


0N°	NOTAS


REFERENCIAS

N° DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN

A	Emisión Inicial	RH	RH	DH	24-11-23
REV	DESCRIPCION	POR	CHEC.	APR.	FECHA


--	--	--	--	--	--

	Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Jujuy INGENIERIA DE PROCESOS Trabajo Práctico N° 10 TECNOLOGIA PINCH		
	Escala : S/E Proy:		
	Arch: 2023-IP-00-R-TP-110_A.doc	2023-IP-00-R-TP-110	Hoja 1 de 9

	Facultad de Ingeniería - UNJu	DOC N° 2023-IP-00-R-TP-110
	Ingeniería de procesos	Rev.: A Página 2 de 9
	TECNOLOGIA PINCH	Fecha: 24-11-2023

ÍNDICE

1. Objeto	3
2. Alcance	3
3. Normas aplicables.....	3
4. Documentos de referencia.....	3
5. Actividades	4

	Facultad de Ingeniería - UNJu	DOC N° 2023-IP-00-R-TP-110
	Ingeniería de procesos	Rev.: A Página 3 de 9
	TECNOLOGIA PINCH	Fecha: 24-11-2023

1. Objeto

El objeto de este Trabajo Práctico es estudiar la integración de procesos para diseñar procesos químicos sostenibles.

2. Alcance

El alcance se limita a integración energética, integración de calor y potencia, redes de intercambio de calor (HEN) y redes de intercambio de masa (MEN). Además, en su resolución y análisis de dicha solución debe realizarse en función de las metas de máxima recuperación de energía, mínimo número de unidades de intercambio y mínima área de transferencia de calor basado en un análisis de *trade-off*.

3. Normas aplicables

- **AISI:** American Iron and Steel Institute.
- **ASTM:** American Society of Testing Materials.
- **ISO 50001:** Sistema de Gestión de la Energía.
- **TEMA:** Tubular Exchanger Manufacturers Association.
- **ASME:** American Society of Mechanical Engineers, Sección VIII, division I.

4. Documentos de referencia

- **El-Halwagi, M. M. 2006.** *Process Integration*. s.l. : Elsevier, 2006.
- **Kemp, Ian. 2007.** *Pinch Analysis and Process Integration*. 2nd Edition. s.l. : Elsevier, 2007.
- **Klemes, y otros. 2014.** *Process integration and intensification. Saving energy, water and resources*. s.l. : De Gruyter, 2014.
- **Seider, Warren, y otros. 2016.** *Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis and Evaluation*. 4th Edition. s.l. : Wiley, 2016.
- **Smith, Robin. 2005.** *Chemical Process. Design and Integration*. s.l. : Wiley, 2005.
- **Turton, Richard, y otros. 2018.** *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. 5th edition. s.l. : Prentice Hall, 2018.



5. Actividades

- 1 Realice un diagrama en que se muestre la vinculación y el flujo de información entre los siguientes términos:
 - a) Curvas compuestas
 - b) Diagrama de cascada
 - c) Gran curva compuesta
 - d) Diagrama de grilla
 - e) Relajación de energía
- 2 El flowsheet para un proceso de destilación a bajas temperaturas es mostrado en la Figura 1.
 - a) Construir la tabla de corrientes.
 - b) Calcule los requerimientos mínimos de servicio de calefacción y de servicio de enfriamiento y lo localización del punto pinch mediante al algoritmo tabla de problema.
 - c) Represente las curvas compuestas para estas condiciones.

