

## Balance de materia

### *Ley de conservación de la materia*

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Acumulación} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right] \equiv \left[ \begin{array}{l} \text{Entrada por} \\ \text{los límites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Salida por} \\ \text{los límites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{Generación} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Consumo} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right]$$

Si no hay generación o consumo de materia dentro del sistema

$$\text{Acumulación} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

Si no existe acumulación o consumo de materia dentro del sistema, se dice que estamos en **estado estacionario o uniforme**.

$$\text{Entradas} = \text{Salidas}$$

Si no existen flujos de entrada y salida, se reduce al concepto básico la conservación de la materia dentro de un sistema cerrado o aislado.

Para todo balance de materia debe definirse un **sistema**, se entiende por este a cualquier porción arbitraria o total de un proceso.

$$\text{PROCESOS} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sin reacción química} \\ \text{Con reacción química (se debe aplicar estequiometría)} \end{array} \right.$$

***El método general para resolver balances de masa (BM) es simple:***

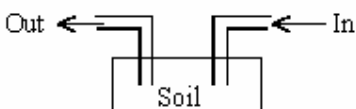
1. Definir el sistema. Dibujar un diagrama de proceso.
2. Colocar en el diagrama los datos disponibles.
3. Observar cuales son las composiciones que se conocen, o que pueden calcularse fácilmente para cada corriente.
4. Determinar las masas (pesos) que se conocen, o que pueden definirse fácilmente, para cada corriente. Una de estas masas puede usarse como base de cálculo.
5. Seleccionar una base de cálculo adecuada. Cada adición o sustracción deberá hacerse tomando el material sobre la misma base.
6. Asegurarse de que el sistema esté bien definido.

Una vez logrado lo anterior, se estará preparado para efectuar el número necesario de balances de materia.

- ◆ Un BM total.
- ◆ Un BM para cada componente presente.

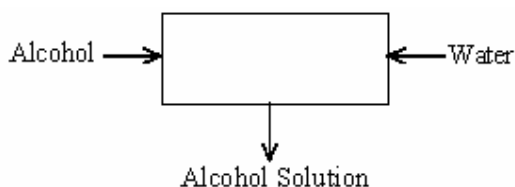
P1- La biorremediación es un método de limpieza tanto para agua como suelos contaminados. Si una solución diluida de nutrientes es bombeada a un recipiente de tierra a con caudal de 1.5 kg/hr, y se recupera a la salida 1.2 kg/hr, responder:

- ¿Cuál es el sistema?
- ¿Cuál es el valor de ingreso por hora?
- ¿Y el de salida?
- ¿Cuál es el valor de acumulación por hora?
- ¿Qué se asumió en la respuesta a la pregunta anterior?



P2 - Si un litro de alcohol etílico se mezcla con 1L de agua, ¿cuántos Kg de solución resultan? ¿Cuántos litros?

Las densidades del alcohol y el agua a 20°C son 0.789 y 0.998 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.



### **Definiciones importantes**

- ◆ Reactivo limitante: es aquel que se encuentra en la mínima cantidad estequiométrica.
- ◆ Reactivo en exceso: es el reactivo en exceso respecto al reactivo limitante.

$$\% \text{ exceso} = \frac{\text{moles de exceso}}{\text{moles requeridas para reaccionar con el reactivo limitante}} * 100$$

- ◆ Porcentaje de conversión: es la proporción de cualquiera de los reactivos que se transforma en productos.
- ◆ Rendimiento: para un solo reactivo y producto es:

$$R = \frac{\text{Peso o moles del producto final}}{\text{Peso o moles del reactivo inicial}}$$

En caso de más de un producto y un reactivo se debe determinar claramente el reactivo en el cuál se basa el rendimiento.

