

VISTA POSTERIOR DEL EDIFICIO DE LOS LABORATORIOS DE INGENNERIA QUIMICA



331
25
PRACTICA 7

EVAPORACION CON CIRCULACION FORZADA

OBJETIVOS

- A) En papel milimetrado construir un gráfico para cada una de las evaporaciones, de la masa de condensado de vapor vivo y de la masa de condensado del vapor producido en función del tiempo.
- B) Realizar el balance de energía completo para el evaporador-intercambiador y establecer las pérdidas de calor.
- C) Determinar la economía de la evaporación.
- D) Determinar el coeficiente global de diseño U_D en el intercambiador.

PROCEDIMIENTO

- 1) Revisión del equipo. Para cumplir con los objetivos propuestos ver qué válvulas deben permanecer cerradas y cuáles abiertas.
- 2) Colocar una caneca para la recolección de condensado sobre una balanza.
- 3) Abrir la válvula que da paso de agua a la bomba de vacío y conectar la bomba hasta obtener la presión de vacío deseada.
- 4) Conectar la bomba de circulación de agua.



- 5) Alimentar vapor de agua y mantener una presión de 15 psig constante durante toda la práctica.
- 6) Cuando la temperatura del agua se aproxime al punto de ebullición esperado para esta presión, suministrar agua de refrigeración al condensador con la válvula de entrada. La cantidad de agua dependerá de la temperatura del condensado.
- 7) Cuando el sistema esté estable, anotar los datos solicitados.
- 8) Disminuir la presión de vacío y permitir nuevamente la estabilización del equipo. Tomar los datos correspondientes a ésta nueva presión.
- 9) Suprimir la alimentación de vapor cerrando la válvula correspondiente.
- 10) Llevar el equipo a presión atmosférica apagando la bomba de vacío y abriendo muy lentamente la válvula que comunica el tanque de condensado con la atmósfera.
- 11) Luego de algunos minutos cerrar la válvula de entrada de agua al condensador.
- 12) Tarar el tanque de condensado.

EQUIPO

- 1) Primer efecto del sistema.
- 2) Intercambiador de calor con 13 tubos de cobre con las siguientes especificaciones: $D_o = 1$ pulg, BWG, longitud = 55.125 pulg, arreglo triangular, diámetro de la carcaza = 6 pulg.
- 3) Bomba centrífuga y de vacío.



- 4) Condensador.
- 5) Caneca y tanque de recolección.
- 6) Báscula e instrumentos de medida.

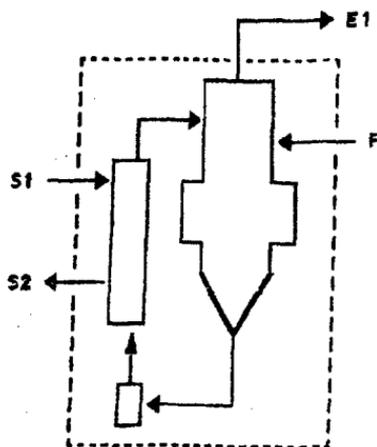
NOMENCLATURA DE DATOS

Los subíndices hacen referencia al diagrama de flujo.

- P_6 : presión de vacío en el tanque de recolección (pulg Hg).
 P_3 : presión de vacío en el evaporador (psig).
 P_1 : presión del vapor de agua alimentado al intercambiador (psig).
 T_6 : temperatura de los vapores de cima ($^{\circ}$ F).
 T_5 : temperatura del agua dentro del evaporador ($^{\circ}$ F).
 T_2 : temperatura de condensado de vapor vivo ($^{\circ}$ C).
 T_9 : temperatura de condensado producido en el evaporador ($^{\circ}$ C).
 T_1 : temperatura de entrada del agua al intercambiador ($^{\circ}$ F).
 T_3 : temperatura de salida del agua del intercambiador ($^{\circ}$ F).
 m_{S1} : masa de vapor de agua (kg).
 m_{E1} : masa de agua evaporada (kg).
 θ : tiempo (mi).
 Z : altura en el tanque de recolección de condensado.
 (m/Z) : tara del tanque (kg/cm).

CALCULOS

Todos los cálculos hacen referencia al siguiente diagrama de flujo simplificado.



A) A partir de los gráficos se determina el flujo de condensado de vapor vivo (m_s) y el flujo de condensado de vapor producido que corresponde al flujo de agua alimentada (m_F).

Para determinar la masa de vapor producido se multiplica la tara del tanque (m/Z) por la diferencia de alturas (Δz) en el tanque, durante un intervalo de tiempo ($\Delta \theta$).

B) El balance de energía se determina por la siguiente ecuación:

$$H_F + H_{s1} = H_{E1} + H_{s2} + Q_p$$

donde:

H_F = entalpía total del agua alimentada = $m_F \cdot h_F$

La entalpía específica h_F para el agua alimentada se evalúa conociendo la temperatura del agua y tomando la entalpía de líquido saturado (h_f) a ésta temperatura.

