

Toda vez que necesite iterar, realice al menos 2 iteraciones completas y tome el último valor como definitivo.

Problema 1

Un condensador horizontal fue diseñado para condensar 10000 kg/h de vapores saturados a 80°C de propano y subenfriarlo hasta 65°C, utilizando como medio refrigerante 45 m³/h de agua a 25°C. La resistencia de ensuciamiento global contemplada en el diseño fue de 0.0001 m²K/W. La condensación es en el exterior de los tubos.

- ¿Con qué sobrediseño respecto al área se construyó el equipo?
- ¿Cuánto podrá ensuciarse el equipo antes de dejarlo fuera de servicio para su limpieza? Al ponerlo en marcha la temperatura de salida del propano líquido es de 55°C. Determine:
- ¿Con qué caudal de agua puede lograrse la situación de diseño?

Nota: en todos los casos considere F=1 para todas las zonas

Datos constructivos:

N° de tubos: 300
 Longitud de los tubos: 2.5 m
 Diámetro exterior de los tubos: 0.75" BWG13 (DI: 0.014224 m – DO: 0.01905 m)
 Arreglo cuadrado. Paso 0.0254 m
 Diámetro de carcasa: 0.762 m
 N° de pasos en los tubos: 4
 Separación entre baffles: 0.15 m
 Resistencia global combinada: 0.0001 m²K/W

Las propiedades físicas son las siguientes:

	Vapor propano	Líquido propano	Agua
Densidad (kg/m ³)	28.1	476	1000
Viscosidad (Pa s)	0.000009	0.00009	0.001
Conductividad térmica (W/m K)	0.02	0.088	0.63
Calor específico (J/kg K)	2030	3020	4184
Calor de condensación (KJ/kg)	314		
Coeficiente pelicular de propano líquido subenfriado (W/m ² K):		511.9	

Problema 2

Utilizando los datos que figuran en la hoja TEMA:

- Calcular el U de servicio correspondiente al diseño del kettle cuya hoja se adjunta.
- Calcular el sobrediseño respecto al área.
- ¿Qué sobrediseño tiene el kettle respecto a la carga térmica? En este caso utilice todos los datos de la hoja que considere necesarios.

Nota: el coeficiente de condensación del vapor es constante y tiene un valor de 8000 W/m² K.

Las constantes de Antoine para el producto de fondo de la depropanizadora son:

$$A=6.80776 - B=935.77 - C=238.789$$

$$\log P = A - B/(C+T) \quad T[C] \text{ y } P [\text{mm Hg}]$$

Tensión superficial: 0.015 N/m

HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

2	Company	DIQ	Reference No.
3	Address		Proposal No.
4	Plant Location		Date 1/7/2020 Rev
5	Service of Unit	Depropanizer Reboiler	Item No.
6	Size	750.00 - 2100.00 6600.00 mm	Type BKU Connected In 1 Parallel 1 Series
7	Surface per Unit	230.00 m ²	Shell/Unit 1 Surface per Shell 230.00 m ²

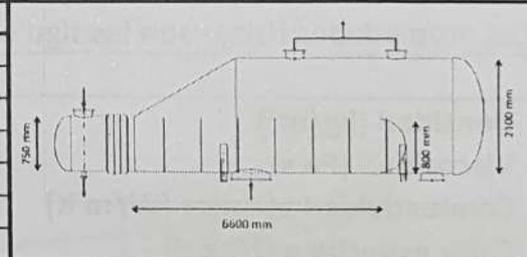
SUMMARY

9 Fluid Allocation	Shell Side	Tube Side
10 Fluid Name	Depropanizer Bottom	Steam
11 Fluid Quantity, Total kg/h	248561.00	24387.00
12 Vapor (In/Out)		169617.00
13 Liquid	248561.00	78944.00
14 Steam		24387.00
15 Water		24387.00
16 Noncondensables	0	0
17 Temperature (In/Out) C	129.00	149.00
18 Specific Gravity vapor/liquid	/ 463.00	57.70 402.20
19 Viscosity vapor/liquid cp	/ 0.070	0.02 0.06
20 Molecular Weight, Vapor		63.10
21 Molecular Weight, Noncondensables		
22 Specific Heat vapor/liquid kcal/kg-C	/ 0.805	0.634 / 0.769
23 Thermal Conductivity vapor/liquid kcal/m-C	/ 0.069	0.029 0.050
24 Latent Heat kcal/kg		467.46
25 Pressure (rel) kgf/cm ²	21.50	13.00
26 Velocity (Mean/Max) m/s		
27 Pressure Drop (Allow /Calc) kg./cm ²	0.10	0.35
28 Fouling Resistance (min) m ² -h-C/kcal	0.0002	0.0001
29 Heat Exchanged	11.40 MM kcal/h	MTD (Corrected) 45.4 °C
30 Transfer Rate, Service	Dirty	Clean 2789.00 kcal/m ² -h-C

CONSTRUCTION OF ONE SHELL

	Shell Side	Tube Side
33 Design/Test Pressure kgf/cm ² g	24.50	29/FV
34 Design Temperature °C	180.00	175.00
35 No Passes per Shell	1	2
36 Corrosion Allowance mm	1.500	1.500
37 Connections In mm	1 863.60 / -	1 406.4 / 300 ANSI
38 Size & Out mm	2 406.40 / -	1 88.90 / 300 ANSI
39 Rating Intermediate	/ -	/ 300 ANSI

Sketch (Bundle/Nozzle Orientation)