### **Fórmulas a utilizar en el BM**

- ◆  $RLCF * C = PD$  (molar)
- ◆  $RLCF * PM2/PM1 * C = PD$  (peso)
- ◆  $(RLCF + RLR) * C = PD$  (molar)
- ◆  $(RLCF + RLR) * C * PM2/PM1 = PD$  (peso)

Donde

RLCF: Reactivo limitante de carga fresca

RLR: Reactivo limitante de reciclado

C: Conversión

PD: Producto deseado

PM: Peso molecular

- ◆  $\text{Producto convertido} = \text{Carga fresca} * C_{\text{final}}$
- ◆  $\text{Producto convertido} = (\text{Carga fresca} + \text{Reciclado}) * C_{\text{por paso}}$
- ◆  $\text{Producto obtenido} = \text{Producto convertido} * PMo/PMc$

Donde

PMo = peso molecular del producto obtenido

PMc = peso molecular del producto convertido

Se debe tener en cuenta para resolver los problemas de BM que por cada variable desconocida se tendrá que establecer un BM independiente en caso de que el conjunto de ecuaciones pueda tener solución única.

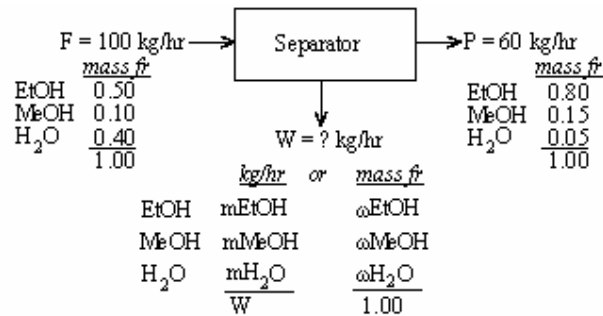
Cuando en lugar de balance de un equipo se requiere resolver toda una planta es necesario establecer alrededor del proceso total y de cada equipo un BM.

P3 – Una solución compuesta de 50% de etanol (EtOH), 10% metanol (MeOH), y 40% agua (H<sub>2</sub>O) es ingresada a 100 kg/hr a un separador que produce una

corriente de 60 kg/hr con la siguiente composición: 80% EtOH, 15% MeOH, y 5% H<sub>2</sub>O, y una segunda corriente de composición desconocida. Calcular la composición (en %) de los tres componentes en la corriente desconocida y el caudal en kg/hr.

**Solución**

1. El problema es para calcular el % de tres componentes de una corriente desconocidos y su caudal. Se asume que el proceso es en estado estacionario sobre un período de tiempo suficientemente largo.
2. La figura muestra los valores conocidos y los desconocidos con símbolos



3. Tomamos como base una hora.
4. Las variables cuyos valores se desconocen son (a) mEtOH , mMeOH , y mH<sub>2</sub>O más W, o (b) ωEtOH , ωMeOH , y ωH<sub>2</sub>O más W. Ambos grupos de cuatro son equivalentes. Tenemos cuatro incógnitas y necesitamos cuatro ecuaciones independientes.
5. Pueden escribirse cuatro BM, para cada grupo de variables, uno total y tres de componentes, pero sólo tres de estos balances son independientes.

Total:	F	=	P	+	W		F	=	P	+	W
EtOH:	0.50F	=	0.80P	+	m <sub>EtOH</sub>	or	0.50F	=	0.80P	+	ω <sub>EtOH</sub> W
MeOH:	0.10F	=	0.15P	+	m <sub>MeOH</sub>	or	0.10F	=	0.15P	+	ω <sub>MeOH</sub> W
H <sub>2</sub> O:	0.40F	=	0.05P	+	m <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	or	0.40F	=	0.05P	+	ω <sub>H<sub>2</sub>O</sub> W

Además puede agregarse un balance independiente en W:

$$m_{EtOH} + m_{MeOH} + m_{H_2O} = W \quad \text{or} \quad \omega_{EtOH} + \omega_{MeOH} + \omega_{H_2O} = 1$$

Así tenemos cuatro ecuaciones independientes y una única solución.

