



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	176/ 205

P-6

ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE INTERCAMBIADO DE CALOR (METAL)

1. OBJETIVOS

- OBTENER EXPERIMENTALMENTE LOS COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBOS CONCÉNTRICOS Y OTRO DE TUBOS Y CORAZA.
- ANALIZAR EL EFECTO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO POR EL DISEÑO DE AMBOS EQUIPOS.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

➤ Balances de energía

El tratamiento cuantitativo de los problemas de transmisión de calor se fundamenta en los balances de energía. La mayoría de los equipos de transmisión de calor operan en un régimen estacionario, y este tipo de operación será el considerado en las siguientes ecuaciones:

De la ecuación de balance de energía total para fluidos se plantea la ecuación:

$$E_1 + \frac{v_1^2}{2g_c} + z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{p_1}{\rho} + Q = E_2 + \frac{v_2^2}{2g_c} + z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{p_2}{\rho} + \tau \quad (1)$$

Aplicando la ecuación (1) a un intercambiador de calor y considerando:

$$\frac{v_1^2}{2g_c} = \frac{v_2^2}{2g_c}; \quad z_1 \frac{g}{g_c} = z_2 \frac{g}{g_c}; \quad \frac{p_1}{\rho} = \frac{p_2}{\rho}; \quad \tau = 0$$

$$\therefore \quad Q = E_2 - E_1 = \Delta E \quad (2)$$



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	177/ 205

Por definición de Entalpía

$$H = E + P \cdot V \quad (3)$$

Sustituyendo en la ecuación (2) en (3):

$$Q = (H_2 - P_2V_2) - (H_1 - P_1V_1) \quad (4)$$

Si $P_2V_2 \approx P_1V_1$ (5)

Entonces:

$$Q = (H_2 - H_1) \quad (6)$$

Para la cantidad de masa (w) por unidad de tiempo, que emplea el fluido:

$$Q = w \cdot (H_2 - H_1) \quad (7)$$

Dónde:

$$w = \text{Gasto, } \left(\frac{kg}{hr}\right)$$

$$H_2 = \text{Entalpía en el punto 2, } \left(\frac{kJ}{kg}\right)$$

$$H_1 = \text{Entalpía en el punto 1, } \left(\frac{kJ}{kg}\right)$$

La ecuación (7) puede escribirse para cada una de las corrientes que circulan a través de un intercambiador de calor, suponiendo que el equipo está aislado convenientemente.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	178/ 205

Para el fluido caliente:

$$Q_c = w_c(H_2 - H_1)_c \quad (8)$$

Para el fluido frío:

$$Q_f = w_f(H_1 - H_2)_f \quad (9)$$

Dónde:

Q_c = Calor transferido por el fluido caliente, J

Q_f = Calor transferido por el fluido frío, J

w_c = Gasto masa del fluido caliente, $\left(\frac{kg}{hr}\right)$

w_f = Gasto masa del fluido frío, $\left(\frac{kg}{hr}\right)$

H_c = Entalpía del fluido caliente, $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

H_f = Entalpía del fluido frío, $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

Ahora bien, el calor perdido por el fluido caliente lo gana el fluido frío, por lo tanto:

$$Q_c = Q_f \quad (10)$$

o

$$w_c(H_2 - H_1)_c = w_f(H_1 - H_2)_f \quad (11)$$



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	179/ 205

Suponiendo que los calores específicos del fluido caliente y frío son constantes, la ecuación (11) se presenta en la forma siguiente:

$$w_c \cdot C_{p_c} \cdot (T_2 - T_1)_c = w_f \cdot C_{p_f} \cdot (T_1 - T_2)_f \quad (12)$$

Dónde:

C_{p_c} y C_{p_f} ; son los calores específicos del fluido caliente y frío, respectivamente.

$$\frac{kJ}{kg \cdot K}$$

Si uno de los fluidos se condensa, la ecuación (12) se escribe como:

$$Q = w_v \cdot \lambda = w_f \cdot C_{p_f} \cdot (T_1 - T_2)_f \quad (13)$$

Donde:

w_f = Gasto de vapor que condensa, $\left(\frac{kg}{hr}\right)$

λ = Calor latente de vaporización a la temperatura de condensación, $\frac{kJ}{mol \cdot kg}$

En la ecuación (13) se supone que el vapor llega al condensador como vapor saturado y que el condensado sale a la temperatura de saturación.