H_{S1} = entalpía total del vapor vivo alimentado al evaporador.
 $= m_S \cdot h_{S1}$

La entalpía específica del vapor vivo (h_{S1}) se determina suponiendo vapor saturado seco (h_g) en función de la presión absoluta de alimentación.

La presión atmosférica (P_{atm}) en Santafé de Bogotá es 10.83 psi.

La presión absoluta (P_{abs}) se calcula:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

P_{man} = presión indicada por el manómetro.

H_{E1} = entalpía total del vapor producido = $m_{E1} \cdot h_{E1}$.

La entalpía específica h_{E1} se calcula suponiendo vapor saturado seco (h_g) a la presión absoluta en la cámara de evaporación. Si se está trabajando al vacío la presión absoluta se determina:

$$P_{abs} = P_{atm} - P_v$$

P_v = presión de vacío indicada por el vacuómetro.

H_{S2} = entalpía total del condensado de vapor vivo = $m_S \cdot h_{S2}$

La entalpía específica h_{S2} se calcula suponiendo líquido sub-enfriado a la temperatura medida con el termómetro de la línea de condensado a la salida del intercambiador. Puede suponerse la entalpía de líquido saturado (h_f) a ésta temperatura.

Despejando Q_p se determina el flujo de calor perdido.

C) La economía de la evaporación se calcula:

$$\text{Economía} = m_{E1}/m_S$$

D) La diferencia media logarítmica de temperatura en el intercambiador de calor se calcula así:

$$\Delta t_1 = T_2 - t_1 \quad \text{y} \quad \Delta t_2 = T_1 - t_2$$

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln (\Delta t_1 / \Delta t_2)}$$

$T_1 = T_2 = T_s$ = temperatura de saturación del vapor de agua a la presión absoluta indicada del vapor dentro del intercambiador.

t_1 = temperatura de entrada del agua .

t_2 = temperatura de salida del agua.

Coefficiente de diseño U_D :

$$U_D = \frac{Q}{A \cdot \Delta t}$$

Q = Flujo de calor cedido por el vapor = $m_s (h_{s1} - h_{s2})$

m_s = masa de condensado de vapor vivo.

A = área total de transferencia de calor.

$$A = N_t \times L \times DE \times \pi$$

N_t = número de tubos.

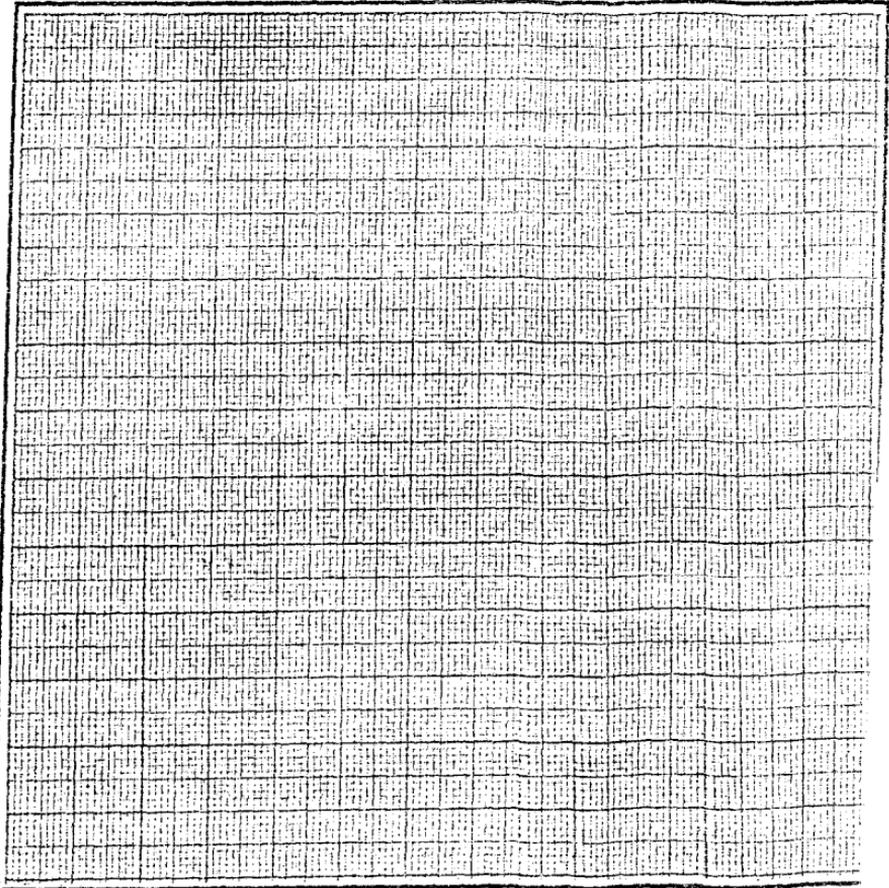
L = longitud de los tubos.