6. La solución de las ecuaciones es (usando el BM total y los dos primeros BM de componentes):

	$m_i$ (kg/hr)	$\omega_i$ (mass fr)
EtOH	2	0.050
MeOH	1	0.025
H <sub>2</sub> O	<u>37</u>	<u>0.925</u>
	40	1.00

7. Puede usarse para chequear los resultados el tercer BM, el de H<sub>2</sub>O, esta sería una ecuación redundante.

$$0.40(100) \stackrel{?}{=} 0.05(60) + 37 \quad \text{or} \quad 0.40(100) = 0.05(60) + 0.925(40)$$

$$40 = 3 + 37 \qquad \qquad \qquad 40 = 3 + 37$$

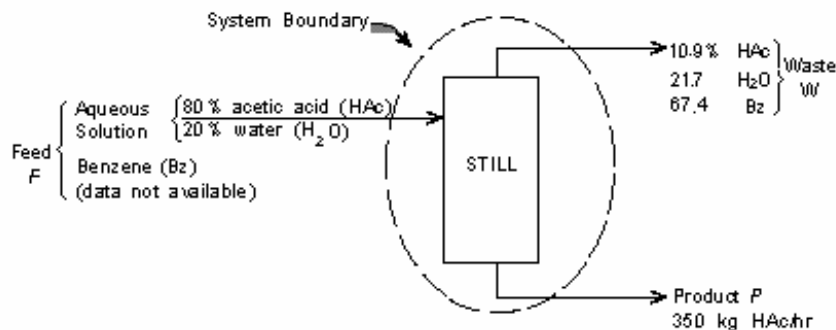
### Elementos de correlación

El elemento de correlación es alguno de los materiales que pasa de una a otra de las corrientes sin cambiar en ningún aspecto, o sin permitir que se le sume o pierda material semejante a él.

Siempre es conveniente tomar como base una cifra redonda (100, 10, 1) aunque se disponga de un dato ya fijo, una vez realizado los cálculos se pueden transformar los resultados a la base primitiva.

P4- Una columna de operación continua se va a utilizar para separar entre ácido acético, agua y benceno. El valor correspondiente a la composición de benceno en la alimentación se desconoce. Calcular el flujo de benceno en la alimentación por hora.

El esquema de proceso es el siguiente:



Se tiene como fuente de información adicional que no se ve con facilidad y la cual consiste en que hay 2 elementos de correlación que pasan de la alimentación al material de tope de la columna, el agua y el benceno.

Se toma como base 100 lb de producto de tope.

Componente	Alimentación (lb)	Producto de tope (%)	Producto de fondo (%)
AcH	(100-x). 0,8	10,9	100
H <sub>2</sub> O	(100-x). 0,2	21,7	
Benceno	x	67,4	
	100	100	

En la primera etapa se puede calcular la cantidad de alimentación por cada 100 lb de material de tope. Se tiene la proporción de agua en la alimentación (21,7 lb) y también la de benceno en la alimentación (67,4 lb), estos componentes aparecen sólo en el material de tope, pero no en el producto de fondo, y puede servir como elementos de correlación. Todo lo que se requiere es la cantidad de AcH en la alimentación. Para encontrar esta cantidad se puede usar el agua como elemento de correlación.

21,7 lb de H <sub>2</sub> O	
100 lb de producto de tope	=
$\frac{20 \text{ lb de H}_2\text{O}}{80 \text{ lb de AcH}}$	=
$\frac{21,7 \text{ lb de H}_2\text{O} \cdot 80 \text{ lb de AcH}}{100 \text{ lb de producto de tope} \cdot 20 \text{ lb de H}_2\text{O}}$	=
$\frac{86,8 \text{ lb de AcH}}{100 \text{ lb de producto de tope}}$	

***Balance de Acido acético***

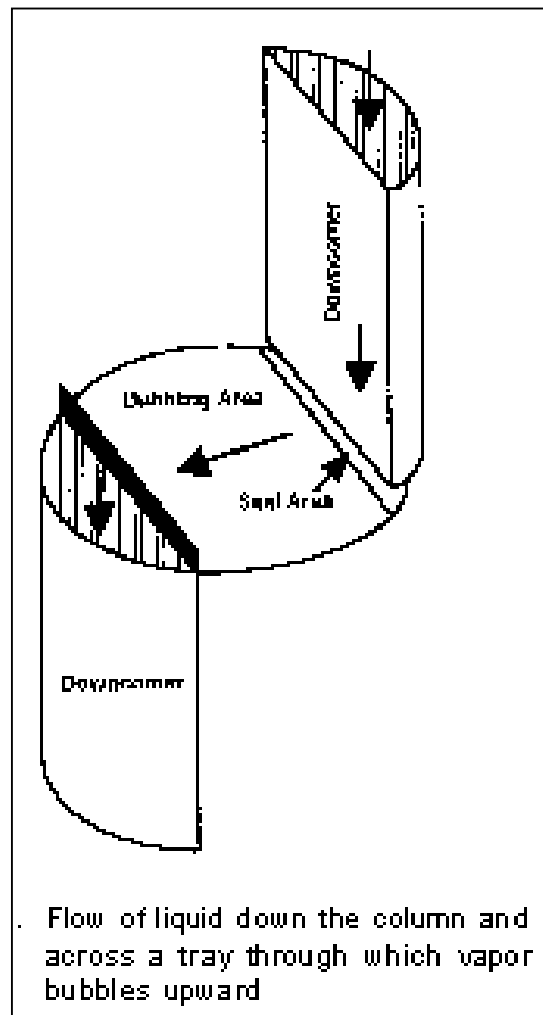
[AcH en la alimentación]	-	[AcH en el producto de tope]	=	[AcH en el producto de fondo]
86,8	-	10,9	=	75,9