40 Tube No.	284	Us	OD	19.05	Thk (Avg)	2.11	Length	6600	Pitch	25.4	mm
41 Tube Type	Plain		Material	Carbon Steel		Tube pattern	90				
42 Shell	Carbon Steel		ID	750	OD	mm	Shell Cover				
43 Channel or Bonnet	Carbon Steel					Channel Cover					
44 Tubesheet-Stationary	Carbon Steel					Tubesheet-Floating					
45 Floating Head Cover						Impingement Plate None					
46 Baffles-Cross	-	Type	Unbaffled		%Cut (Diam)	-	Spacing(c/c)		mm	Inlet	-
47 Baffles-Long						Seal Type					
48 Supports-Tube						U-Bend Type					
49 Bypass Seal Arrangement						Tube-Tubesheet Joint					
50 Expansion Joint						Type					
51 Rho-V2-Inlet Nozzle						Bundle Entrance		Bundle Exit		kg/m-s ²	
52 Gaskets-Shell Side						Tube Side					
53 -Floating Head											

54 Code Requirements						TEMA Class						
55 Weight/Shell	Filled with water					Bundle kg						



**Equipos Para
Procesos
Problema 2**

N°	By	Date	Description
		1/7/2020	Evaluación virtual

Nombre y apellido: Pilar Sacristán

IMPORTANTE: no se aceptarán problemas planteados sin resolver, ni tampoco cuando la resolución sea desprolija, poco clara para entender o aparezcan resultados cuya procedencia es desconocida. Toda vez que necesite iterar, haga 2 (dos) iteraciones completas y continúe el cálculo considerando que el último valor es el correcto. Resuelva los problemas en hojas separadas.

PROBLEMA 1

Se dispone de un horno de forma paralelepípeda cuya configuración interna se desconoce. Solo se sabe que posee zona radiante y convectiva (escudo y aleteada). En la actualidad el horno es utilizado para calentar un aceite industrial y un ensayo del mismo arroja los siguientes resultados:

Caudal de combustible:	896 kg/h
Poder calorífico:	23000 Kcal/ kg
Temperatura de los gases de la cámara de combustión:	800 °C
Temperatura de los gases a la salida zona convectiva:	400 °C ✓
Temperatura de piel de tubo: (T _{sc}):	426 °C ✓
Pérdida por la pared:	2 %
Caudal de aceite industrial:	19702 Kg/h
Capacidad térmica del aceite:	1.5 Kcal/Kg °C
Temperatura de entrada del aceite al horno:	35 °C
Temperatura de salida del aceite del horno:	592 °C

a) ¿Con qué porcentaje de exceso de aire se encuentra operando?

Dicho horno se usó, en un segundo ensayo, para el calentamiento de 32000 kg/h de fluido térmico. La capacidad calorífica del fluido térmico es de 1.65 Kcal/h °C y la temperatura de entrada del mismo es 40 °C. Se incrementó el caudal de combustible, manteniendo el mismo exceso de aire que en el primer ensayo realizado, y se obtuvo una temperatura en la cámara de combustión de 900 °C, 510 °C como temperatura de piel de tubo y 680 °C a la salida de la zona convectiva. La emisividad del gas es constante en el rango de temperatura de trabajo y las pérdidas por la pared nuevamente representan un 2 %.

Informe:

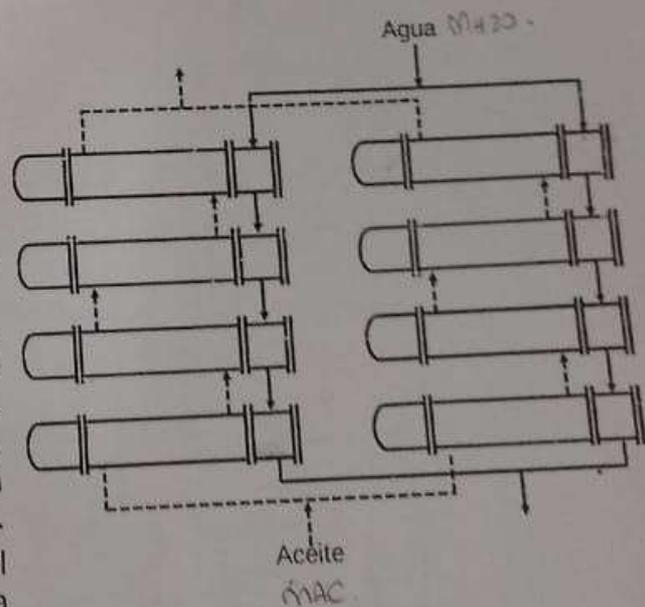
- b) ¿Cuál fue la temperatura de salida de la corriente de fluido térmico?
- c) ¿Cuál fue el caudal de combustible utilizado?

PROBLEMA 2

Se diseña un equipo para enfriar una corriente de 39000 kg/h de aceite liviano que se encuentra a 121 °C y debe almacenarse a una temperatura de 48 °C. El calor transferido calienta una corriente de agua que se encuentra a 25 °C y circula por el interior de los tubos a una velocidad de 0.75 m/s. Para el diseño se estableció una resistencia global de ensuciamiento de $9 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ °C} / \text{W}$.

El diseño resultante es el siguiente: 8 intercambiadores de calor dispuestos de a 4 (2 ramas en paralelo de 4 intercambiadores en serie cada rama, ver figura) tipo AES 1-4 de 21" de diámetro exterior, con 248 tubos de 3/4" de Do, BWG 14 y 4.9 m de largo con arreglo en cuadro y un pitch de 1". La separación central entre deflectores es de 0.127 m.

