Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología
IQ4303 – Operaciones Unitarias y Procesos de Separación

Auxiliar Extra: Control 3

J. Asenjo – D. Dueñas – A. Olivera – B. Parraguez – F. Véliz – J. Vergara
11 de Noviembre de 2017

1. Un evaporador de simple efecto será utilizado en una industria alimentaria para concentrar un flujo de 10.000 lb/h de una solución de azúcar que ingresará al equipo a 80°F conteniendo un 15% en peso de sólidos. La solución se desea concentrar hasta un 30% en peso. Se utilizará vapor saturado a 240°F para el calentamiento, y la presión del espacio de evaporación será de 1 atm absoluta. Si la elevación del punto de ebullición se rige por la siguiente ecuación:

   $BRP\ (°F) = 3{,}2 \cdot X + 11{,}2 \cdot X^2$

   y la capacidad calorífica de la solución por:

   $Cp\ (BTU/lb\ °F) = 1{,}0 - 0{,}56 \cdot X$

   donde X es la fracción en peso de azúcar. Calcule el área requerida por el evaporador y la cantidad de vapor en lb/h.

   DATOS: U = 350 [BTU/h-ft^2-°F]. Considere un calor de solución despreciable.

2. Una membrana de acetato de celulosa con un área de $8 \cdot 10^{-3}$ m^2 se usa a 25°C para determinar las constantes de permeabilidad para osmosis reversa de una alimentación que contiene 1,166 kg-NaCl/m^3 (ρ=997,8 kg/m^3). La solución producida tiene una concentración de 0,468 kg-NaCl/m^3 (ρ=997,3 kg/m^3). El flujo medido de producto es $7{,}68 \cdot 10^{-8}$ m^3/s y la diferencia de presión utilizada es de 5 atm. Calcules las constantes de permeabilidad de la membrana para el soluto, el solvente y el rechazo de soluto (R)

   Los datos para soluciones de NaCl en agua a 25°C se dan en la siguiente tabla:

g-mol-NaCl/kg H_2O	Densidad [kg/m^3]	Presión Osmótica [atm]
0	997,0	0
0,01	997,4	0,47
0,10	1001,1	4,56
0,50	1017,2	22,55
1,00	1036,2	45,80
2,00	1072,3	96,2

Problemas propuestos:

1. En un proceso de producción de agua desalinizada se usa una separación mediante membranas (osmosis inversa) para tratar una solución de alimentación está a 25 ºC y contiene 3 g/l de NaCl (ρ = 999,3 kg/m^3). Se usa una membrana que posee una constante de permeabilidad para el solvente (agua) $A_w = 4{,}20 \times 10^{-4}$ (kg agua/s m^2 atm) y para el soluto $A_s = 3{,}0 \times 10^{-7}$ m/s. Para el proceso se utiliza una presión ΔP = 30 atm.

   Calcule los flujos, el factor de rechazo de soluto, R, y la concentración de la solución de producto, C_2.

   Utilice la misma tabla de datos del problema anterior.

2. Un evaporador de triple efecto con alimentación en co-corriente se usa para evaporar una solución de azúcar que contiene 10% en peso de sólidos hasta una concentración final de 50%. El aumento de punto de ebullición de las soluciones (independiente de la presión, en este caso) puede ser estimado usando:

   BPR [°C] = 1.78 x + 6.22 x2

   donde x es la fracción en peso de azúcar en solución. Se usa vapor saturado a 200 KPa para el proceso. La presión en el espacio de vapor del tercer efecto es 15 KPa. El flujo de alimentación es de 22680 Kg/h a 26.7°C. La capacidad calorífica de las soluciones líquidas depende de la composición de éstas, y puede estimarse como:

   Cp [KJ/Kg·K] = 4.19 - 2.35 x

   El calor de disolución puede considerarse despreciable. Los coeficientes de transferencia de calor pueden ser estimados para cada efecto como:

   U1 = 3123 W/m2·K
   U2 = 1987 W/m2·K
   U3 = 1136 W/m2·K

   Si cada efecto tiene la misma área superficial de intercambio (son tres equipos idénticos), calcular el área, el flujo de vapor de servicio empleado y la economía de vapor.