Si el condensado sale a una (T_b) menor que la temperatura (T_a) de saturación, la ecuación (13) se expresa en la forma siguiente:

$$w_v \left(\lambda + C_{p_c}(T_a - T_b) \right) = w_f \cdot C_{p_f} \cdot (T_{1f} - T_{2f}) \quad (14)$$



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	180/ 205

Donde:

C_{pc} = Calor específico del condensado, $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

λ = Calor latente de vaporización a la temperatura de condensación, $\frac{kJ}{mol \cdot kg}$

Coeficiente total de transferencia de calor

Los cálculos para el diseño de un intercambiador de calor se basan en la ecuación de Fourier, esta es:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (15)$$

Donde:

Q = Calor transferido, J ; ($1J = 1 \frac{N}{m} = 1 kg \frac{m^2}{s^2}$; calor en termoquímica, $1 cal = 4.184 J$)

U = Coeficiente Total de Transferencia de Calor, $\frac{W}{m^2 K^2}$; (Energía interna, $\frac{J}{kg}$)

A = Área Total de Transferencia de Calor, m^2 ,

ΔT = Diferencia de Temperaturas, K , $^{\circ}C$.

Si la ecuación (15) se aplica a un elemento diferencial del intercambiador, la transferencia de este se expresa como:

$$dQ = U \cdot \Delta T \cdot dA \quad (16)$$

Tomando en cuenta ciertas suposiciones (ver inciso 15) e integrando la ecuación (16), el resultado es el siguiente:



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	181/ 205

$$Q = U \cdot A \cdot \left[\frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \right] = U \cdot A \cdot (MLDT) \quad (17)$$

Donde:

MLDT: Es la media logarítmica de la diferencia de temperaturas, K o $^{\circ}C$

Ahora bien, para un flujo en paralelo:

$$\Delta T_2 = T_1 - t_1 \quad (18)$$

$$\Delta T_1 = T_2 - t_2 \quad (19)$$

Para un flujo a contracorriente:

$$\Delta T_2 = T_1 - t_2 \quad (20)$$

$$\Delta T_1 = T_2 - t_1 \quad (21)$$

Donde:

T_1 = Temperatura de entrada del fluido caliente, K o $^{\circ}C$

T_2 = Temperatura de salida del fluido caliente, K o $^{\circ}C$.

t_1 = Temperatura de entrada del fluido frío, K o $^{\circ}C$.

t_2 = Temperatura de salida del fluido frío. K o $^{\circ}C$.

Correcciones a la media logarítmica de la diferencia de temperaturas en intercambiadores de múltiples pasos.