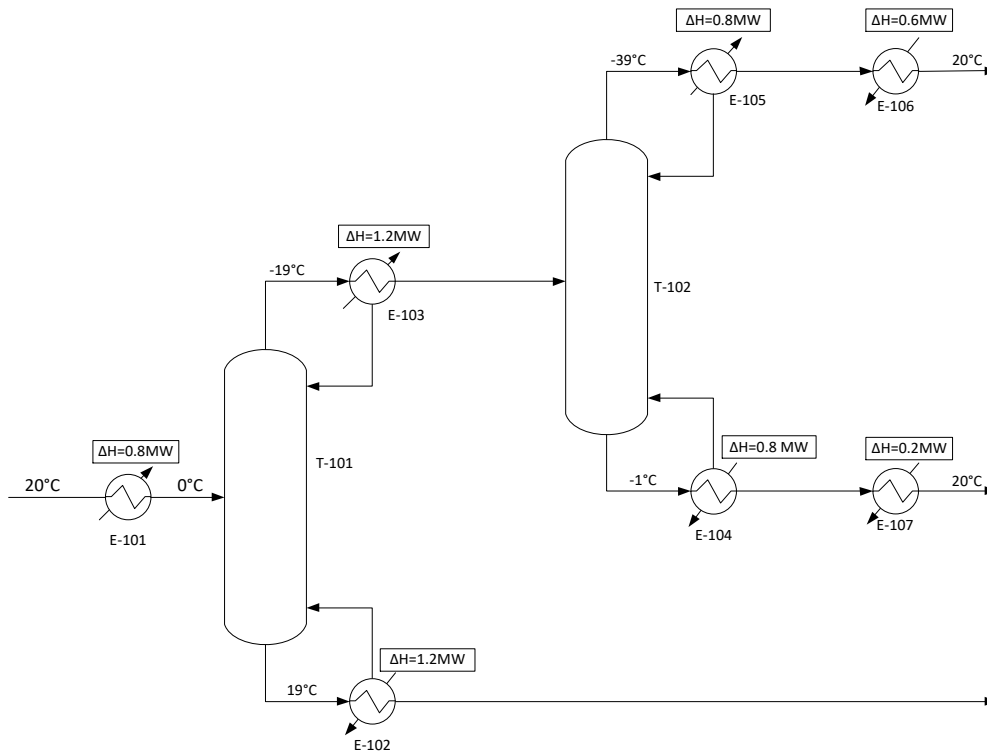


Figura 1. Proceso de destilación a baja temperaturas.

- 3 En la Tabla 1 están dados los datos para una corriente caliente y dos corrientes frías de proceso.

Tabla 1. Información de corrientes de proceso A.

N°	Corriente	T _{in}	T _{out}	CP (kW/°C)
1	Caliente	500	300	3.0
2	fría	180	480	1.0
3	fría	160	460	1.0

El $\Delta T_{\min} = 20^\circ\text{C}$

- a) Determinar el calor mínimo que debe aportar el vapor y el calor mínimo que debe ser sacado con el agua de enfriamiento.
- b) Determinar la red de intercambio de calor para la máxima recuperación de energía.

- c) Determinar el número mínimo de unidades para la máxima recuperación de energía (U_{\min}^{MER}).
- d) Determinar el número mínimo de unidades para el sistema total (U_{\min}).
- 4 La Figura 2 representa un sector de un proceso de producción en la cual se ha realizado integración energética. Sin embargo, se pretende reducir aún más los consumos de servicios, por lo cual se les solicita realizar un análisis del caso presentado para una $\Delta T_{\min}=10^{\circ}\text{C}$. El duty para cada uno de los intercambiadores de calor para el caso base puede visualizarse en la Tabla 2.
- Identifique en el diagrama las corrientes frías y calientes, y construya la tabla de corrientes.
 - Determine la recuperación de calor y los requerimientos de servicios de calefacción y de enfriamiento para $\Delta T_{\min}=20^{\circ}\text{C}$. ¿El caso base permite la máxima recuperación de energía? En caso negativo realice un análisis comparativo de los costos asociados de servicios.
 - Determine la red de intercambio de calor para la máxima recuperación de energía.
 - Represente el flowsheet con la RIC para la MER.

Tabla 2. CP corrientes de la Figura 2.

Corriente	Alimentación Reactor	Efluente Reactor	Corriente de reciclo
CP(kW/°C)	3	6	2