El profesional que diseñó el equipo informó que el sobrediseño que utilizó fue de un 15%, respecto al área requerida.



En base a las propiedades que se detallan debajo, informe:

- ¿Cuáles son los caudales máximos con que puede operar el equipo para mantener las temperaturas especificadas y ensuciamiento previsto en el diseño?
- ¿Cuáles serán las temperaturas de salida de ambas corrientes cuando se ponga el equipo en marcha por primera vez?
- Suponiendo que la temperatura de aceite al inicio de la operación (inciso b) fuese demasiado baja para su almacenamiento: ¿qué recomendaría usted como ingeniero de procesos para obtener las temperaturas de diseño cuando el equipo se encuentra limpio? Indicar de forma concisa y sin realizar cálculos.

Propiedades:

Capacidad calorífica aceite (casco): 2385 J/kg K
Capacidad calorífica agua (tubos): 4180 J/kg K

Nota 1: considerar que el cambio de temperatura no afecta las propiedades y que el factor F de corrección es 0.98.

Nota 2: El coeficiente U presenta una dependencia lineal con la variación del caudal.

PROBLEMA 3

Utilizando los datos que figuran en la hoja TEMA:

- Calcular el U de servicio correspondiente al diseño del kettle cuya hoja se adjunta.
- Calcular el sobrediseño respecto al área y el ensuciamiento máximo.
- Calcular el sobrediseño respecto a la carga térmica. Se sabe que el flujo de condensado dentro de los tubos es anular y que en las condiciones de diseño el coeficiente de ebullición tiene un valor de 24805 W/m²C.
- Luego de un problema operativo, se paró el rebulidor y se detectaron 21 tubos pinchados. El ingeniero de producción desea arrancar el equipo rápidamente:
¿Qué propone hacer? Mencione todos los posibles inconvenientes que encuentre y verifique numéricamente si su propuesta funciona correctamente para seguir operando en las condiciones especificadas.

Nota 1: Las constantes de Antoine para el producto de fondo de la depropanizadora son:

$$A=6.80776 - B=935.77 - C=238.789$$

$$\log P = A - \frac{B}{C+T} \quad T \text{ en } ^\circ\text{C} \text{ y } P \text{ en mm Hg}$$

Tensión superficial: 0.015 N/m

**EQUIPOS PARA PROCESOS
PARCIAL 2 - 08 DE JUNIO DE 2019 -**

Nombre y apellido: SACRISTÁN PILAR

HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET												
2	Company	DIQ			Reference No.							
3	Address				Proposal No.							
4	Plant Location				Date	9/6/2019		Rev				
5	Service of Unit	Depropanizer Reboiler			Item No.							
6	Size	750.00	2100.00	6600.00	mm	Type	BKU	Connected in	1 Parallel 1 Series			
7	Surface per Unit	230.00		m ²	Shell/Unit	1	Surface per Shell	230.00	m ²			
8	SUMMARY											
9	Fluid Allocation	SHELL SIDE				TUBE SIDE						
10	Fluid Name	Depropanizer Bottom				Steam						
11	Fluid Quantity, Total	kg/h		248561.00		109617.00		24387.00				
12	Vapor (In/Out)											
13	Liquid			248561.00		78944.00						
14	Steam							24387.00				
15	Water							24387.00				
16	Noncondensables											
17	Temperature (In/Out)	C		129.00		149.00		194.40				
18	Density at T and P	vapor/liquid		kg/m ³		/ 463.00		57.70 / 402.20				
19	Viscosity	vapor/liquid		cp		/ 0.070		0.02 / 0.06				
20	Molecular Weight, Vapor							63.10				
21	Molecular Weight, Noncondensables											
22	Specific Heat	vapor/liquid		kcal/kg-C		/ 0.805		0.634 / 0.769				
23	Thermal Conductivity	vapor/liquid		kcal/m-C-h		/ 0.069		0.029 / 0.071				
24	Latent Heat			kcal/kg				511.58				
25	Pressure (ref)			kgf/cm ²		21.50		13.00				
26	Velocity (Mean/Max)			m/s				0.35				
27	Pressure Drop (Allow /Calc)			kg/cm ²		0.10		0.35				
28	Fouling Resistance (min)	m ² -h-C/kcal				0.0005		0.0002				
29	Heat Exchanged	11.40		MM kcal/h		MTD (Corrected)		45.4 °C				
30	Transfer Rate, Service					Dirty		Clean				
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL				Sketch (Bundle/Nozzle Orientation)							
32			Shell Side		Tube Side							
33	Design/Test Pressure		kgf/cm ² g		24.50						29/FV	
34	Design Temperature		°C		180.00						175.00	
35	No Passes per Shell				1						2	
36	Corrosion Allowance		mm		1.500						1.500	
37	Connections		In mm		1 863.60 / -						1 406.4 / 300 ANSI	
38	Size &		Out mm		2 406.40 / -		1 88.90 / 300 ANSI					
39	Rating		Intermediate		/ -		/ -					
40	Tube No.	284	Us	OD	19.05	Thk (Avg)	2.11	Length	6600	Pitch	25.4	mm
41	Tube Type	Plain		Material		Carbon Steel		Tube pattern 90				
42	Shell	Carbon Steel		ID	750	OD	mm					
43	Channel or Bonnet	Carbon Steel		Shell Cover								
44	Tubesheet-Stationary	Carbon Steel		Channel Cover								
45	Floating Head Cover			Tubesheet-Floating								
46	Baffles-Cross	-		Type	Unbaffled		%Cut (Diam) -	Spacing(c/c) - mm		Inlet		
47	Baffles-Long			Seal Type								
48	Supports-Tube			U-Bend								
49	Bypass Seal Arrangement			Type								
50	Expansion Joint			Tube-Tubesheet Joint								
51	Rho-V2-Inlet Nozzle			Type								
52	Gaskets-Shell Side			Bundle Entrance								
53	-Floating Head			Tube Side								
54	Code Requirements			Bundle Exit								
55	Weight/Shell			Filled with water				kg				
										Equipos Para Procesos Problema 3		
Nº	By	Date	Description									
		8/6/2019	Parcial 2									