DE = diámetro exterior de cada tubo.

Δt = diferencia media logarítmica de temperatura.

GRAFICA A - 1

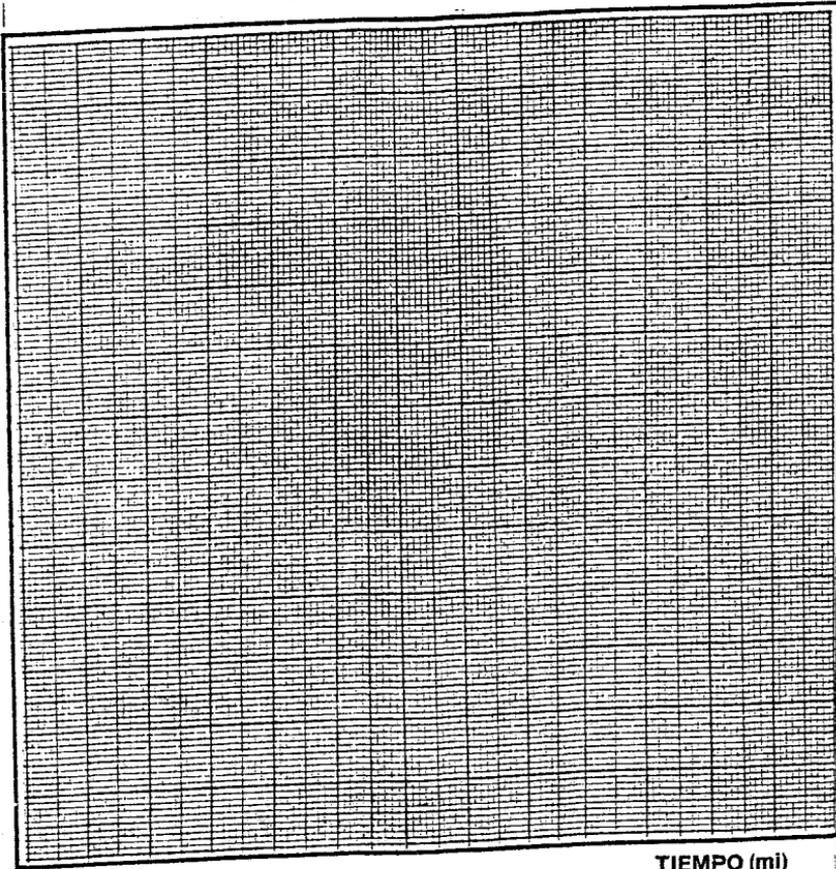
m



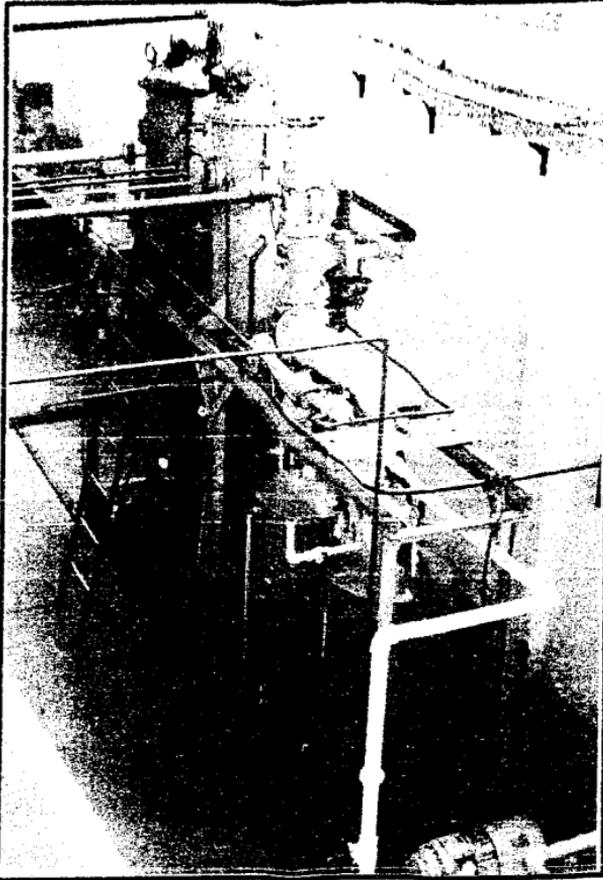
TIEMPO (mi)

