

Segundo Parcial 2024

POR FAVOR TENER EN CUENTA:

1. Resolver cada pregunta en *hojas separadas*.
2. Escribir **nombre, apellido y cedula de identidad** en el margen superior de cada hoja **entregada**.
3. Anotar numero de hoja (*n*) frente a la cantidad total de hojas **entregadas** (*M*) en cada hoja, en el margen superior izquierdo de la hoja, con el formato **n/M**.

Pregunta 1

Para aportar el calor requerido por cierto proceso, se quema combustible derivado del petróleo en un horno con un exceso de aire del 30%. El aire y combustible ingresan al horno a 25°C. La composición elemental del combustible, expresada en % másico, es: 75% de C, 23% H y 2% de S. La combustión es completa y no queda combustible sin quemar, por lo que los gases de combustión se componen de CO₂, SO₂, H₂O, O₂ y N₂. Estos gases abandonan el horno a una temperatura de 350°C. El 15% del calor total generado en el horno se pierde en el ambiente y no llega al proceso que se pretende calefaccionar.

Determine:

- a. Los moles de aire que se suministran por kg de combustible.
- b. La composición molar (% mol/mol) de los gases de combustión que salen del horno.
- c. El calor aprovechado para calentar la corriente de interés, por kg de combustible que ingresa al horno.

Datos adicionales:

Calor de combustión del combustible a 25°C (considerando que se forma agua vapor): 14.300 kcal/kg

Composición del aire (% mol/mol): N₂ = 79%; O₂=21%

	H	C	N	O	S
PA (g/mol)	1,0	12,0	14,0	16,0	32,1

	H ₂ O(l)	H ₂ O(g)	O ₂ (g)	CO ₂ (g)	N ₂ (g)	SO ₂ (g)	combustible
Capacidad calorífica (kcal/kg °C)	1,0	0,47	0,25	0,22	0,26	0,18	0,52

Pregunta 2

El proyecto de inversión en una planta química requiere la inversión de 1.500.000 USD. La amortización se realizaría en forma lineal y completa durante los 10 años de operación de la planta. La inversión se hará 100% con capital propio. Al final del año 10 no se puede recuperar nada de la inversión. La tasa de descuento es de 8%. Se espera que los primeros dos años la planta opere a capacidad parcial, mientras que a partir del tercer año se trabaje a capacidad máxima. El volumen de ventas proyectado es el siguiente:

Año	1 a 2	3 a 10
Ventas (ton/año)	2000	2500

El producto tiene un precio de venta promedio de 480 USD/ton.

Se estiman los siguientes costos:

- Materia prima: 100 USD/ton producto
- Mano de obra: 100 USD/ton producto
- Energía: 80 USD/ton producto
- Costos fijos (no incluyen amortización): 250.000 USD/año

Al emprendimiento le corresponde una tasa impositiva de 25%.

Determine si el proyecto de inversión es rentable mediante el criterio del valor actual neto.

Pregunta 3

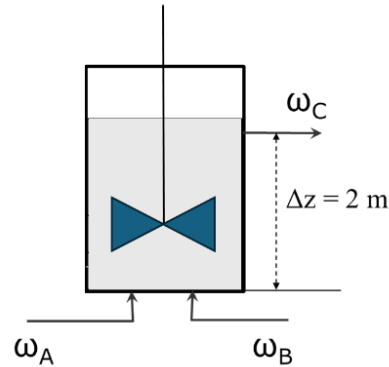
Un generador de vapor produce V (ton/h) de vapor de manera continua. El generador operaba en estado estacionario con un flujo de purgas del 5% de V . Debido a mejoras en la composición del agua alimentada al generador de vapor, el flujo de purgas se pudo reducir a un 3% de V .

Una vez que la caldera alcanza el nuevo estado estacionario para producir la misma cantidad de vapor, ¿el cambio en la cantidad de purga tiene algún impacto en la cantidad de combustible requerido? **Justifique su respuesta.**

Considere que no hay pérdidas al ambiente y que todas las corrientes de entrada y salida al generador tienen la misma temperatura en ambas situaciones.