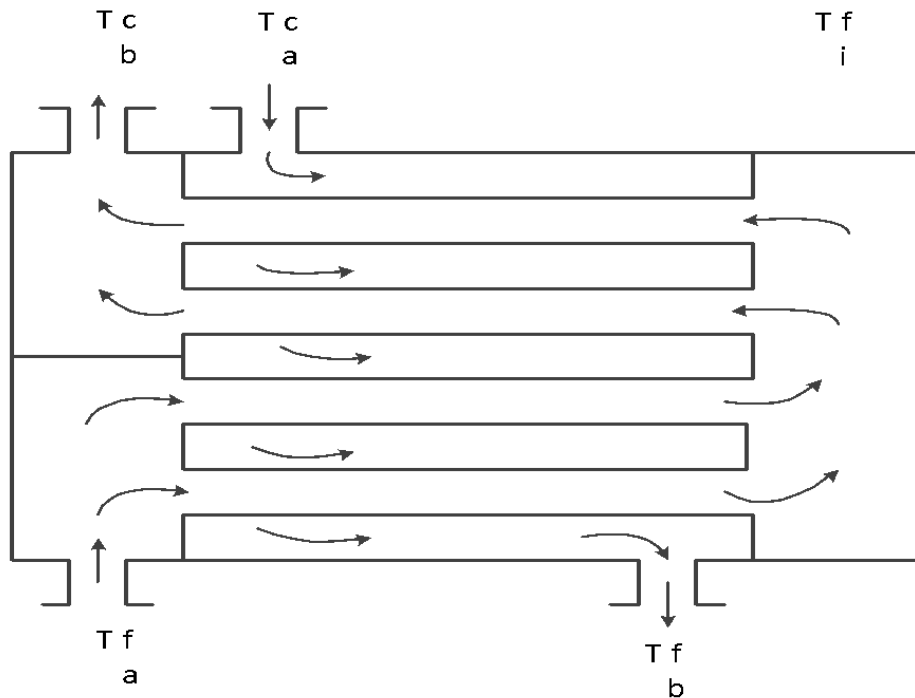


SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	182/ 205

En la Figura 1 se muestra un esquema típico de un intercambiador de calor de dos pasos por los tubos y uno por el anulo, o coraza y en la Figura 2 se muestran los perfiles de temperaturas desarrolladas a lo largo de los tubos y de la coraza, con los fluidos respectivos.



b = salida a = entrada

T_c a	Temperatura entrada vapor . caliente	T_f a	Temperatura entrada agua, fría
T_f b	Temperatura salida agua, condensada, templada	T_c b	Temperatura salida agua, caliente

Figura 1. Intercambiador de calor de múltiples pasos



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	183/ 205

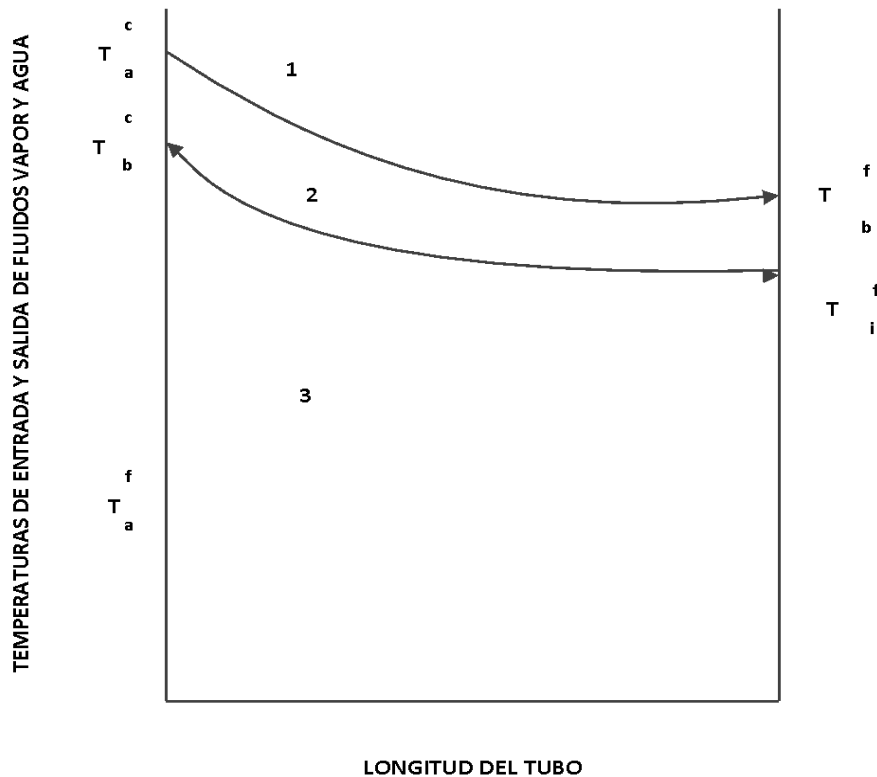


Figura 2. Perfiles de temperatura desarrollados a lo largo o área de los tubos y por la coraza o el anulo para un flujo a contracorriente.

La curva (1) $t_a^c \rightarrow t_b^f$, se aplica para el fluido del lado de la coraza, que es del fluido caliente, como vapor. La curva (3) $t_a^f \rightarrow t_b^f$, es el primer paso del fluido por el lado de los tubos, como agua y la curva (2) $t_b^c \rightarrow t_b^f$ corresponde al segundo paso. Las curvas (1) y (2) corresponden a las de un intercambiador a contracorriente. La media logarítmica de las temperaturas se aplica a un flujo en paralelo o a un flujo a contracorriente simple, pero no a una combinación. Cuando aparecen tipos de flujo diferentes a los paralelos o contracorrientes