Tomamos como base 350 lb de AcH en el producto de fondo.

350 lb AcH en el producto de fondo = 1 h

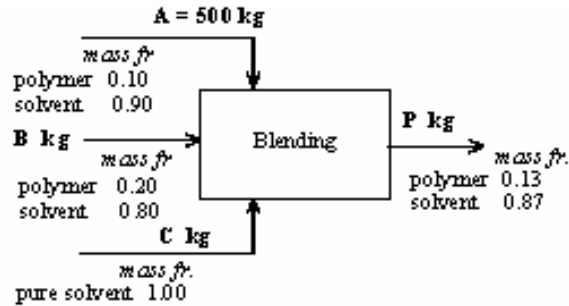
**Calcularemos ahora el flujo de alimentación por hora de benceno**

75,9 lb AcH en el prod. de fondo	-----	67,4 lb de benceno en la alimentación
350 lb/h "	-----	X = 311 lb de Benceno/h



*Plato de una columna de destilación*

P5- Un líquido adhesivo consiste en un polímero disuelto en un solvente. La cantidad de polímero en la solución debe ser controlada cuidadosamente para esta aplicación. El vendedor del adhesivo recibe un pedido de 3000 kg de adhesivo con 13 % (p) de polímero, se cuenta con (1) 500 kg de una solución de 10 %, (2) una gran cantidad de solución de 20 % (p), y (3) solvente puro. Calcular el peso de cada uno de los tres stocks que deben mezclarse para cumplir con el pedido. Usar toda la solución de 10 % (p).



P6- Una pulpa de papel tiene 71% de agua. Después de un proceso de secado se determina que se había eliminado el 60% del agua original. Calcular la composición de la pulpa seca y el peso del agua eliminada por Kg de pulpa húmeda.

Base de cálculo: 1 Kg de pulpa húmeda.

P7- Un tanque opera con 10000lb de una solución saturada de  $\text{CO}_3\text{HNa}$  a  $60^\circ\text{C}$ . Se desea cristalizar 500 lb de  $\text{CO}_3\text{HNa}$  a partir de esta solución. ¿A qué temperatura deberá enfriarse la solución?.

La variación de la solubilidad del  $\text{CO}_3\text{HNa}$  con la T sacada de bibliografía es:

$T^\circ\text{C}$	Solubilidad g de $\text{CO}_3\text{HNa}/100\text{ g de H}_2\text{O}$
60	16.4
50	14.45
40	12.7
30	11.1
20	9.6
10	8.15

Composición inicial:  $16.4/116.4=14.1\%$   $\text{CO}_3\text{HNa}$

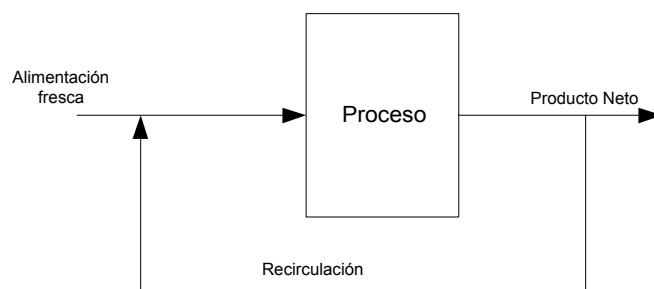
P8- Se añade  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluido a las baterías que se han agotado para activarlas. Un tanque viejo contiene una solución de 12.43% de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (el resto es agua pura). Si se agregan 200 Kg de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 77% y la solución final contiene 18.63%. ¿Cuántos Kg de ácido se habrán preparado?