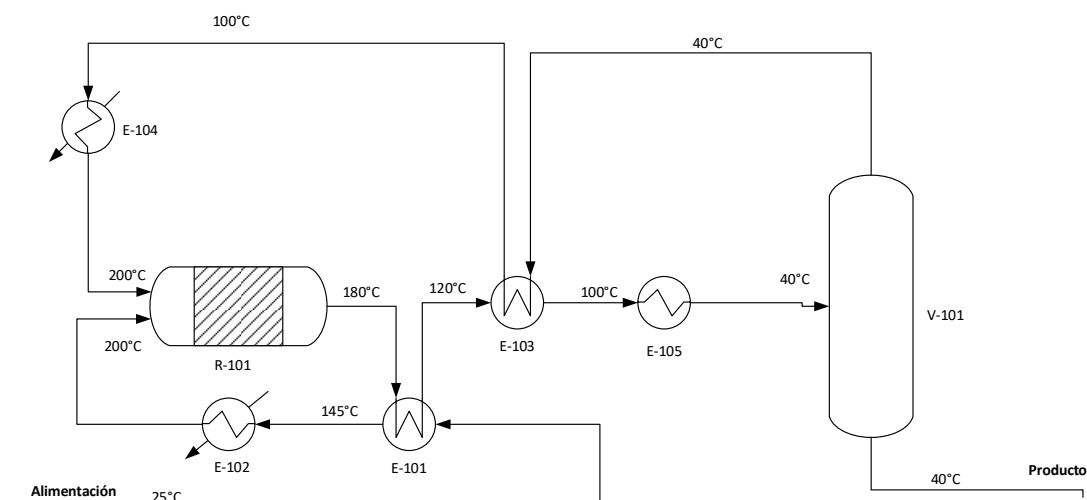
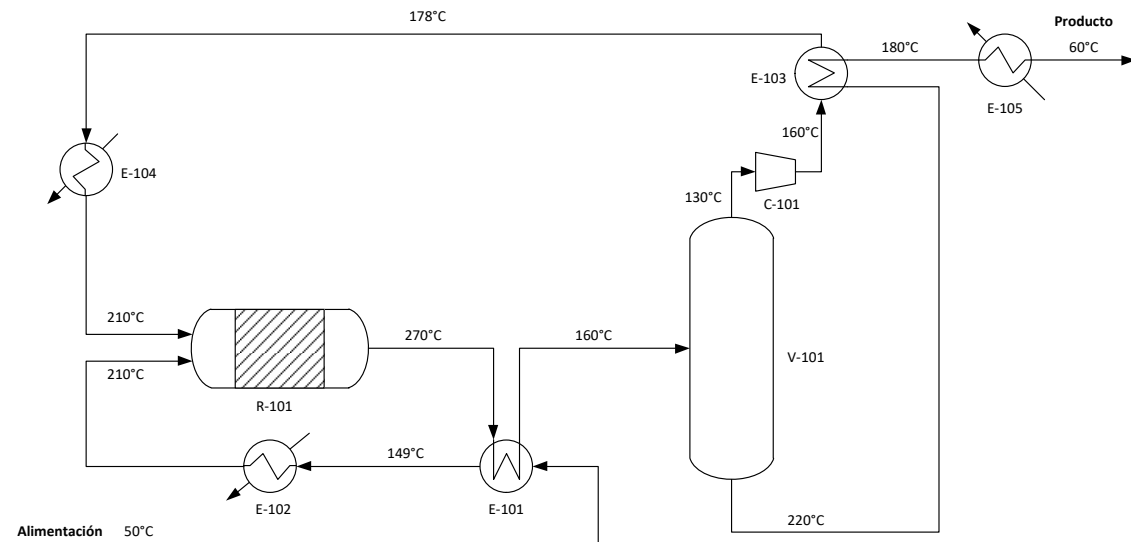


Figura 2. Proceso de producción Caso Base.

- 5 La Figura 2 representa un sector de un proceso de producción en la cual se ha realizado integración energética. Sin embargo, se pretende reducir aún más los consumos de servicios, por lo cual se les solicita realizar un análisis del caso presentado para una $\Delta T_{\min}=20^{\circ}\text{C}$. El duty para cada uno de los intercambiadores de calor para el caso base puede visualizarse en la Tabla 2.
- Identifique en el diagrama las corrientes frías y calientes, y construya la tabla de corrientes.
 - Determine la recuperación de calor y los requerimientos de servicios de calefacción y de enfriamiento para $\Delta T_{\min}=20^{\circ}\text{C}$. ¿El caso base permite la máxima recuperación de energía? En caso negativo realice un análisis comparativo de los costos asociados de servicios.
 - Determine la red de intercambio de calor para la máxima recuperación de energía.
 - Represente el flowsheet con la RIC para la MER.

**Tabla 3.** Demanda energética de los intercambiadores de calor de la Figura 2.

Equipo	E-101	E-102	E-103	E-104	E-105
Duty (kW)	1980	1220	880	1620	2640

**Figura 3.** Proceso de producción Caso Base.

- 6 Un sistema de reactores es mostrado en la Figura 4. Se le solicita realizar un análisis para la posible recuperación de energía en este sistema asumiendo un $\Delta T_{\min} = 50^\circ\text{C}$. Para ello:
- Determinar el calor mínimo que debe aportar el vapor y el calor mínimo que debe ser retirado con el agua de enfriamiento.
 - Determinar la red de intercambio de calor para la máxima recuperación de energía y represente el flowsheet correspondiente.
 - Determinar el número mínimo de unidades para la máxima recuperación de energía (U_{\min}^{MER}).
 - Determinar el número mínimo de unidades para el sistema total (U_{\min}).
 - Determinar el número de lazos a través del pinch y represente utilizando grafos.
 - Elimine dos intercambiadores de calor utilizando el método de relajación de energía y represente el flowsheet correspondientes.
 - Especifique tipo y calidad de servicios requeridos.