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	184/ 205

simples, es costumbre definir un factor de corrección F, que, al multiplicarse por la LMDT, determina la LMDT Correcta. El factor de F siempre es menor que la unidad. El factor de F es función de dos números adimensionales definidos por:

$$X = \frac{t_a^c - t_a^f}{t_a^c - t_b^f}. \text{ También se define } X \text{ como: } X = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \quad (22)$$

$$Z = \frac{t_a^c - t_b^f}{t_a^c - t_a^f}. \text{ También se define } Z \text{ como: } Z = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \quad (23)$$

En donde “c” y “f”, se refieren al fluido caliente y frío respectivamente, “a” y “b” a la entrada y salida de flujo. Así como T_1, T_2 , son las temperaturas de entrada y salida del anulo o coraza y t_1, t_2 , son las temperaturas de entrada y salida de la tubería. El factor Z es la relación de la caída de temperatura del fluido caliente al aumento de temperatura del fluido frío. El factor X es la eficiencia de calentamiento o la relación del aumento de temperatura del fluido frío o al aumento de temperatura máxima posible.

En el Anexo 3.6.1, se muestra un esquema de un Intercambiador de calor de tubos concéntricos.

Cambiador de calor de tubos concéntricos.

Coefficientes de película para fluidos en tuberías

Flujo turbulento.

$$\frac{h_i \cdot D}{k} = 0.023 \left(\frac{Dv\rho}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{c_p\mu}{k} \right)^{0.33} \quad (24)$$

Fluidos muy viscosos con $Re < 8\ 000$:



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	185/ 205

$$\frac{h_i D}{k} = 0.027 \left(\frac{Dv}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14} \quad (25)$$

Flujo laminar

$$\frac{h_i D}{k} = 2 \left(\frac{w C_p}{k L} \right)^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0.14} \quad (26)$$

Donde:

h_i = Coeficiente de transferencia de calor para el fluido en el interior del tubo, W/m²K

D = Diámetro del tubo, m

k = Conductividad térmica del fluido, W/mK

v = Velocidad lineal del fluido, m/s

ρ = Densidad del fluido, kg/m³

μ = Viscosidad del fluido, Pa. s

C_p = Calor específico del fluido, J/kg

μ_p = Viscosidad a la temperatura de pared, Pa. s

w = Gasto másico del fluido, kg/s

L = Longitud del tubo, m

Fluidos que se desplazan en un ánulo. Diámetro equivalente

Cuando un fluido se desplaza en el interior de un conducto que tienen una sección transversal diferente a la circular, como en un ánulo, es conveniente expresar los coeficientes de transferencia de calor y factores de fricción mediante los mismos tipos de ecuaciones para tuberías. Para realizar este tipo de representación se ha encontrado ventajoso utilizar un diámetro equivalente (D_e), que es igual a:



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	186/ 205

$$D_e = \frac{4 \times \text{área de flujo}}{\text{perímetro húmedo}} = \frac{4(D_2^2 - D_1^2)}{4D_1} = \frac{(D_2^2 - D_1^2)}{D_1} \quad (27)$$

Donde:

D_e = Diámetro equivalente

D_2 = Diámetro interior del tubo exterior

D_1 = Diámetro exterior del tubo interior

Coefficientes de película para fluidos en ámulos

Cuando el diámetro equivalente de la ecuación (27) se sustituye a D , en las ecuaciones 26, 25 y 24, el coeficiente que se determina es el exterior o del ánulo (h_o). Aun cuando D difiera de D_e , h_o es efectivo en el diámetro exterior del tubo interior. En intercambiadores de doble tubo es costumbre usar la superficie exterior del tubo interior como la superficie de referencia y puesto que h_i se ha determinado para A_i y no para A , el coeficiente debe ser corregido, esto es:

$$h_{io} = h_i \frac{A_i}{A} = h_i \frac{DI}{DE} \quad (28)$$

Intercambiador de tubos y coraza

Coefficiente de película del lado de los tubos

a.- Flujo turbulento

$$\frac{h_i \cdot D}{k} = 0.023 \cdot \left(\frac{DG}{\mu}\right)^{0.8} \cdot \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k}\right)^{0.33} \quad (29)$$

$$G = \frac{w_t}{a_t} = \frac{w_t}{\frac{N_t a'_t}{n}} \quad (30)$$



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	187/ 205

Dónde:

G : Masa velocidad

a_t : Área total de paso

w_t : Gasto másico total

N_t : Número de tubos

a'_t : Área de flujo por tubo

n : Número de pasos

D : Diámetro de un tubo

b.- Flujo laminar

$$\frac{h_i D}{k} = 2 \cdot \left(\frac{w \cdot C_p}{k \cdot L} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_0} \right)^{0.14} \quad (31)$$

Dónde:

w : Gasto másico por tubo.