P9- El análisis de agua de un arroyo muestra 180 ppm de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Si se añaden en forma uniforme y durante una hora, 10 lb de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y el análisis del agua corriente abajo, donde el mezclado es ya completo, indica 3500 ppm. ¿Cuántas lb de agua fluyen por hora?



### **Cálculos en procesos con recirculación**

Los procesos que implican “alimentación a contracorriente” o recirculación del producto se encuentran con frecuencia en la industria química y del petróleo. En las reacciones químicas, el material sin reaccionar puede separarse del producto y recircularse, tal como en la síntesis del amoníaco. Otro ejemplo del uso de las operaciones con recirculación es el de las columnas de destilación fraccionada, en donde una parte del destilado sirve como reflujo de la columna para aumentar la concentración del producto. En la figura se muestra un proceso típico de recirculación.



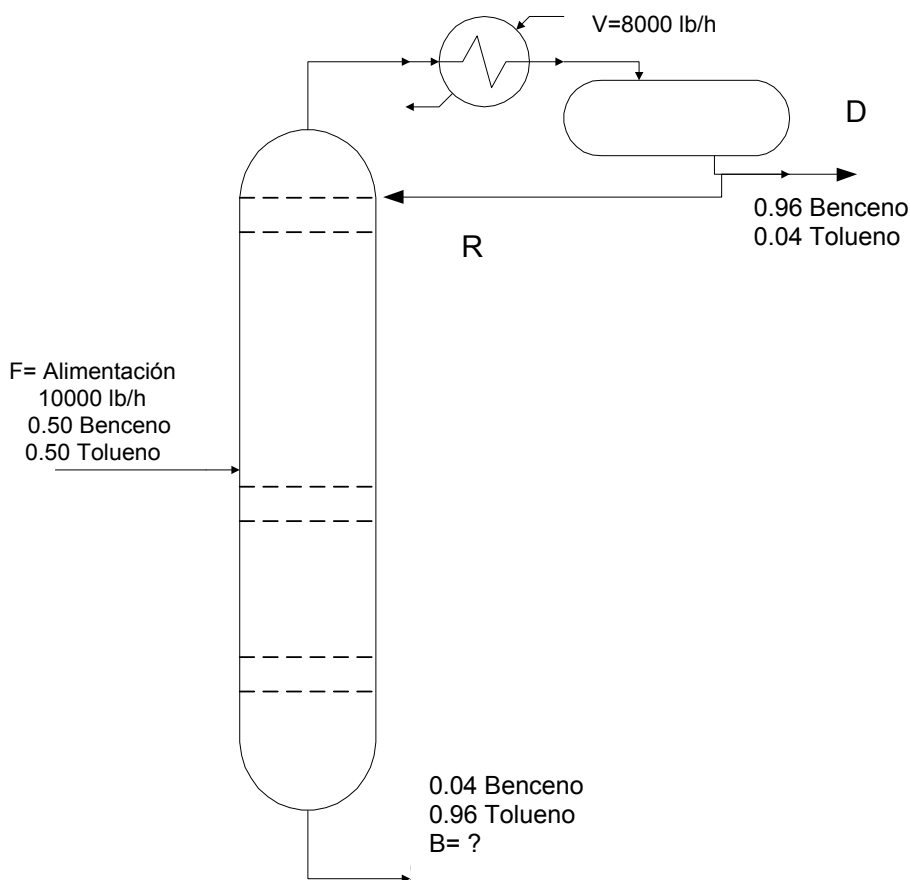
Se debe entender que el proceso mostrado en la figura se encuentra en condiciones uniformes, es decir, no se verifica la formación o el agotamiento de ningún material dentro del reactor o en la corriente de recirculación. La alimentación al proceso está constituida por dos corrientes: la alimentación fresca y el material de recirculación. En algunos casos la corriente de recirculación puede tener la misma composición que la corriente del producto principal, mientras que en otras circunstancias la composición puede ser completamente diferente, dependiendo de la forma como se efectúa la separación.

