2 + (Delta_H_2_rel / (1-h_1/h_2))^2 + (Delta_H_1_rel / (h_2/h_1-1))^2)^(0,5)
Delta_H_2_rel	= ((D_H_2_rel)^2 + ((1/h_2 * D_h_2DT_2)^2) * (Delta_T_2)^2 + ((1/h_2 * D_h_2DP_2)^2) * (Delta_P_2)^2)^(0,5)
D_h_2DP_2	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_2 ; P=P_2 + DP), Enthalpy(REFRI\$; T=T_2 ; P=P_2, DP)) / (2 * DP)
D_h_2DT_2	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_2+DT ; P=P_2), Enthalpy(REFRI\$; T=T_2-DT ; P=P_2)) / (2 * DT)
D_h_1DP_1	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_1 ; P=P_1 + DP), Enthalpy(REFRI\$; T=T_1 ; P=P_1, DP)) / (2 * DP)
D_h_1DT_1	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_1+DT ; P=P_1), Enthalpy(REFRI\$; T=T_1-DT ; P=P_1)) / (2 * DT)
Delta_H_1_rel	= ((D_H_1_rel)^2 + ((1/h_1 * D_h_1DT_1)^2) * (Delta_T_1)^2 + ((1/h_1 * D_h_1DP_1)^2) * (Delta_P_1)^2)^(0,5)
Delta_Q_dot_e_rel	= ((Delta_m_dot_r_rel)^2 + (Delta_H_1_rel / (1-h_9/h_1))^2 + (Delta_H_9_rel / (h_1/h_9-1))^2)^(0,5)
Delta_H_9_rel	= ((D_H_9_rel)^2 + ((1/h_8 * D_h_8DT_8)^2) * (Delta_T_8)^2 + ((1/h_8 * D_h_8DP_8)^2) * (Delta_P_8)^2)^(0,5)
D_h_8DP_8	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_8 ; P=P_8 + DP), Enthalpy(REFRI\$; T=T_8 ; P=P_8, DP)) / (2 * DP)
D_h_8DT_8	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_8+DT ; P=P_8), Enthalpy(REFRI\$; T=T_8-DT ; P=P_8)) / (2 * DT)
Delta_Q_dot_cnd_rel	= ((Delta_m_dot_rcnd_rel)^2 + (Delta_H_3_rel / (1-h_4/h_3))^2 + (Delta_H_4_rel / (h_3/h_4-1))^2)^(0,5)
Delta_H_3_rel	= ((D_H_3_rel)^2 + ((1/h_2 * D_h_2DT_2)^2) * (Delta_T_2)^2 + ((1/h_2 * D_h_2DP_2)^2) * (Delta_P_2)^2)^(0,5)
Delta_H_4_rel	= ((D_H_4_rel)^2 + ((1/h_4 * D_h_4DT_4)^2) * (Delta_T_4)^2 + ((1/h_4 * D_h_4DP_4)^2) * (Delta_P_4)^2)^(0,5)
D_h_4DP_4	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_4 ; P=P_4 + DP), Enthalpy(REFRI\$; T=T_4 ; P=P_4, DP)) / (2 * DP)
D_h_4DT_4	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_4+DT ; P=P_4), Enthalpy(REFRI\$; T=T_4-DT ; P=P_4)) / (2 * DT)
Delta_Q_dot_cr_rel	= ((Delta_m_dot_rcr_rel)^2 + (Delta_H_2_rel / (1-h_6/h_2))^2 + (Delta_H_6_rel / (h_2/h_6-1))^2)^(0,5)
Delta_H_6_rel	= ((D_H_6_rel)^2 + ((1/h_6 * D_h_6DT_6)^2) * (Delta_T_6)^2 + ((1/h_6 * D_h_6DP_6)^2) * (Delta_P_6)^2)^(0,5)
D_h_6DP_6	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_6 ; P=P_6 + DP), Enthalpy(REFRI\$; T=T_6 ; P=P_6, DP)) / (2 * DP)
D_h_6DT_6	= (Enthalpy(REFRI\$; T=T_6+DT ; P=P_6), Enthalpy(REFRI\$; T=T_6-DT ; P=P_6)) / (2 * DT)

Anexos

Anexo A.1-Especificações Técnicas do Condensador de processo.

Fonte: Alfa Laval.