GRAFICA A - 2

m



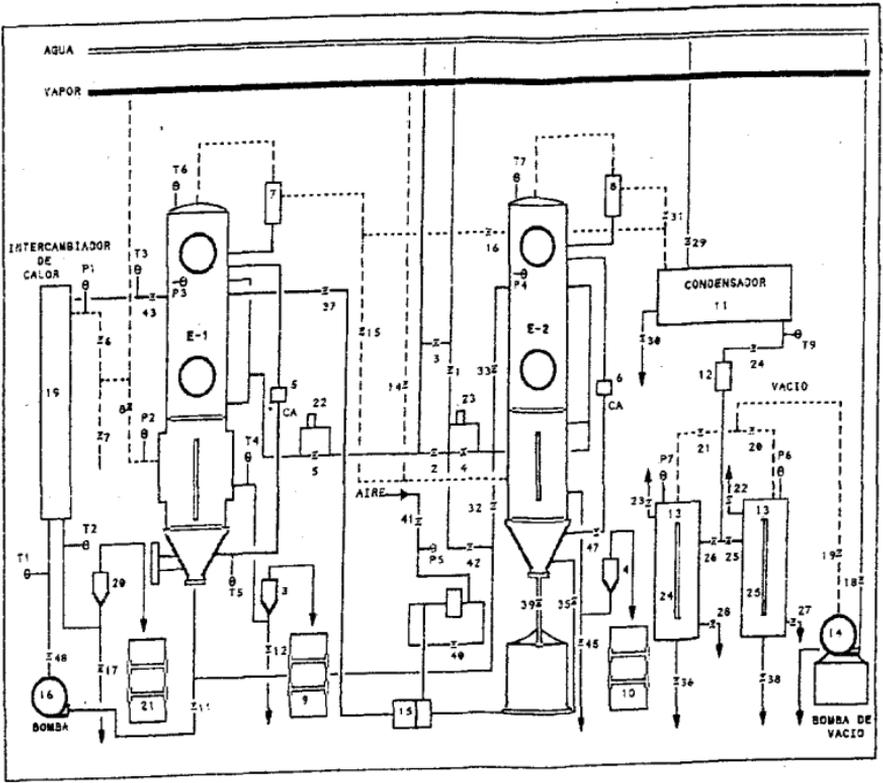
TIEMPO (mi)



VISTA LATERAL DEL EQUIPO DE EVAPORACION

LOCALIZACION LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA

DIAGRAMA DE FLUJO EQUIPO DE EVAPORACION



LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS II

TABLA DE DATOS : PRACTICA 7

EVAPORACION CON CIRCULACION FORZADA

ENSAYO 1												
DATOS			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INTERVALO DE TIEMPO	θ	mi										
MASA DE VAPOR DE AGUA	m_v	kg										
ALTURA TANQUE DE CONDENSADO	z	cm										
TEMPERATURA AGUA EVAPORADOR	T_5	$^{\circ}\text{C}$										
PRESION DE LA CALDERA	P_c	psig										

PRESION DEL VAPOR DE AGUA	P_1	psig	TEMPERATURA VAPOR PRODUCIDO	T_6	$^{\circ}\text{F}$
PRESION DE VACIO TANQUE	P_6	in Hg	TEMPERATURA CONDENSADO VAPOR	T_2	$^{\circ}\text{F}$
PRESION DE VACIO EVAPORADOR	P_3	in Hg	TEMPERATURA SALIDA CONDENSADOR	T_9	$^{\circ}\text{C}$
TEMPERATURA ENTRADA INTERCAMB.	T_1	$^{\circ}\text{F}$	TEMPERATURA SALIDA INTERCAMB.	T_3	$^{\circ}\text{F}$

ENSAYO 1												
DATOS			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INTERVALO DE TIEMPO	θ	mi										
MASA DE VAPOR DE AGUA	m_v	kg										
ALTURA TANQUE DE CONDENSADO	z	cm										
TEMPERATURA AGUA EVAPORADOR	T_5	$^{\circ}\text{C}$										
PRESION DE LA CALDERA	P_c	psig										

PRESION DEL VAPOR DE AGUA	P_1	psig	TEMPERATURA VAPOR PRODUCIDO	T_6	$^{\circ}\text{F}$
PRESION DE VACIO TANQUE	P_6	in Hg	TEMPERATURA CONDENSADO VAPOR	T_2	$^{\circ}\text{F}$
PRESION DE VACIO EVAPORADOR	P_3	in Hg	TEMPERATURA SALIDA CONDENSADOR	T_9	$^{\circ}\text{C}$
TEMPERATURA ENTRADA INTERCAMB.	T_1	$^{\circ}\text{F}$	TEMPERATURA SALIDA INTERCAMB.	T_3	$^{\circ}\text{F}$

PROFESOR : _____ GRUPO N^o _____ FECHA : D _____ M _____ A _____

FOTOCOPIA DILIGENCIADA DE ESTA TABLA DEBE SER ENTREGADA AL PROFESOR AL FINALIZAR LA PRACTICA