El coeficiente obtenido por estas ecuaciones también debe ser corregido por la ecuación (31)

$$h_{i0} = h_i \cdot \frac{A_i}{A} = h_i \cdot \frac{DI}{DE} \quad (32)$$

Coeficiente de película del lado de la coraza

La ecuación utilizada para el cálculo del vapor que condensa del lado de la coraza es la siguiente:

$$h \left(\frac{\mu_f^2}{k_f^3 \rho_f^2 g} \right)^{1/3} = 1.5 \left(\frac{4G''}{\mu_f} \right)^{-1/3} \quad (33)$$



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	188/ 205

$$G'' = \frac{w_t}{LN_t^{2/3}} \quad (34)$$

Dónde:

μ_f = Viscosidad del fluido a la temperatura de la película

k_f = Conductividad térmica a la temperatura de la película

ρ_f = Densidad a la temperatura de la película

g = Aceleración gravitacional

Evaluación de las propiedades

Las propiedades del fluido son las correspondientes a la temperatura media de la película condensada, la cual se determina con la siguiente ecuación:

$$t_f = t_v - \frac{3(t_v - t_w)}{4} \quad (35)$$

Dónde:

t_f = Temperatura media de película

t_v = Temperatura de vapor saturado

t_w = Temperatura de pared

Como la temperatura de la superficie externa del tubo t_w la mayoría de las veces se desconoce, se supone una muy cercana a la temperatura del vapor y se resuelve mediante iteración. Para corroborar se utiliza la ecuación siguiente:

$$h_o(t_v - t_w) = h_i(t_w - t_m) \quad (36)$$

y

$$t_m = \frac{t_e + t_s}{2} \quad (37)$$



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	189/ 205

Dónde:

t_m = Temperatura media

t_e = Temperatura de entrada del fluido frío

t_s = Temperatura de salida del fluido frío

Coeficiente total limpio

Cuando se usan los coeficientes individuales para la obtención del coeficiente total, se denomina coeficiente total limpio y se expresa por:

$$U_c = \frac{h_{i0}h_o}{h_{i0}+h_o} \quad (38)$$

3. MATERIAL Y EQUIPO

3.1 MATERIAL

- 1 flexómetro
- 1 vernier
- 1 probeta de 1 litro (de plástico)

3.2 EQUIPO

- Un Intercambiador de Calor de Metal, de Tubos y Coraza, Ver figura 1.

3.3 SERVICIOS

- Agua de la red, o de la Torre de Enfriamiento,
- Vapor de Generador de Vapor del Cuarto de Máquinas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	190/ 205

3.4 EQUIPO DE SEGURIDAD DEL PROFESOR Y ALUMNOS QUE OPERAN EL EQUIPO.

- Bata, casco y zapato cerrado,
- Un par de guantes de carnaza

3.5 MATERIAL BÁSICO

- El especificado por el profesor

4. PROCEDIMIENTO

A.- ARRANQUE

- 1.- Familiarizarse con el equipo, observando un esquema de este en el Anexo 2 y 3.
- 2.- Cerrar todas las válvulas.
- 3.- Abrir el suministro de agua de la torre de enfriamiento al equipo, con la válvula.
- V-2. Así como alinear las válvulas de la torre de enfriamiento, de salida y su retorno
- 4.- Calibrar el rotámetro, a diferentes aperturas, midiendo el porcentaje de descarga de (0 a 100) %, a diversas vueltas de apertura de la válvula V-2.
- 5.- Con un cronómetro medir el tiempo que tarda en llenar los recipientes de bajo volumen como probetas y los de mayor capacidad como cubetas, lo que indica el flujo o caudal medido con la apertura de la válvula V-2.
- 6.- Abrir la válvula V-59, V-54 y V-56 para el suministro de vapor a la coraza del equipo, ajustando la presión de alimentación de vapor al intercambiador de calor con V-56, leyendo ésta en el manómetro P₁. La temperatura de entrada del vapor se lee en T₁.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	191/ 205