**EQUIPOS PARA PROCESOS
PARCIAL 2 - 09 DE NOVIEMBRE DE 2019-**

Nombre y apellido: _____

IMPORTANTE: no se aceptarán problemas planteados sin resolver, ni tampoco cuando la resolución sea desprolija, poco clara para entender o aparezcan resultados cuya procedencia es desconocida. Si tenés que iterar, hace dos iteraciones completas y continúa con el cálculo.
Resolvé los problemas en hojas separadas.

PROBLEMA 1

Estás trabajando en una refinería como ingeniero de proceso, involucrado en un proyecto de ahorro de vapor. A tal fin estás estudiando un proceso donde se necesita evaporar n-heptano, el cual generalmente se realiza con vapor vivo. Tu propuesta consiste en utilizar una corriente de condensado proveniente de otro equipo.

Luego de realizar los pedidos de cotización correspondientes, te llega la oferta seleccionada. El evaporador propuesto tiene las siguientes características: tipo kettle ($D_s=44$ plg), con un mazo de 132 tubos U de $\frac{3}{4}$ plg de diámetro, BWG 16, con arreglo cuadrado y paso de 1 plg y de 4,90 m de largo.

El equipo quiere usarse para evaporar 9000 kg/h de n-heptano a 2,2 bar(a) que ingresan subenfriados al evaporador a una temperatura de 120°C.

El calentamiento se efectuará con agua condensada saturada que se encuentra a 4,5 bar(a) y una temperatura de 148°C. Por requerimientos externos, se limita el cambio de temperatura del condensado a 6°C y la pérdida de carga del mismo a 50 kPa.

Se pide analizar la factibilidad del diseño si las resistencias de ensuciamiento son de $0,88 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{C/W}$ para el condensado y $1,76 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{C/W}$ para el n-heptano.

Propiedades	Vapor de agua		Material orgánico	
	vapor	líquido	vapor	líquido
Densidad (kg/m^3)	2,38	1000	1,30	869,60
Viscosidad (cp)	0,0138	1,00	0,012	0,20
Capacidad Calorífica ($\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$)	1,970	4,184	1,230	1,840
Conductividad Térmica ($\text{W/m}^\circ\text{C}$)	0,0284	0,60	0,03	0,15
Calor de condensación (kJ/kg)	582		720	

La tensión superficial del n-heptano es de $68 \times 10^{-3} \text{ N/m}$

Ecuación de Antoine para el n-heptano: $\log_{10} P_{\text{vap}} = A - B / T + C$ P en bar y T en °C, siendo $A=4,02023$, $B=1263,909$ y $C=216,432$.

PROBLEMA 2

Se tiene en funcionamiento un horno con zona radiante, escudo y convectiva. Las zonas radiante y escudo se utilizan para calentar 238400 kg/h de una corriente de proceso desde 50 °C a 364 °C (Capacidad calorífica = 0,7275 Kcal/kg °C).

Los gases calientes de la zona aleteada se emplean para generar 32 tn/h de vapor de agua a 13 kg/cm²_a (205 °C, calor de condensación = 840 Kcal/kg). El agua ingresa a 50 °C. Los humos salen de la zona escudo a 950 °C y de la zona convectiva a 480°C. El exceso de aire es de un 20 %. El horno presenta una pérdida por pared del 6%.

Las características geométricas del horno son las siguientes:

Zona radiante: 80 tubos. $D_o=6$ in, $D_i=5,76$ in. Paso: 12 in.

Zona escudo: Una fila de 4 tubos. $D_o=6$ in, $D_i=5,76$ in.

Zona convectiva: 56 tubos aleteados de 10m de longitud. $D_o=6$ in, $D_i=5,76$ in. En esta zona el coeficiente global de transferencia de calor (balanceado) calculado es de 20 Kcal/h °C m²

Por cambios en el sistema de producción, se pretende utilizar la zona convectiva de dicho horno para calentar un aceite térmico, descartando la generación de vapor. El aceite (densidad= 800 kg/m³, viscosidad= 2.5 10⁻² Pa.s, capacidad calorífica= 0.4 Kcal/kg °C) se encuentra a 20 °C y debe calentarse hasta 480 °C. Ensayos preliminares determinaron un coeficiente global de transferencia de calor de 21 Kcal/h °C m² (el coeficiente pelicular del lado de los humos es la resistencia controlante).