Brazed Plate Heat Exchanger



Technical Specification

N/REF: 2483

Model : CB30-50H(H21,B21)
Item : CONDENSADOR R134A Date : 31/08/2012

		Hot Side Primary side(S4) R134a	Cold side Secondary side Water
Fluid			
Mass flow rate	kg/h	335.2	3031
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	335.2	0.000
Inlet temperature	°C	60.0	30.0
Dew p.	°C	40.0	
Outlet temperature(vapor/liquid)	°C	40.0/37.0	35.0
Operating pressure(In/Out)	bara	10.2/10.2	
Pressure drop	kPa	0.698	6.61
Velocity connection(In/Out)	m/s	5.18/0.198	2.04/2.04
Heat Exchanged	kW	17.60	
Margin	%	26	
Mean Temperature Difference	K	7.4	
Relative directions of fluids		Countercurrent	
Number of passes		1	1
Materialplate/ brazing		Alloy 316 / Cu	
ConnectionS1 (Cold-Out)		Threaded (External)/ 1" ISO 228/1-G (B21) Alloy	
304			
ConnectionS2 (Cold-In)		Threaded (External)/ 1" ISO 228/1-G (B21) Alloy	
304			
ConnectionS3 (Hot-Out)		Soldering/ 1-1/8" (H21) Alloy 304	
ConnectionS4 (Hot-In)		Soldering/ 1-1/8" (H21) Alloy 304	
Pressure vessel code		PED	
Design pressureat90.0 °C	Bar	40.0	40.0
Design pressureat225.0 °C	Bar	32.0	32.0
Design temperature	°C	-196.0/225.0	
Overall length x width x height	mm	153 x 113 x 313	
Net weight, empty / operating	kg	7.47 / 7.47	

Performance is conditioned on the accuracyof customer's data and customer's abilityto supply equipment and products in conformity therewith.

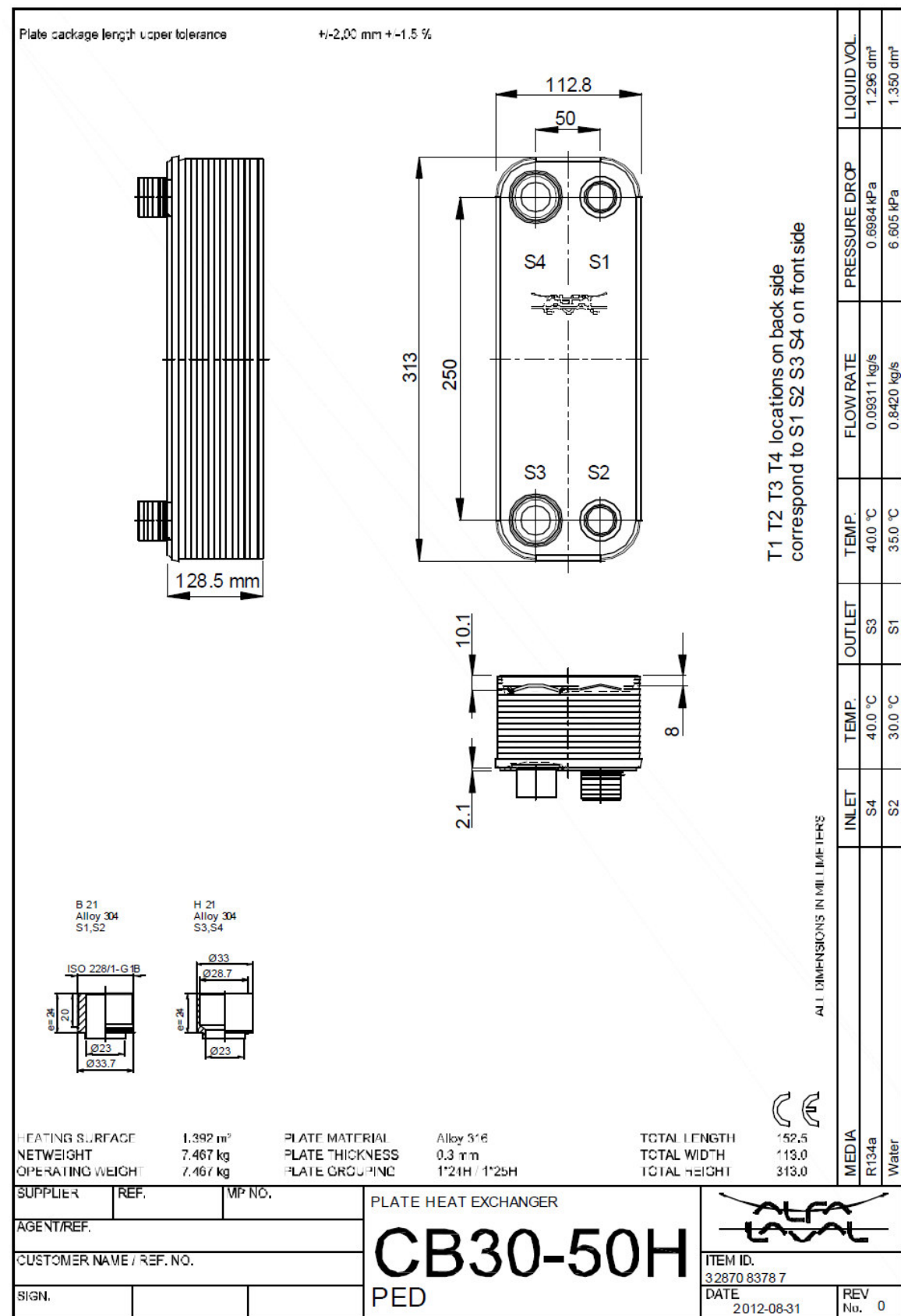
Notas:

1. Estamos considerando calor rejeitado Condensador 17,6 kW conforme cliente
2. Qualidade água (tratada) overdesign equivalente fouling 0,0001213 m²hoC/kcal
3. Frequencia manutenção função qualidade de água

Unit description						
CB30-50H(H21,B21)						
No of units in parallel		1				
Weight / unit		7.467 kg				
Max design temp		60.0/ 35.0 °C				
Max design pr.		5.000/ 5.000 bar				
Clean k-value:		2151		Service k-value:		1706 W/(m²K)
Effective area:		1.392		Total area:		1.450 m²
Fouling:		0.000		Effective fouling:		1.213 m²K/W
Margin:		15.0<M= 26.1				
Hot Side R134a				Cold Side Water		
Condensing				Liquid Heating		
1*24H 0.6984< 50.00kPa				1*25H 6.605< 50.00kPa		
Dp(ch)=0.5611 Dp(p)=-0.04583/ 0.006381 kPa				Dp(ch)=4.937 Dp(p)=0.07479/ 0.4246 kPa		
Conn. 23.0/ 23.0 mm				Conn. 23.0/ 23.0 mm		
In v(c/neck/ch)= 5.180/ 1.176/ 0.4108 m/s				v(c/neck/ch)= 2.038/ 0.4441/ 0.1552 m/s		
Out v(ch/neck/c)= 0.01571/ 0.04496/ 0.1981 m/s				v(ch/neck/c)= 0.1554/ 0.4449/ 2.042 m/s		
tau(wall)= Pa				tau(wall)= 18.58 Pa		
	T (v/l)	P (bara)	Q		T (v/l)	P (bara) Q
In	60.0	10.17	2.000		30.0	
Out	40.0	10.16	0.000		35.0	
Twall min/max	32.0/ 36.6 °C			Twall min/max	31.7/ 36.4 °C	
Fluid composition						
R134a		335.2 kg/h		Water		3031 kg/h
In v/l		335.2/ 0.000		In v/l		0.000/ 3031
Out v/l		0.00001498/ 335.2		Out v/l		0.000/ 3031

Physical Properties

(inlet/outlet)	Hot Side Liquid	Vapour	Cold side Liquid	Vapour
Dens	1030/1131	43.27/47.65	994.4/992.7	
Sp.heat	1.697/1.520	1.058/1.144	4.182/4.179	
Visc	0.178/0.200	0.0167/0.0152	0.801/0.721	
Th.Cond	0.0705/0.0787	0.0172/0.0152	0.617/0.624	
Bub. p.		40.0/40.0		
Dew p.		40.0/40.0		
Mol.W.		102.30/102.30		
Cr.pr.		40.55/40.55		
Cr.Temp.		101.0/101.0		
Lat.heat		162.4/162.4		



Anexo A.2, Especificações Técnicas do Evaporador.

Fonte: Alfa laval.