Pregunta 4

Un reactor se alimenta de manera continua con dos corrientes líquidas de reactivos A y B que entran por abajo del reactor a un caudal de $\omega_A (= \omega_B)$ mol/min y 25°C.



Todo el sistema está y se mantiene a presión atmosférica.

A y B reaccionan según $A + B \rightarrow C$ y se puede asumir que a 25°C la reacción se completa instantáneamente al ponerse en contacto A con B. ΔH_r^0 es el calor estándar de la reacción en kJ/mol de producto. No se acumula masa en el tanque y el producto de la reacción sale por la parte de arriba del reactor a un caudal ω_C mol/min (2 metros por encima de la entrada). Para asegurar una buena mezcla (se puede asumir mezcla perfecta), el reactor cuenta con un agitador. El agitador aporta 1,2 kW al sistema. El reactor está aislado térmicamente del exterior (es adiabático). En un instante t_1 la temperatura promedio dentro del reactor es 30°C, pero el material contenido en el reactor va aumentando su temperatura con el tiempo y 20 minutos después, en el instante t_2 , la temperatura promedio del reactor es 40°C. La densidad de todas las sustancias y mezclas intervinientes no cambia ni con la posición dentro del sistema ni con el tiempo.

Se desprecian los aportes de energía cinética y energía potencial gravitatoria de las corrientes de entrada y salida, por lo que la siguiente ecuación describe el balance de cambio de energía en el sistema en esos 20 minutos (el significado de cada símbolo es el dado en las clases del curso).

$$Q + W_{ext} + \sum M_i h_i - \sum M_j h_j = \Delta U + \Delta E_P + \Delta E_C$$

Indique cuáles de las afirmaciones que se presentan en la hoja que sigue son verdaderas y cuáles falsas para el sistema descrito. (Por favor, responda en la propia hoja).

Para responder considere como volumen de control el reactor y todo su contenido.

Apellido y
Nombre:

CI:

Hoja

de

Pregunta 4

Indique si los siguientes enunciados son verdaderos (V) o falsos (F)

$Q > 0$	
$W_{\text{ext}} > 0$	
$\sum M_i h_i - \sum M_j h_j = -\omega_A \Delta H_r^0$	
$\Delta U > 0$	
$\Delta E_p > 0$	
$\omega_c = 2 \omega_A$	
Con los datos suministrados no es posible afirmar si la reacción es exotérmica o endotérmica.	
Durante los 20 minutos que transcurren entre t_1 y t_2 la energía liberada por el agitador 1440 kJ.	
Si la densidad de C se redujera con el aumento de temperatura, entonces el nivel dentro del tanque iría subiendo con el tiempo a medida que la temperatura interior pasa de 30°C a 40°C.	
Si se quisiera mantener una temperatura constante en el reactor, se debería implementar un sistema que elimine parte del calor generado.	

Apellido y Nombre:

CI:

Hoja

de

Pregunta 5

Indique si los siguientes enunciados son verdaderos (V) o falsos (F)

Los servicios auxiliares son uno de los grupos en que se clasifican las operaciones unitarias.	
Un proceso de transformación dado puede representarse como la interconexión de etapas de cambio parciales en cada una de las cuales tiene lugar una operación unitaria.	
Los servicios auxiliares aportan recursos necesarios para que el proceso de transformación pueda ocurrir, pero no forman parte del núcleo del proceso de transformación.	
Las operaciones unitarias se pueden clasificar según una propiedad que se intercambia entre porciones de materia. Uno de los tipos de operaciones unitarias son aquellas en las que la propiedad que se intercambia es energía térmica.	
Las operaciones unitarias se pueden clasificar según una propiedad que se intercambia entre porciones de materia. Uno de los tipos de operaciones unitarias son aquellas en las que la propiedad que se intercambia es energía eléctrica.	
Los servicios auxiliares pueden encontrarse también en actividades donde no ocurren procesos de transformación (por ejemplo, suministro de agua a hogares, acondicionamiento de aire, calefacción de ambientes). En cambio, las operaciones unitarias son exclusivas de la ingeniería química y sólo se encuentran en procesos de transformación ya sea a escala industrial o doméstica.	
Recién cuando se desarrolló el concepto de operaciones unitarias fue posible diseñar los equipos industriales para dar respuesta a las necesidades que requerían los procesos de transformación, como, por ejemplo, el de la fabricación de amoníaco.	
Los balances de materia y de energía no son de aplicación en aquellos procesos donde ocurren reacciones nucleares con conversión de masa en energía.	