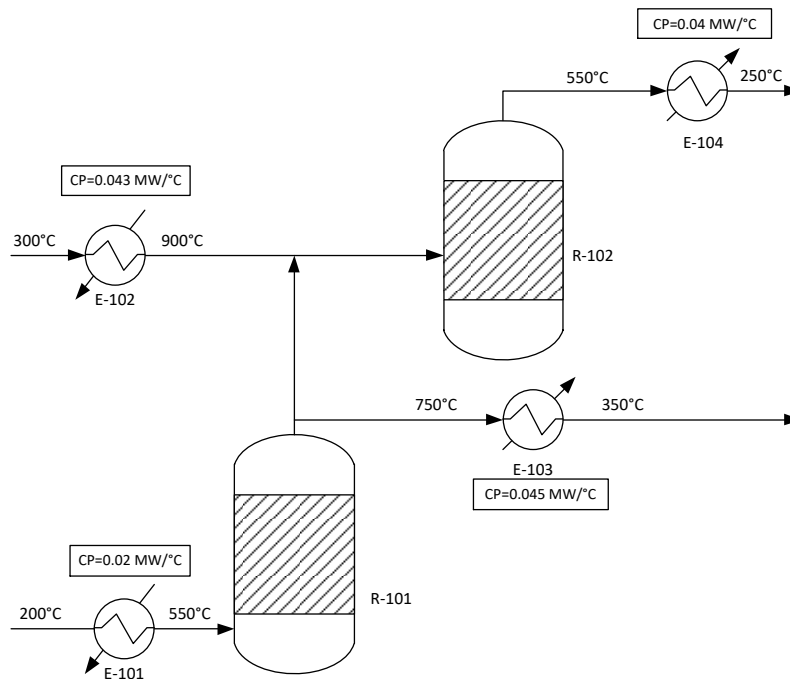


Figura 4. Sistema de reacción de un proceso.

7 Con los datos de corrientes de proceso dados en la Tabla 4:

El $\Delta T_{min} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

- Determinar el calor mínimo que debe aportar el vapor y el calor mínimo que debe ser sacado con el agua de enfriamiento.
- Determinar la red de intercambio de calor para la máxima recuperación de energía.
- Determinar el número mínimo de unidades para la máxima recuperación de energía (U_{min}^{MER}).
- Determinar el número mínimo de unidades para el sistema total (U_{min}).
- Determinar el número de lazos a través del pinch y represente utilizando grafos.
- Elimine un intercambiador de calor utilizando el método de relajación de energía.

Tabla 4. Datos de corrientes de proceso

N°	Corriente	Tin (°C)	Tout (°C)	Cp (KJ/Kg °C)	Flujo másico (kg/s)
1	Caliente	300	150	0.8	10
2	Caliente	150	50	0.8	2.5
3	Caliente	200	50	1	3
4	Fría	190	290	0.8	6.25
5	Fría	90	190	0.8	10
6	Fría	40	190	1	4

8 Los datos de la siguiente tabla corresponden a un proceso petroquímico simplificado.

Tabla 5. Datos de corrientes de proceso

N°	Corriente	Tin (°C)	Tout (°C)	MCp (MW/°C)
1	fría	18	123	0.933
2	fría	118	193	1.961
3	fría	189	286	1.796



4	Caliente	159	77	2.285
5	Caliente	267	80	0.204
6	Caliente	343	90	0.538

El $\Delta T_{\min} = 10^\circ\text{C}$

Diseñar una red de intercambio de calor para la máxima recuperación de la energía con el correspondiente número mínimo de unidades. (nota: abajo del Pinch, pueden ser necesario separación de corrientes lejos del Pinch para evitar lazos y por lo tanto mayor número de unidades).