TABLA A-5E

Agua saturada - tabla de presiones

Pres. psia P	Temp. sat. °F T_{sat}	Volumen específico pie³/lbm		Energía interna Btu/lbm			Entalpía Btu/lbm			Entropía Btu/(lbm · R)		
		Líquido sat. v_f	Vapor sat. v_g	Líquido sat. u_f	Evap. u_{fg}	Vapor sat. u_g	Líquido sat. h_f	Evap. h_f	Vapor sat. h_g	Líquido sat. s_f	Evap. s_{fg}	Vapor sat. s_g
1.0	101.70	0.016 136	333.6	69.74	974.3	1044.0	69.74	1036.0	1105.8	0.132 66	1.8453	1.9779
2.0	126.04	0.016 230	173.75	94.02	957.8	1051.8	94.02	1022.1	1116.1	0.174 99	1.7448	1.9198
3.0	141.43	0.016 300	118.72	109.38	947.2	1056.6	109.39	1013 1	1122.5	0.200 89	1.6852	1.8861
4.0	152.93	0.016 358	90.64	120.88	939.3	1060.2	120.89	1006.4	1127.3	0.219 83	1.6426	1.8624
5.0	162.21	0.016 407	73.53	130.15	932.9	1063.0	130.17	1000.9	1131.0	0.234 86	1.6093	1.8441
6.0	170.03	0.016 451	61.98	137.98	927.4	1065.4	138.00	996.2	1134.2	0.247 36	1.5819	1.8292
8.0	182.84	0.016 526	47.35	150.81	918.4	1069.2	150.84	988.4	1139.3	0.267 54	1.5383	1.8058
10	193.19	0.016 590	38.42	161.20	911.0	1072.2	161.23	982.1	1143.3	0.283 58	1.5041	1.7877
14.696	211.99	0.016 715	26.80	180.10	897.5	1077.6	180.15	970.4	1150.5	0.312 12	1.4446	1.7567
15	213.03	0.016 723	26.29	181.14	896.8	1077.9	181.19	969.7	1150.9	0.313 67	1.4414	1.7551
20	227.96	0.016 830	20.09	196.19	885.8	1.082.0	196.26	960.1	1156.4	0.335 80	1.3962	1.7320
25	240.08	0.016 922	16.306	208.44	876.9	1085.3	208.52	952.2	1160.7	0.353 45	1.3607	1.7142
30	250.34	0.017 004	13.748	218.84	869.2	1088.0	218.93	945.4	1164.3	0.368 21	1.3314	1.6996
35	259.30	0.017 073	11.900	227.93	862.4	1090.3	228.04	939.3	1167.4	0.380 93	1.3064	1.6873
40	267.26	0.017 146	10.501	236.03	856.2	1092.3	236.16	933.8	1170.0	0.392 14	1.2845	1.6767
45	274.46	0.017 209	9.403	243.37	850.7	1094.0	243.51	928.8	1172.3	0.402 18	1.2651	1.6673
50	281.03	0.017 269	8.518	250.08	845.5	1095.6	250.24	924.2	1174.4	0.411 29	1.2476	1.6589
55	287.10	0.017 325	7.789	256.28	840.8	1097.0	256.46	919.9	1176.3	0.419 63	1.2317	1.6513
60	292.73	0.017 378	7.177	262.06	836.3	1098.3	262.25	915.8	1178.0	0.427 33	1.2170	1.6444
65	298.00	0.017 429	6.657	267.46	832.1	1099.5	267.67	911.9	1179.6	0.434 50	1.2035	1.6380
70	302.96	0.017 478	6.209	272.56	828.1	1100.6	272.79	908.3	1181.0	0.441 20	1.1909	1.6321
75	307.63	0.017 524	5.818	277.37	824.3	1101.6	277.61	904.8	1182.4	0.447 49	1.1790	1.6265
80	312.07	0.017 570	5.474	281.95	820.6	1102.6	282.21	901.4	1183.6	0.453 44	1.1679	1.6214
85	316.29	0.017 613	5.170	286.30	817.1	1103.5	286.58	898.2	1184.8	0.459 07	1.1574	1.6165
90	320.31	0.017 655	4.898	290.46	813.8	1104.3	290.76	895.1	1185.9	0.464 42	1.1475	1.6119
95	324.16	0.017 696	4.654	294.45	810.6	1105.0	294.76	892.1	1186.9	0.469 52	1.1380	1.6076