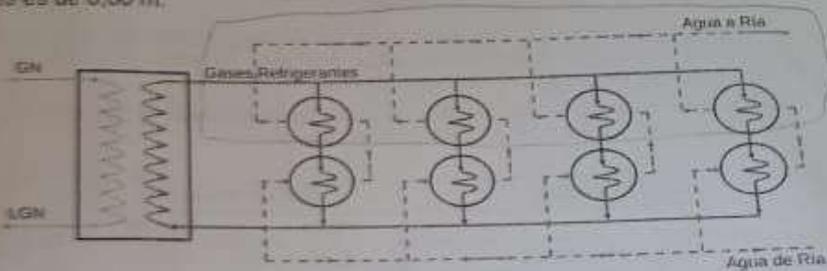
- Indicé qué caudal de aceite térmico puede calentarse en la zona convectiva del horno existente.
- Eficiencia del horno para el nuevo servicio.

PROBLEMA 3

En la barcaza Tango FLNG que opera en el puerto de Bahía Blanca, se lleva a cabo el proceso de licuefacción de gas natural, basado en un ciclo cerrado de refrigeración. Para lograr que el GN alcance una temperatura de -161 °C se utiliza un intercambiador de placas en donde se ponen en contacto la corriente de GN y una mezcla de gases que actúa como refrigerante. Dado que es un proceso cerrado, el refrigerante debe ser recondicionado para su retorno al equipo.

La mezcla de gases abandona el intercambiador compacto a 150 °C y para su reutilización debe ser enfriado hasta al menos 95 °C. Para lograrlo se emplea un tren de intercambiadores de casco y tubo, compuesto por 8 cascos 1-2 dispuestos en 4 ramas en paralelo. Cada equipo tipo AES contiene 452 tubos de ¾" Do, BWG 14 y 2.60 m de largo, dispuestos en arreglo triangular con paso de 1". El diámetro del casco es de 600 mm y la separación entre deflectores es de 0.60 m.

Acorde al diseño del tren, la mezcla de gases (900000 kg/h) circula por el casco, en tanto que por los tubos circula agua de refrigeración tomada de la Ría de Bahía Blanca, la cual ingresa a 15 °C y se vuelve a la Ría a 38 °C. En estas condiciones, se reporta un valor de U_{medio} de 899 W/m²°C.



- En la hoja TEMA se reporta solo el valor de ensuciamiento para la corriente de agua: 3.50×10^{-4} m²°C/W. ¿Cuál es el sobrediseño en área resultante? Considerará despreciable el ensuciamiento en el lado del gas.
- ¿Qué temperatura de salida tendrá la corriente de agua en condiciones limpias?
- Acorde a la legislación, la temperatura máxima de vertido a cuerpos de agua es de 45 °C. ¿Encontrás algún inconveniente en la operación del equipo? En caso afirmativo, describí cuál es la causa. ¿Cómo lo solucionarías sin modificar el caudal de proceso? Demostrá el efecto que tendría tu propuesta.
- ¿Cuánto tiempo deberá pasar hasta que se cumpla con la legislación, si la tasa de ensuciamiento es de 2.92×10^{-4} m²°C/W por día y se desea trabajar con los caudales de diseño?
- Si se mantiene la tasa de ensuciamiento, ¿cuántos días deberán pasar desde el cumplimiento con la legislación hasta el momento en el cual se alcance el valor de ensuciamiento máximo?

Propiedades:

Propiedad	Gases Refrigerantes (Casco)	Agua de Ría (Tubos)
Capacidad calor. (J/kg °C)	2450	4300
Densidad (kg/m ³)	57,88	1013

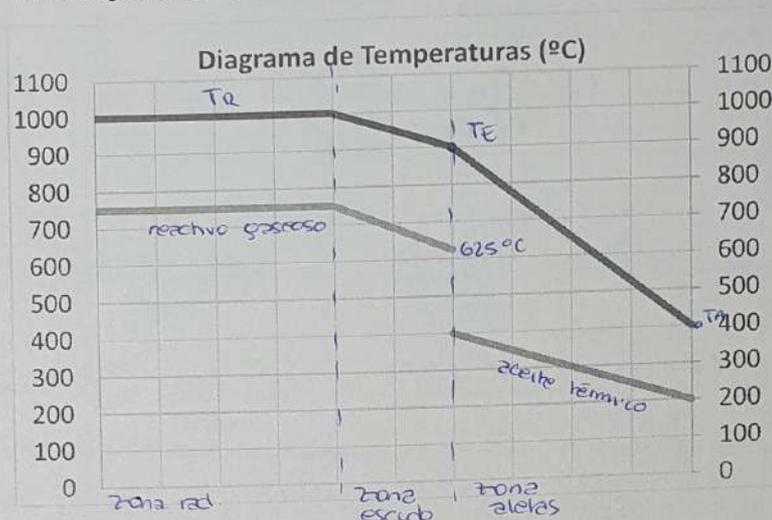
Nota 1: considerar que el cambio de temperatura no afecta las propiedades y que el factor F de corrección es 0.98.

Nota 2: considerar que en todos los casos la corriente de gas refrigerante se mantiene constante e igual a la condición de diseño.

Ejercicio HORNOS – Evaluación Equipos para Porcesos 14/07/2020

Toda vez que deba iterar, realice al menos 2 iteraciones completas y utilice el último valor obtenido.

Un horno en planta posee zona radiante, escudo y aleteada. Se sabe que las pérdidas por pared son de aproximadamente un 2%. El diagrama de temperaturas es el siguiente:



El horno utiliza metano como combustible y un 15% de exceso de aire.

La zona de tubos escudo se utiliza para precalentar un reactivo gaseoso desde 625 hasta 750°C para mantenerlo a esa temperatura durante una reacción que se da en la zona de radiación. El calor específico del gas es 4.7 kJ/kg K.