Pregunta 6

Los envases que se muestran en la foto contienen oxígeno medicinal. Además de lo que se ve en la foto, agregamos como datos que son envases metálicos con un espesor de pared de 5 mm que, estando lleno, soporta una presión de 150 bar y pesa 20 kg. Tomando en cuenta lo anterior, uno y sólo uno de los siguientes enunciados es correcto ¿Cuál?



- A. El volumen interior del envase es 7,5 m³.
- B. El volumen interior del envase es 7,5 cm³.
- C. El volumen interior del envase es 40 L.
- D. Con la información disponible, no se puede descartar ninguna de las 3 opciones anteriores.

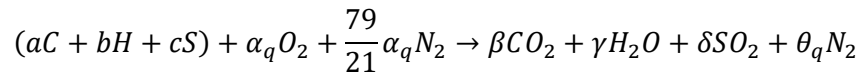
Escribir la letra del enunciado correcto en el siguiente casillero:

RESOLUCIÓN TIPO

PREGUNTA 1

a) Moles de aire alimentados por kg de combustible

Se escribe la reacción de combustión estequiométrica con coeficiente y unidades en moles.



Balance de átomos:

$$a = \beta = 0,75 \frac{kg_C}{kg_{comb}} \frac{1 kmol_C}{12 kg_C}$$

$$\beta = 0,0625 \frac{kmol_{CO_2}}{kg_{comb}}$$

$$b = 2\gamma = 0,23 \frac{kg_H}{kg_{comb}} \frac{1 kmol_H}{1 kg_H}$$

$$\gamma = 0,1150 \frac{kmol_{H_2O}}{kg_{comb}}$$

$$c = \delta = 0,02 \frac{kg_S}{kg_{comb}} \frac{1 kmol_S}{32 kg_S}$$

$$\delta = 0,0006 \frac{kmol_{SO_2}}{kg_{comb}}$$

$$2\alpha_q = 2\beta + \gamma + 2\delta$$

$$\alpha_q = 0,1202 \frac{kmol_{O_2}}{kg_{comb}}$$

Utilizando el exceso de 30%:

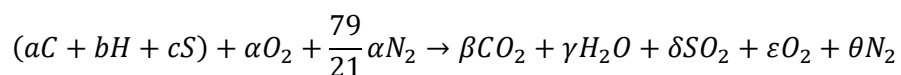
$$E = \frac{\alpha - \alpha_q}{\alpha_q} = 0,3$$

Por lo que el flujo másico de aire es:

$$Aire = 0,1568 \frac{kmol_{O_2}}{kg_{comb}} \frac{1 kmol_{aire}}{0,21 kmol_{O_2}} = 0,7467 \frac{kmol_{aire}}{kg_{comb}}$$

b) La composición (%mol/mol) de los gases de combustión que salen del horno.