100	327.86	0.017 736	4.434	298.28	807.5	1105.8	298.61	889.2	1187.8	0.474 39	1.1290	1.6034
110	334.82	0.017 813	4.051	305.52	801.6	1107.1	305.88	883.7	1189.6	0.483 55	1.1122	1.5957
120	341.30	0.017 886	3.730	312.27	796.0	1108.3	312.67	878.5	1191.1	0.492 01	1.0966	1.5886
130	347.37	0.017 957	3.457	318.61	790.7	1109.4	319.04	873.5	1192.5	0.499 89	1.0822	1.5821
140	353.08	0.018 024	3.221	324.58	785.7	1110.3	325.05	868.7	1193.8	0.507 27	1.0688	1.5761
150	358.48	0.018 089	3.016	330.24	781.0	1111.2	330.75	864.2	1194.9	0.514 22	1.0562	1.5704
160	363.60	0.018 152	2.836	335.63	776.4	1112.0	336.16	859.8	1196.0	0.520 78	1.0443	1.5651
170	368.47	0.018 214	2.676	340.76	772.0	1112.7	341.33	855.6	1196.9	0.527 00	1.0330	1.5600
180	373.13	0.018 273	2.533	345.68	767.7	1113.4	346.29	851.5	1197.8	0.532 92	1.0223	1.5553
190	377.59	0.018 331	2.405	350.39	763.6	1114.0	351.04	847.5	1198.6	0.538 57	1.0122	1.5507
200	381.86	0.018 387	2.289	354.9	759.6	1114.6	355.6	843.7	1199.3	0.5440	1.0025	1.5464
250	401.04	0.018 653	1.8448	375.4	741.4	1116.7	376.2	825.8	1202.1	0.5680	0.9594	1.5274
300	417.43	0.018 896	1.5442	393.0	725.1	1118.2	394.1	809.8	1203.9	0.5883	0.9232	1.5115
350	431.82	0.019 124	1.3267	408.7	710.3	1119.0	409.9	795.0	1204.9	0.6060	0.8917	1.4978
400	444.70	0.019 340	1.1620	422.8	696.7	1119.5	424.2	781.2	1205.5	0.6218	0.8638	1.4856
450	456.39	0.019 547	1.0326	435.7	683.9	1119.6	437.4	768.2	1205.6	0.6360	0.8385	1.4746
500	467.13	0.019 748	0.9283	447.7	671.7	1119.4	449.5	755.8	1205.3	0.6490	0.8154	1.4645
550	477.07	0.019 943	0.8423	458.9	660.2	1119.1	460.9	743.9	1204.8	0.6611	0.7941	1.4551
600	486.33	0.020 13	0.7702	469.4	649.1	1118.6	471.7	732.4	1204.1	0.6723	0.7742	1.4464
700	503.23	0.020 51	0.6558	488.9	628.2	1117.0	491.5	710.5	1202.0	0.6927	0.7378	1.4305
800	518.36	0.020 87	0.5691	506.6	608.4	1115.0	509.7	689.6	1199.3	0.7110	0.7050	1.4160
900	532.12	0.021 23	0.5009	523.0	589.6	1112.6	526.6	669.5	1196.0	0.7277	0.6750	1.4027
1000	544.75	0.021 59	0.4459	538.4	571.5	1109.9	542.4	650.0	1192.4	0.7432	0.6471	1.3903
1200	567.37	0.022 32	0.3623	566.7	536.8	1103.5	571.7	612.3	1183.9	0.7712	0.5961	1.3673
1400	587.25	0.023 07	0.3016	592.7	503.3	1096.0	598.6	575.5	1174.1	0.7964	0.5497	1.3461
1600	605.06	0.023 86	0.2552	616.9	470.5	1087.4	624.0	538.9	1162.9	0.8196	0.5062	1.3258
1800	621.21	0.024 72	0.2183	640.0	437.6	1077.7	648.3	502.1	1150.4	0.8414	0.4645	1.3060
2000	636.00	0.025 65	0.188 13	662.4	404.2	1066.6	671.9	464.4	1136.3	0.8623	0.4238	1.2861
2500	668.31	0.028 60	0.130 59	717.7	313.4	1031.0	730.9	360.5	1091.4	0.9131	0.3196	1.2327
3000	695.52	0.034 31	0.084 04	783.4	185.4	968.8	802.5	213.0	1015.5	0.9732	0.1843	1.1575
3203.6	705.44	0.050 53	0.050 53	872.6	0	872.6	902.5	0	902.5	1.0580	0	1.0580