En la zona de tubos aleteados se calientan 13788 kg/h de un aceite térmico de calor específico igual a 2.309 kJ/kg K. Esta zona posee 2 pasos y está compuesta por tubos de 4" sch 40 y un largo de 10 ft. Los tubos tienen 3 aletas/plg con una altura de 0.75" y un espesor de 0.05". Se sabe que la eficiencia del área aleteada es 0.92 y que el material de los tubos y las aletas es muy buen conductor.

Lado humos: $h_o = 40.7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y $r_{fo} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$.

Lado aceite: $h_i = 756 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y $r_{fi} = 8 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ K/W}$

- ¿Cuál es la eficiencia del horno?
- ¿Qué caudal de combustible se está utilizando? ¿Cuál es el caudal del reactivo gaseoso?
- ¿Cuántos tubos tiene la zona aleteada?
- Una baja en la producción obliga a disminuir un 20% el caudal de aceite térmico que pasa por la zona aleteada. Determine las temperaturas de salida de los humos y del aceite (considere que los coeficientes peliculares no varían con el caudal)
- Considerando la operación original, se planea aprovechar los humos que van a chimenea incorporando 2 nuevas zonas convectivas. En la primera se planea calentar 8700 kg/h de un gas con $C_p = 3500 \text{ J/kg K}$ de 225 a 310°C, y luego se espera aprovechar los humos restantes para precalentar 9000 kg/h de agua a una caldera de 100 a 150°C. ¿Es posible? Justifique numéricamente.

Hornos

(1)

Se dispone de un horno con zona radiante, escudo y convectiva. La zona radiante se utiliza para calentar 300000 kg/h de aire calefactor de 60°C a 450°C . Capac. calórico $0,5 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C}$.

Los gases calientes de la zona convectiva (escudo y aleteado) se emplean para generar 60 ton/h de vapor de agua a 12 kgf/cm^2 a 188°C . El agua ingresa a 25°C . Color de condensación 450 kcal/kg .

Z. radiante: 60 tubos, $D_n = 6\frac{5}{8} \text{ plp}$, sch 60, $D_o = 6 \text{ plp}$, $P_t = 12 \text{ plp}$

Z. escudo: 1 fila de 4 tubos, $D_n = 6\frac{5}{8} \text{ plp}$, sch 60, $D_o = 6 \text{ plp}$, $D_i = 5,76 \text{ plp}$

Z. convectiva: 64 tubos con aletas de $\frac{3}{4} \text{ plp}$ de alto, $0,1 \text{ plp}$ de espesor y

3 plp/alto. $D_n = 6\frac{5}{8} \text{ plp}$, sch 60, $D_o = 6 \text{ plp}$, $D_i = 5,76 \text{ plp}$, $h_i = 580 \text{ Btu/h pie}^2\text{ }^{\circ}\text{F}$

Las aletas son 14% cromo con $\lambda = 14 \text{ Btu/h pie}^2\text{ }^{\circ}\text{F}$ y los tubos de 9% cromo con $\lambda_t = 16 \text{ Btu/h pie}^2\text{ }^{\circ}\text{F}$. Los ensuc. son $0,01 \text{ h pie}^2\text{ }^{\circ}\text{F/Btu}$ (interior) y $0,001 \text{ h pie}^2\text{ }^{\circ}\text{F/Btu}$ (exterior)

Z. chimenea: En la parte sup. de la zona convectiva y tiene 100 pies de altura, el aire exterior está a 70°F

Se usan 12000 kg/h de un comb. pesado de 9700 Kcal/kg . El exceso de aire es 25%. El horno está perfectamente aislado.

Se pretende incrementar la eficiencia del horno en un 10% adicional al actual, precalentando el aire de ingreso a los quemadores mediante la incorporación de tubos en la zona convectiva aleteada.

El aire se encuentra a 20°C .

Determine a qué $T_{\text{máx}}$ podrá precalentarse y a qué T serán descargados los humos de la chimenea.

PROBLEMA 1

En el reboiler de una columna de destilación se necesitan evaporar 9000 kg/h de n-heptano a 2,2 bar(a) que ingresan al evaporador a una temperatura de 120°C. Se dispone de vapor de agua a 4 bar(g) (152°C).

Se propone utilizar un equipo existente con las siguientes características: mazo de 285 tubos de 3/4 plg de diámetro, BWG 16, con arreglo cuadrado y paso de 1 plg y de 5.3 m de largo. Las resistencias de ensuciamiento son de $0.88 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{C/W}$ para el condensado y $1.76 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{C/W}$ para el n-heptano y la resistencia del material se puede considerar despreciable.