En muchos casos se emplea una corriente de recirculación y estos son:

1. Cuando se utiliza un exceso estequiométrico de uno de los componentes. Esto se hace cuando interesa que reaccione completamente un reactivo limitante.
2. Cuando la reacción se lleva a cabo en un diluyente inerte, generalmente se recicla el diluyente una vez que se han separado los productos.
3. Cuando la transformación de los reaccionantes en los productos está limitada, bien por consideraciones de equilibrio, o bien porque la velocidad de reacción se hace extraordinariamente lenta a medida que aumenta la concentración de los productos.
4. Cuando hay reacciones laterales con intervención de los productos de reacción. Por ejemplo en la cloración de un hidrocarburo alifático, en presencia de cloro, el compuesto monoclorado reacciona para formar el diclorado, que a su vez se transforma en triclorado y así sucesivamente. Para evitar esto se usa un exceso de sustancia orgánica y se detiene la cloración antes de que en el sistema haya excesiva proporción de compuesto monoclorado. El exceso de compuesto alifático y cloro se recicla.

La recirculación de corrientes fluidas en los procesos químicos es práctica para incrementar rendimientos, enriquecer un producto, conservar calor, etc.

P10 – Una columna de destilación separa 10000 lb/h de una mezcla formada por 50% de benceno y 50% de tolueno. El producto recuperado del condensador en la parte alta de la columna tiene una concentración de benceno de 96%. La corriente que entra al condensador proviene del tope de la columna es de 8000 lb/h. Una porción de este producto se regresa a la columna como reflujo y el resto se separa. Supóngase que la composición en el tope de la columna, el destilado y el reflujo son idénticos. Encontrar la relación entre la cantidad de producto de reflujo y el producto separado (destilado).



Todas las composiciones se conocen y dos pesos son desconocidos. Debido a que no hay elementos de correlación se hace necesario la resolución por el método algebraico. Mediante un BM total se lo puede encontrar D. Una vez conocido D, el BM alrededor del condensador permitirá determinar R.

**BM total:**

$$F = D + B$$

$$10000 = D + B \Rightarrow D = 10000 - B$$

**BM de benceno**

$$F \cdot X_F = D \cdot X_D + B \cdot X_B$$

$$10000 \cdot 0.50 = D \cdot 0.96 + B \cdot 0.04$$

Resolviendo dos ecuaciones simultáneas tenemos:

$$5000 = 0.96(10000 - B) + 0.04 \cdot B$$

$$B = 5000 \text{ lb/h}$$

$$D = 5000 \text{ lb/h}$$

**BM alrededor del condensador**

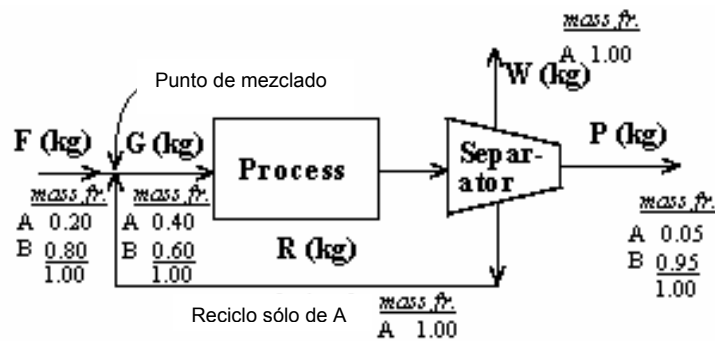
$$V = R + D$$

$$8000 = R + 5000$$

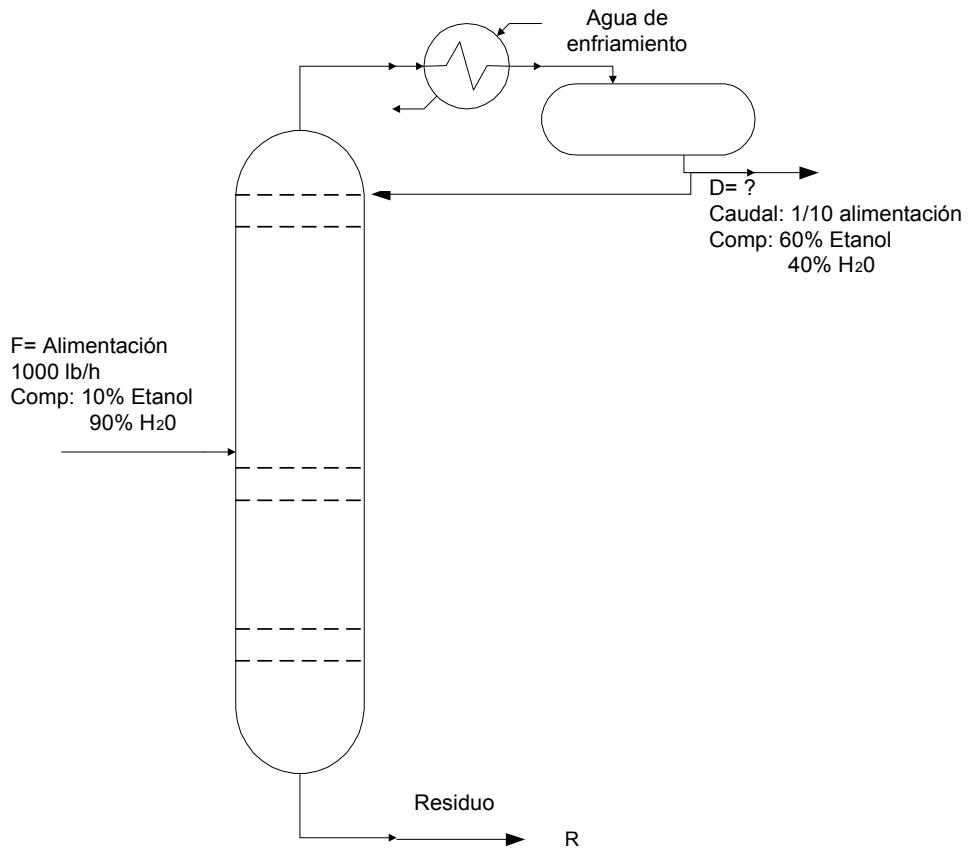
$$R = 3000 \text{ lb/h}$$

$$R/D = 3000/5000 = \mathbf{0.60}$$

P11- Basándose en el diagrama de proceso ¿cuál es la relación másica de Reciclo/Alimentación R/F, si la cantidad de residuo (W) es 100 kg? Las composiciones conocidas están en el diagrama.

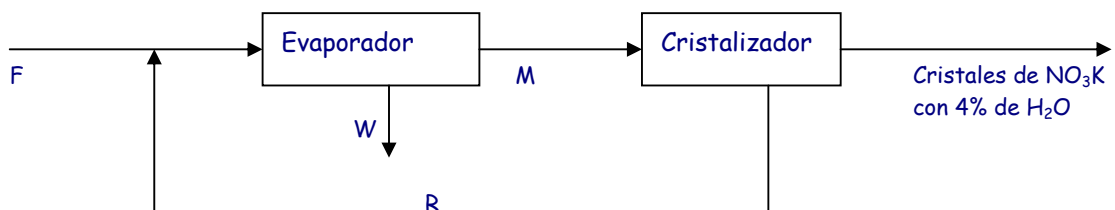


P12- Plantear el BM del sistema. Determinar caudal y composición del residuo.



P13- Determinar el caudal y composición (% peso) de la solución de la recirculación.

F= 10000 lb/h sol 20% de NO<sub>3</sub>K  
M= X lb/h sol 50% de NO<sub>3</sub>K  
W= X lb/h H<sub>2</sub>O (pura)  
R= X lb solución sat. 0.6 lb NO<sub>3</sub>K/lb de agua  
C= X lb cristales con 4% de agua



**Recirculación con reacción química**

P14- Una unidad de craking de etano procesa 1000 ton/día de dicho hidrocarburo. La conversión por el paso es del 35% en peso y se desea llegar a una conversión final del 95%. Determinar el reciclo necesario y la producción de etileno (D).