Brazed Plate Heat Exchanger



Technical Specification

N/REF: 2483

Model : AC-70X-50M(G67,H34,B32)
Item : EVAPORADOR R134A Date : 31/08/2012

		Hot Side Secondary side	Cold side Primary
side(S4)			
Fluid		Water	R134a
Mass flow rate	kg/h	2511	432.9
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	0.000	316.5
Inlet temperature	°C	12.0	1.2
Dew p.	°C		0.0
Outlet temperature(vapor/liquid)	°C	6.0	5.0
Operating pressure(In/Out)	bara	/	3.51/2.91
Pressure drop	kPa	7.38	60.6
Velocity connection(In/Out)	m/s	0.987/0.986	3.25/12.4
Heat Exchanged	kW	17.60	
Margin	%	120	
Mean Temperature Difference	K	5.8	
Relative directions of fluids		Countercurrent	
Number of passes		1	1
Materialplate/ brazing		Alloy 316 / Cu	
ConnectionS1 (Hot-In)		Threaded (External)/ 1"1/4 ISO 228/1-G (B32)	
Alloy 304			
ConnectionS2 (Hot-Out)		Threaded (External)/ 1"1/4 ISO 228/1-G (B32)	
Alloy 304			
ConnectionS3 (Cold-In)		Soldering/ 16 mm (G67) Alloy 304	
ConnectionS4 (Cold-Out)		Soldering/ 1"3/8 (H34) Alloy 304	
Pressure vessel code		PED	
Design pressureat-196.0 °C	Bar	32.0	32.0
Design pressureat150.0 °C	Bar	32.0	32.0
Design temperature	°C	-196.0/150.0	
Overall length x width x height	mm	150 x 111 x 526	
Net weight, empty / operating	kg	12.0 / 12.0	

Performance is conditioned on the accuracyof customer's data and customer's abilityto supply equipment and products in conformity therewith.

Notas:

1. Overdesign função disponibilidade de estoque
2. Perda de pressão (área radiante placas) 0,12 kgf/cm2 equivalente a 1,2oC

Unit description						
AC-70X-50M(G67,H34,B32)						
No of units in parallel	1					
Weight / unit	12.01 kg					
Max design temp	15.0/ 5.0 °C					
Max design pr.	5.000/ 5.000 bar					
Clean k-value:	2721	Service k-value:		1234	W/(m²*K)	
Effective area:	2.448	Total area:		2.550	m²	
Fouling:	0.000	Effective fouling:		4.427	m²*K/W	
Margin:	<M= 120					
Hot Side Water				Cold Side R134a		
Liquid Cooling				Vapourizing		
1*25MH 7.383< kPa				1*24ML 60.64< kPa		
Dp(ch)=6.989 Dp(p)=0.04429/ 0.2506 kPa				Dp(ch)=11.49 Dp(p)=48.21/ 0.7819 kPa		
Conn. 1/ 1 30.0/ 30.0 mm				Conn. 1/ 1 30.0/ 30.0 mm		
In v(c/neck/ch)= 0.9874/ 0.3627/ 0.1396 m/s				v(c/neck/ch)= 3.246/ 1.242/ 0.4781 m/s		
Out v(ch/neck/c)= 0.1394/ 0.3622/ 0.9860 m/s				v(ch/neck/c)= 1.828/ 4.750/ 12.41 m/s		
tau(wall)= 13.70 Pa				tau(wall)= Pa		
In	T (v/l) 12.0	P (bara)	Q	In	T (v/l) 1.2	P(bara) 3.512
Out	6.0			Out	5.0	2.906
Sat.			0.0			2.000
Twall min/max	4.3/ 11.6 °C			Twall min/max	4.1/ 11.6 °C	
Fluid composition						
Water	2511 kg/h			R134a	432.9 kg/h	
In v/l	0.000/ 2511			In v/l	116.4/ 316.5	
Out v/l	0.000/ 2511			Out v/l	432.9/ 0.000	

Physical Properties

(inlet/outlet)	Hot Side Liquid	Vapour	Cold side Liquid	Vapour
Dens	999.5/1001		1301/1286	14.52/13.66
Sp.heat	4.201/4.209		1.297/1.312	0.9012/0.8893
Visc	1.24/1.47		0.268/0.259	0.0127/0.0129
Th.Cond	0.590/0.580		0.0951/0.0935	0.0116/0.0119