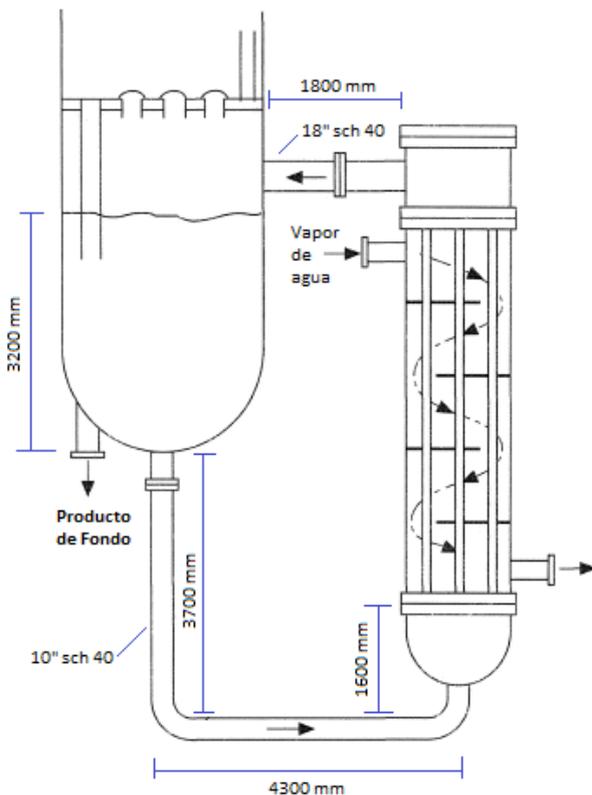
Propiedades	Vapor de agua		n-heptano	
	vapor	líquido	vapor	líquido
Densidad (kg/m ³)	2.38	1000	1.30	869.60
Viscosidad (cp)	0.0138	1.00	0.012	0.20
Capacidad Calorífica (J/kg°C)	1970	4184	1230	1840
Conductividad Térmica (W/m °C)	0.0284	0.60	0.03	0.15
Calor de condensación (KJ/kg)	582		720	

La tasa de recirculación propuesta es 5.

Se sabe que el coeficiente de transferencia del n-heptano líquido es $718.6 \text{ W/m}^2 \text{ C}$ y que la temperatura promedio de la pared en la zona de ebullición es 134°C .

La tensión superficial del n-heptano es de $68 \times 10^{-3} \text{ N/m}$.

Ecuación de Antoine para el n-heptano: $\log_{10}(P_{\text{vap}}) = A - B/(T + C)$ P en bar y T en °C, siendo A=4.02023, B=1263.909 y C=216.432.



En la ingeniería básica se realizó el siguiente esquema de la instalación:

Se puede considerar que el flujo de n-heptano en las cañerías de entrada y salida es turbulento y se sabe que dentro del termosifón las caídas de presión por fricción y aceleración son despreciables.

Determine numéricamente si encuentra algún inconveniente con la instalación propuesta. En tal caso, indique cuáles podrían ser las soluciones.

PROBLEMA 2

Se adjunta la hoja de especificación de un aerocondensador. LINK PDF--> **DS Aero**

Nota: utilice la siguiente información

- U de sobrecalentamiento limpio: 10 kcal/h m² °C
- U de condensación limpio: 25 kcal/h m² °C
- U de subenfriamiento limpio: 12 kcal/h m² °C
- Cp aire: 0.26 kcal/kg °C

Indique:

1. Sobrediseño respecto al área.
2. Luego de un tiempo de operación, se observa que el líquido deja de subenfriarse y sale saturado. El caudal y temperatura de ingreso del aire no cambiaron. Todo parece indicar que el equipo se ensucio. ¿Cuál es el valor del ensuciamiento?
3. Dibuje la vista superior y frontal del equipo indicando las dimensiones correspondientes (pasos, hileras de tubos, banco de tubos, bahías, ventiladores, etc). Respete la geometría de la hoja de especificación.

PROBLEMA 1

Se adjunta la hoja TEMA de un intercambiador de calor. Dicha unidad fue construida con las características geométricas ahí especificadas. LINK a la DS --->[Hoja TEMA](#)
El profesional que diseñó el equipo dijo que el sobrediseño que utilizó fue de un 43 % respecto al área necesaria.

- a) ¿Cuál es la temperatura más baja que alcanzará la nafta?
- b) Si la velocidad de ensuciamiento es de 0.0001 (m² hr C/kcal)/día y los caudales circulantes por el equipo son los de diseño, cuánto tiempo demandaría para alcanzar las temperaturas previstas en el diseño?
- c) ¿Cuál es el sobrediseño respecto a la carga térmica de diseño? Suponga que el coeficiente de transferencia de calor global es constante.
- d) Asumiendo que el sobrediseño obtenido no es suficiente y se quiere incrementar la capacidad de intercambio, ¿podría proponer alguna mejora al intercambiador en base a los parámetros informados en la hoja TEMA?

Nota: considere que el cambio de temperatura no afecta las propiedades de las corrientes. Utilice todos los datos que necesite de la hoja TEMA

PROBLEMA 2

Se dispone en planta de un rebullidor del que se adjunta la hoja TEMA parcialmente incompleta. Link hoja TEMA ---> [Hoja TEMA Rebullidor](#)

- a) Complete los casilleros marcado en amarillo en la hoja TEMA que se adjunta.
- b) Calcular el sobrediseño respecto al área.
- c) ¿Encuentra algún inconveniente con el diseño del equipo?

El equipo se pone en marcha completamente limpio, entonces... Si no cambio el caudal de vapor de agua, ¿qué cambia? Calcule las temperaturas de salida de todas las corrientes.

Se quiere aprovechar esta condición limpia para evaporar una mayor cantidad de producto sin cambiar el caudal de vapor de agua que se indica en la hoja, ¿cuánto se puede aumentar el caudal de producto evaporado? ¿Encuentra algún inconveniente?

Nota 1: Se determinó que el flujo de condensado dentro de los tubos es ANULAR.