- 7.- Abrir la válvula V-53, el vapor pasa por un manómetro y a un termómetro de carátula para después a la salida del condensado descargar a una trampa de vapor, y medir con más exactitud la temperatura de condensado, con un termómetro de mercurio. Medir el flujo másico del vapor, con una probeta de plástico de 1 litro de capacidad.
- 8.- Abrir las válvulas V-42 y V-41, V-40, V-44 y V-49 para regresar el agua calentada a la torre de enfriamiento.
- 9.- Tomar las temperaturas del agua y del vapor a la entrada y salida del intercambiador, así como la presión de entrada de vapor.
- 10.- Variar los gastos de agua de entrada al equipo con el rotámetro a diversas aperturas de la válvula V-2.
- 11.- Variar los gastos de vapor con la válvula V-56, variando de 5-5.5 Kg/cm².
- 12.- Repetir los incisos 5, 6, 7, 8, 9, 10 y, 11. Para obtener los datos experimentales que se presentan en las Tablas de Tratamiento de Datos y Análisis de los Datos, que se verán posteriormente.

B.- PARO

- 1.- Cerrar el suministro de vapor por medio de la válvula V-56 V-58, V-54 y V-59, observando que el manómetro ya no indique presión de vapor, así que la temperatura del termómetro de carátula sea la ambiental y que deje de salir vapor por la trampa de vapor. Dejar de circular el agua, hasta que la temperatura en la coraza sea igual a la temperatura ambiente.
- 2.- Cerrar las válvulas de entrada de agua V-1, o V-2. Así como de salida V-42, V-41 y V-40. Abrir todas las válvulas de drene de agua y condensados, para que no quede agua en el equipo ni en las tuberías.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	192/ 205

5. PRESENTACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

● PRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos recolectados en la actividad del grupo de trabajo, se presentará la Tabla 1, para cada una de las presiones a las cuales se trabaje.

Tabla 1. Datos de temperaturas para una presión de vapor determinada

No Corrida	P_1 , entrada	t_1 , de vapor fijado	t_2 , de salida vapor	$T_{entrada}$ de agua	T_{salida} de agua	$T_{entrada}$ de vapor	T_{salida} , de condensado
1							
2							
3							

● ANÁLISIS DE DATOS.

1. Con los datos obtenidos de la Tabla 1 y con las ecuaciones pertinentes, se elaborará la tabla de resultados, para a cada una de las presiones a las que se trabajó y los resultados se pondrán en el formato de la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos para una presión de vapor específica.

No Corrida	Gasto vapor	Gasto agua	Q	U_{exp}	Re , tubos	h_i	h_0	h_{io}	$U_{teórico}$
1									
2									
3									
4									



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO Y TALLER DE
PROYECTOS DE 6º SEMESTRE



Código	Fecha de emisión	Versión	Página
SGC-FESZ-IQ-ML01	07/12/2018	1	193/ 205

- Hacer una Gráfica por cada tabla de U_{exp} vs Re_{tubos} ,
- Construir un diagrama que muestre los perfiles de temperatura desarrollados a lo largo de cada intercambiador de calor, en cada corrida.
- Realizar un balance de materia y energía del sistema para cada intercambiador de calor y para cada corrida.
- Hacer una Gráfica por cada Tabla del $U_{teórico}$ vs Re_t .
- Obtener con los valores experimentales del coeficiente global de transferencia de calor para cada corrida y cambiador y presentar una tabla como la siguiente:

6. Bibliografía

- Çengel, Yunus A. (2011) *Transferencia de calor y masa: fundamentos y aplicaciones*. México. McGraw-Hill Interamericana.
- Levenspiel J. Octave. (2002) *Flujo de fluido e intercambio de calor*.
- Kern, Donald. (1998) "Procesos de transferencia de calor". Editorial continental S. A. México.
- McCabeL. Warren. (2007) *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. McGraw-Hill. 7ª Edición, D.F. México.