Se escribe la ecuación de combustión:



Balance de átomos de carbono, hidrogeno y azufre no cambian, por lo que:

$$\beta = 0,0625 \frac{kg_{CO_2}}{kg_{comb}}$$

$$\gamma = 0,1150 \frac{kg_{H_2O}}{kg_{comb}}$$

$$\delta = 0,0006 \frac{kg_{SO_2}}{kg_{comb}}$$

De la parte anterior:

$$\alpha = 1,568 \frac{kg_{O_2}}{kg_{comb}}$$

Balance de oxígeno:

$$2\alpha = 2\beta + \gamma + 2\delta + 2\varepsilon$$

$$\varepsilon = 0,0362 \frac{kg_{O_2}}{kg_{comb}}$$

Balance de nitrógeno:

$$\theta = \frac{79 \text{ kmol}_{N_2}}{21 \text{ kmol}_{O_2}} \alpha$$

$$\theta = 0,5899 \frac{kg_{N_2}}{kg_{comb}}$$

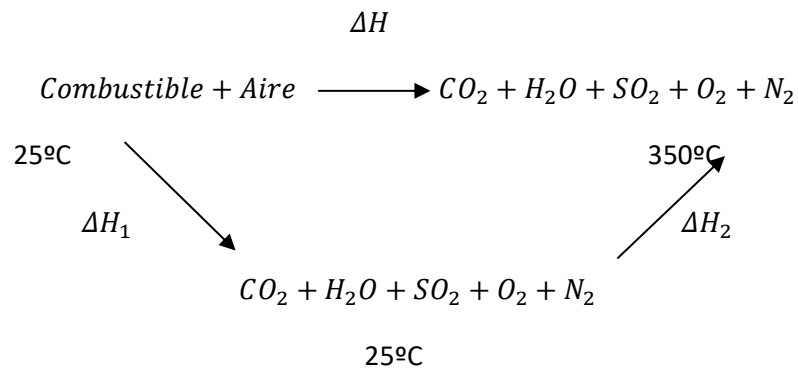
Los moles totales serán:

$$\beta + \gamma + \delta + \varepsilon + \theta = 0,8042 \frac{kmol}{kg_{comb}}$$

Especie	Fracción molar (%)
CO_2	7,77
H_2O	14,30
SO_2	0,08
N_2	73,35
O_2	4,50

- c) El calor aprovechado para calentar la corriente de interés, por kg de combustible ingresa al horno.

Ciclo de Hess



$$\Delta H_1 = -14300 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{comb}}}$$

$$\Delta H_2 = 0,0625 \frac{\text{kmol}_{\text{CO}_2}}{\text{kg}_{\text{comb}}} 44 \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{kmol}_{\text{CO}_2}} 0,22 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{CO}_2}^\circ\text{C}} (350 - 25)^\circ\text{C} +$$

$$0,1150 \frac{\text{kmol}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg}_{\text{comb}}} 18 \frac{\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kmol}_{\text{H}_2\text{O}}} 0,47 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}^\circ\text{C}} (350 - 25)^\circ\text{C} +$$

$$0,0006 \frac{\text{kmol}_{\text{SO}_2}}{\text{kg}_{\text{comb}}} 64 \frac{\text{kg}_{\text{SO}_2}}{\text{kmol}_{\text{SO}_2}} 0,18 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{SO}_2}^\circ\text{C}} (350 - 25)^\circ\text{C} +$$

$$0,5899 \frac{\text{kmol}_{\text{N}_2}}{\text{kg}_{\text{comb}}} 28 \frac{\text{kg}_{\text{N}_2}}{\text{kmol}_{\text{N}_2}} 0,26 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{N}_2}^\circ\text{C}} (350 - 25)^\circ\text{C} +$$

$$0,0362 \frac{\text{kmol}_{\text{O}_2}}{\text{kg}_{\text{comb}}} 32 \frac{\text{kg}_{\text{O}_2}}{\text{kmol}_{\text{O}_2}} 0,25 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{O}_2}^\circ\text{C}} (350 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Delta H_2 = 2005,0 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{comb}}}$$

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -12295 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{comb}}}$$

Balance de energía

$$Q_{\text{liberado}} = -\Delta H$$

$$Q_{\text{aprovechado}} = 0,85 Q_{\text{liberado}}$$

$$Q_{\text{aprovechado}} = 10451 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{\text{comb}}}$$