Nota 2: Se sabe que la temperatura de pared es 157.7°C

Nota 3: Se sabe que $k_1=0.055$ m/s

Las constantes de Antoine para el producto de fondo de la depropanizadora son:

A=6.80776 - B=935.77 - C=238.789

$$\text{Log}_{10} P = A - \frac{B}{C + T} \quad T \text{ en } ^\circ\text{C} \text{ y } P \text{ en mm Hg}$$

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:															
2	Location:															
3	Service of Unit:				Our Reference:											
4	Item No.:				Your Reference:											
5	Date:		Rev No.:			Job No.:										
6	Size	381	-	6096	mm	Type	BEM	Hor	Connected in	1	parallel	2	series			
7	Surf/unit(eff.)	86,5		m2		Shells/unit	2		Surf/shell (eff.)	43,2		m2				
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT															
9	Fluid allocation				Shell Side				Tube Side							
10	FluidName				nafta				agua							
11	Fluid quantity, Total				kg/h				10652							
12	Vapor (In/Out)				kg/h				0							
13	Liquid				kg/h				10652							
14	Noncondensable				kg/h				0							
15																
16	Temperature (In/Out)				C				159							
17	Dew / Bubble point				C				52							
18	Density (Vap / Liq)				kg/m3				/							
19	Viscosity				cp				/							
20	Molecular wt, Vap															
21	Molecular wt, NC															
22	Specific heat				kcal/(kg°C)				/ 0,612							
23	Thermal conductivity				kcal/(h*m°C)				/							
24	Latent heat				kcal/kg											
25	Pressure (abs)				kgf/cm2				10,7							
26	Velocity (Mean/Max)				m/s				0,55 / 0,9							
27	Pressure drop, allow./calc.				kgf/cm2				1,26							
28	Fouling resistance (min)				m2*h°C/kcal				0,0004							
29	Heat exchanged				697386				kcal/h				MTD corrected			
30	Transfer rate, Service				Dirty				Clean				kcal/(h*m2°C)			
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL															
32					Shell Side				Tube Side				Sketch			
33	Design/vac/test pressure:g				kgf/cm2				12,237 / /							
34	Design temperature				C				195							
35	Number passes per shell								1							
36	Corrosion allowance				mm				3,18							
37	Connections		In		mm		1		76,2 / -		1			88,9 / -		
38	Size/rating		Out				1		76,2 / -		1			76,2 / -		
39	Nominal		Intermediate				1		76,2 / -		1			76,2 / -		
40	Tube No.	120	OD	19,05	Tks- Avg	2,11	mm	Length	6096	mm	Pitch	25		mm		
41	Tubetype				Plain				#/m				Material			
42	Shell				Carbon Steel				ID				381			
43	Channel or bonnet				Carbon Steel				OD				400,05			
44	Tubesheet-stationary				Carbon Steel				mm				Shell cover			
45	Floating head cover				-								Channel cover			
46	Baffle-cross				Carbon Steel				Type				Single segme			
47	Baffle-long				-				Cut(%d)				16			
48	Supportstube								Seal type				Inlet			
49	Bypass seal								UBend				0			
50	Expansion joint				-				Type				Type			
51	RhoV2-Inlet nozzle				709				Bundle entrance				158			
52	Gaskets - Shell side				-				Tube Side				Flat Metal Jacket Fibe			
53	Floating head				-								Bundle exit			
54	Code requirements				ASME Code Sec VIII Div 1				TEMA class				R - refinery service			
55	Weight/Shell				1718				Filled with water				2344,4			
56	Remarks												Bundle			
57													951,2			
58													kg			

Recuperatorio BLOQUE 3.

Problema Hornos:

Se tiene en funcionamiento un horno con zona radiante y escudo. Dichas zonas se utilizan para calentar 240000 kg/h de una corriente de proceso desde 50 °C a 364 °C (Capacidad calorífica = 0.723 Kcal/kg °C).

Se decide agregar una nueva zona aleteada para generar 32 tn/h de vapor de agua a 13 kg/cm², (205 °C, calor de condensación = 840 Kcal/kg). El agua ingresa saturada. Los humos salen de la zona escudo a 950 °C. El exceso de aire es de un 20 %. El horno presenta una pérdida por pared del 1 %.

Las características geométricas del horno son las siguientes:

Zona radiante: 80 tubos. Do = 6 in, Di = 5.76 in. Paso: 12 in.

Zona escudo: Una fila de 4 tubos. Do = 6 in, Di = 5.76 in.

Zona convectiva: XX tubos aleteados de 10 m de longitud. Do = 6 in, Di = 5.76 in. En esta zona el coeficiente global de transferencia de calor calculado es de 20 Kcal/h °C m² (respecto al área exterior). El área de aletas es de 3.75 m²/m y el área de tubo desnudo es de 1.21 m²/m.

- ¿Cuál es la temperatura de salida de los humos? ¿Cuál es la eficiencia del horno con esta nueva condición operativa?
- Indique el número de tubos con que tiene que diseñarse la nueva zona convectiva para tener un 18 % de sobrediseño respecto a la carga térmica.
- ¿Cuál es el sobrediseño respecto al área? Considerar que el coeficiente global de transferencia de calor permanece constante y el Nt es el determinado en b).

Problema Recipientes:

Se diseñó una esfera para almacenar propano. El diámetro exterior resultante fue de 15 m. El espesor de la esfera es de 3 plg, con un sobre-espesor de corrosión de 1/8 plg. El material utilizado para su fabricación fue SA 202 GRADO A con una soldadura totalmente radiografiada.

Este recipiente construido para almacenar propano nunca se utilizó, pero ahora se lo quiere usar para almacenar 1800 m³ de gasolina a 10 °C y 10 kg/cm²g. El sobre-espesor por corrosión aconsejado es de ¼ plg.

¿Es apto este recipiente para poder almacenar la gasolina? Especificar si hay limitaciones que lo impidan.