- 9 La Figura 5 muestra un problema típico de integración de calor especificado en términos de un diagrama de flujo del proceso; el mismo contiene los cambios de entalpia y las temperaturas de origen y objetivo. La Figura 5 muestra las corrientes calientes y frías con sus cambios de entalpia. Las corrientes calientes son: H1 es una corriente caliente del reactor R-101 que necesita enfriarse de 180°C a 80°C , eliminando 100 kW ; y H2, la corriente de fondo de la columna T-101 que debe enfriarse de 130°C a 40°C , eliminando 180 kW . Las corrientes frías son: C1, la corriente de destilado de la columna C-101, que debe calentarse de 60°C a 100°C , recibiendo 160 kW , y C2, la corriente de alimentación del reactor R-101, que necesita calentarse de 30°C a 120°C , recibiendo 162 kW . Para un $\Delta T_{\min} = 10^\circ\text{C}$ y asumiendo que están disponibles agua de enfriamiento a 25°C y vapor a 150°C , realizar las siguientes actividades.

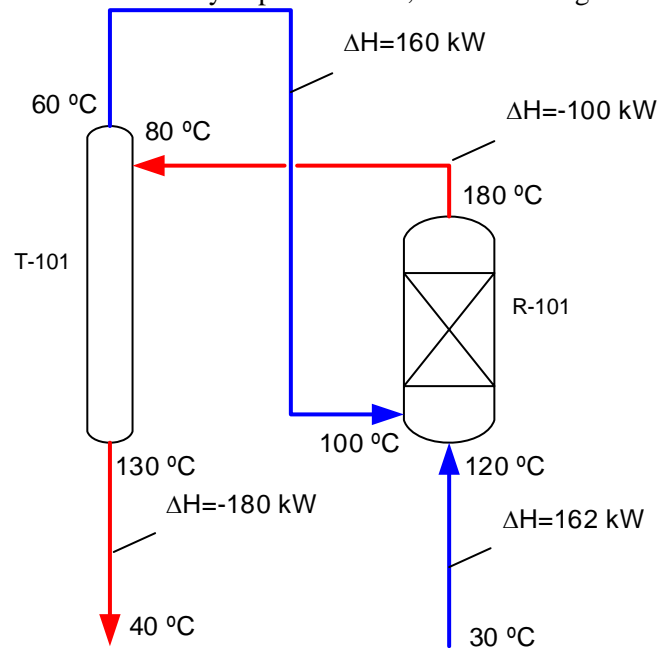



Figura 5: Diagrama de flujo de proceso

- Extraer los datos de corrientes calientes y frías y armar la tabla de corrientes.
- Determine $Q_{H\min}$ y $Q_{C\min}$ y el punto del Pinch mediante el método de Tabla del Problema.
- Dibujar la curva compuesta y la gran curva compuesta con servicios.
- Dibujar el diagrama grilla.
- Resolver la red MER utilizando el Hint.
- A partir de la gran curva compuesta, explicar la integración de calor y potencia.
- Especifique un gas caliente para calefacción y represente en la GCC.
- Especifique el servicio de enfriamiento requerido y represente en la GCC.
- Determinar la red de intercambio de calor para la máxima recuperación de energía.
- Determinar el número mínimo de unidades para la máxima recuperación de energía (U_{\min}^{MER}).
- Determinar el número mínimo de unidades para el sistema total (U_{\min}).
- Determinar el número de lazos a través del pinch y represente utilizando grafos.
- Elimine dos intercambiadores de calor utilizando el método de relajación de energía.

	Facultad de Ingeniería - UNJu	DOC N° 2023-IP-00-R-TP-110
	Ingeniería de procesos	Rev.: A Página 9 de 9
	TECNOLOGIA PINCH	Fecha: 24-11-2023

- n) Desarrolle los diagramas de flujo de proceso para la red para la máxima recuperación de energía y para el mínimo número de unidades.
- 10 Investigue el procedimiento para calcular el área total de intercambio de calor para una red de intercambio de calor.
- 11 Analice el documento “*C20 Heat Integration of Reactors*” y responda a las siguientes cuestiones:4
- Dibuje las curvas compuestas y la gran curva compuesta de un sistema que incluya un reactor exotérmico y un reactor endotérmico.
 - ¿Es un problema umbral? Justifique la respuesta y cite ejemplo.
- 12 Analice el documento “*C22 Heat Integration of Evaporators and Dryers*” y responda a las siguientes cuestiones:
- Dibuje las curvas compuestas y la gran curva compuesta para un evaporador de simple efecto y el un múltiple efecto de tres evaporadores.
 - ¿En qué caso la compresión mecánica del vapor mejora la integración energética de sistemas de evaporación?
- 13 Investigue acerca de los siguientes temas correspondientes a la “tecnología *Pinch*”.
- Total Site
 - Water pinch
 - MEN
- 14 ¿A qué se llama intercambiador de presión? Cite ejemplos en los cuales se pueden utilizar intercambiadores de presión.