PREGUNTA 2

Datos: Inversión (I): 1.500.000 USD

Precio de venta (V): 480 USD/ton

Costo de materia prima (C_{MP}): 100 USD/ton

Costo de mano de obra (C_{MO}): 100 USD/ton

Costo de energía (C_E): 80 USD/ton

Costos fijos (C_F): 250.000 USD

Impuestos (i): 0,25

Tasa de descuento (t): 0,08

Ventas para años 1 a 2 (T_{1-2}): 2000 ton/año

Ventas para años 3 a 10 (T_{3-10}): 2500 ton/año

Años de operación (a): 10

$$\text{Ventas} = V * T$$

$$\text{Costos variables} = (C_{MP} + C_{MO} + C_E) \cdot T$$

$$\text{Costos fijos} = C_F$$

$$\text{Amortización} = \frac{I}{a}$$

$$\text{Utilidades AI} = \text{Ventas} - \text{Costos variables} - \text{Costos fijos} - \text{Amortización}$$

$$\text{Impuestos} = \text{Utilidades AI} * i$$

$$\text{Utilidades} = \text{Utilidades AI} - \text{Impuestos}$$

Estado de resultados	Años 1 a 2	Años 3 a 10
Ventas	960.000	1.200.000
Costos variables	560.000	700.000
Costos fijos	250.000	250.000
Amortización	150.000	150.000
Utilidades AI	0	100.000
Impuestos	0	25.000
Utilidades	0	75.000

$$\text{Flujo} = \text{Utilidades} + \text{Amortización}$$

$$VA_{\text{año}} = \frac{\text{Flujo}}{(1 + t)^{\text{año}}}$$

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo	-1.500.000	150.000	150.000	225.000	225.000	225.000
VA	-1.500.000	138.889	128.601	178.612	165.381	153.131

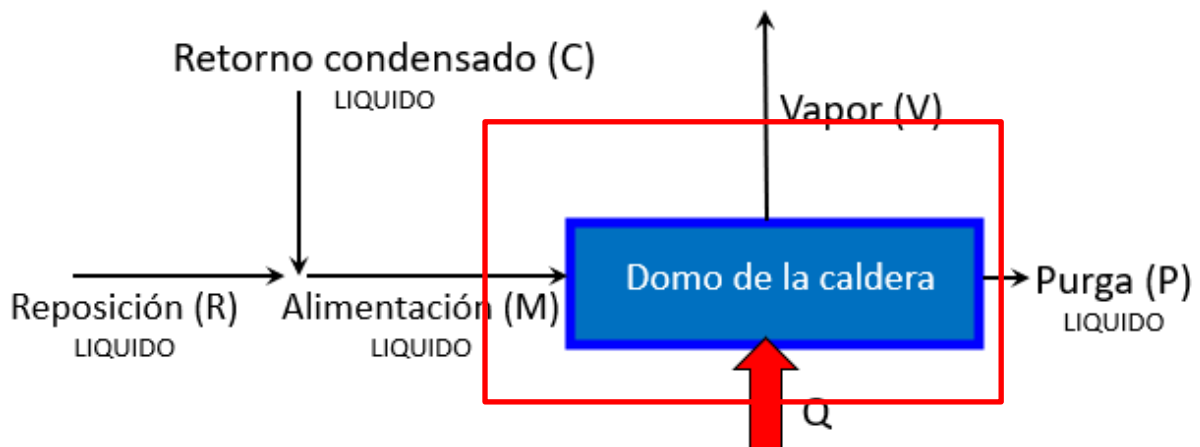
Año	6	7	8	9	10
Flujo	225.000	225.000	225.000	225.000	225.000
VA	141.788	131.285	121.561	112.556	104.219

$$VAN = \sum_{k=0}^{n=10} VA_k = -123.977$$

El proyecto de inversión no es rentable.

PREGUNTA 3

Se considera el siguiente volumen de control para realizar el balance de energía:



Donde R es la reposición de agua, C es el retorno de condensado, M el agua de alimentación al domo, V es el vapor y P es la purga del sistema de agua.

Realizando un balance de energía en el volumen de control indicado en la figura:

$$Q + Mh_M = Vh_V + Ph_P$$

$$Q = Vh_V + Ph_P - Mh_M$$

BM:

$$M = V + P$$

$$M' = V + P'$$

$$M - M' = P - P'$$

Si P disminuye y V es cte, entonces disminuye M ($M = R+C$)

$$Q + Mh_M = Vh_V + Ph_P$$

$$Q' + M'h_M = Vh_V + P'h_P$$

$$Q - Q' + (M - M')h_M = (P - P')h_P$$

Como $M - M' = P - P'$

$$Q - Q' = (P - P')(h_P - h_M)$$

Como la purga tiene mayor temperatura que la alimentación a la caldera h_P es mayor que h_M por lo que Q' será menor que Q . Por tanto, considerando que no hay pérdidas al ambiente y que todas las corrientes de entrada y salida al generador tienen la misma temperatura en ambas situaciones, se requiere menos combustible.

PREGUNTA 4

		F	V
1	$Q > 0$	X	
2	$W_{ext} > 0$		X
3	$\sum M_i h_i - \sum M_j h_j = -\omega_A \Delta H_r^0$	X	
4	$\Delta U > 0$		X
5	$\Delta E_p > 0$	X	
6	$\omega_c = 2 \omega_A$	X	
7	Con los datos suministrados no es posible afirmar si la reacción es exotérmica o endotérmica.		X
8	Durante los 20 minutos que transcurren entre t_1 y t_2 la energía liberada por el agitador 1440 kJ.		X
9	Si la densidad de C se redujera con el aumento de temperatura, entonces el nivel dentro del tanque iría subiendo con el tiempo a medida que la temperatura interior pasa de 30°C a 40°C.		X
10	Si se quisiera mantener una temperatura constante en el reactor, se debería implementar un sistema que elimine parte del calor generado.		X

PREGUNTA 5

	F	V
Los servicios auxiliares son uno de los grupos en que se clasifican las operaciones unitarias.	X	
Un proceso de transformación dado puede representarse como la interconexión de etapas de cambio parciales en cada una de las cuales tiene lugar una operación unitaria		X
Los servicios auxiliares aportan recursos necesarios para que el proceso de transformación pueda ocurrir, pero no forman parte del núcleo del proceso de transformación.		X
Las operaciones unitarias se pueden clasificar según una propiedad que se intercambia entre porciones de materia. Uno de los tipos de operaciones unitarias son aquellas en las que la propiedad que se intercambia es energía térmica.		X
Las operaciones unitarias se pueden clasificar según una propiedad que se intercambia entre porciones de materia. Uno de los tipos de operaciones unitarias son aquellas en las que la propiedad que se intercambia energía eléctrica.	X	
Los servicios auxiliares pueden encontrarse también en actividades donde no ocurren procesos de transformación (por ejemplo, suministro de agua a hogares, acondicionamiento de aire, calefacción de ambientes). En cambio, las operaciones unitarias son exclusivas de la ingeniería química y sólo se encuentran en procesos de transformación ya sea a escala industrial o doméstica.	X	
Recién cuando se desarrolló el concepto de operaciones unitarias fue posible avanzar con el desarrollo de equipos industriales para dar respuesta a las necesidades que requerían los procesos de transformación, como por ejemplo, el de la fabricación de amoníaco.	X	
Los balances de materia y de energía no son de aplicación en aquellos procesos donde ocurren reacciones nucleares con conversión de masa en energía.	X	

PREGUNTA 6.

A partir de la foto, comparando las dimensiones de los envases con el de una persona, se pueden descartar las opciones A y B, o sea que la D es falsa, por lo que como en la letra se dice que hay una correcta, esa no puede ser otra que la C.