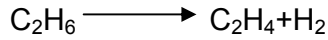
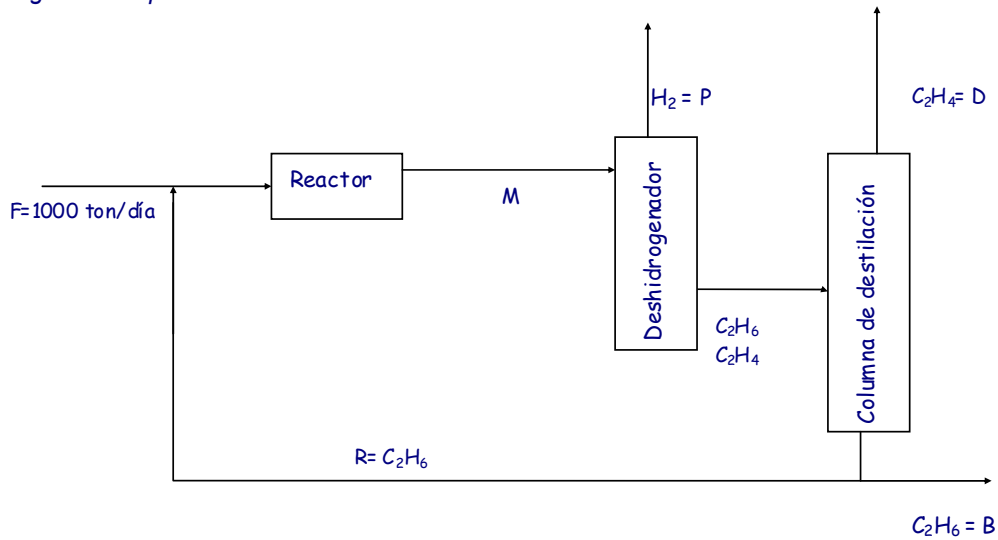


Diagrama del proceso



*Cálculo de la producción de etileno*

$$\text{RLCF} * \text{PM}_2/\text{PM}_1 * C_i = \text{PD}$$

$$1000 * 28/30 * 0.95 = \text{PD}$$

$$\text{PD} = 883.5 \text{ Ton/día de etileno}$$

*Cálculo del reciclo*

$$(\text{RLCF} + \text{RLR}) * \text{PM}_2/\text{PM}_1 * C_p = \text{PD}$$

$$(1000 + \text{RLR}) * 28/30 * 0.35 = 883.5$$

$$\text{RLR} = 1715 \text{ Ton/día}$$

*Cálculo de la producción de hidrógeno*

Por estequiometría

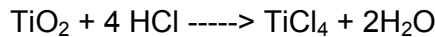
$$30 \text{ Ton/día de etano} \longrightarrow 2 \text{ Ton/día de H}_2$$

1000 Ton/día de etano ——— X Ton/día de H<sub>2</sub>= 67 Ton/día de H<sub>2</sub>

*Cálculo del etano que se obtiene por el fondo de la columna de destilación*

**Balance Global**                      F = D + P + B  
 1000= 883.5 + 67 + B  
 B = 49.5 Ton/día de etano

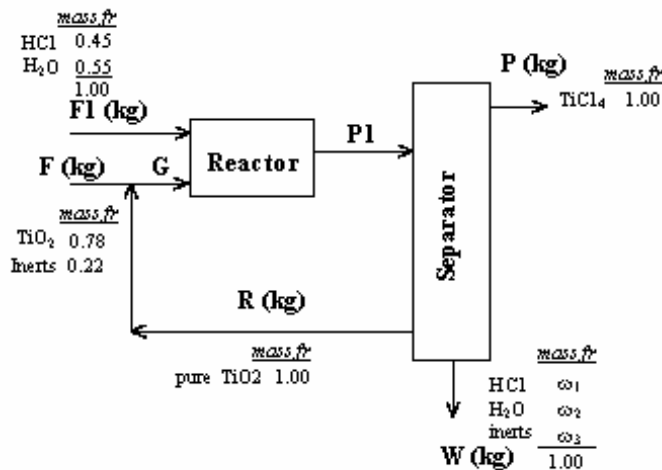
P15- El TiCl<sub>4</sub> puede formarse reaccionando dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) con ácido clorhídrico. El TiO<sub>2</sub> disponible tiene un 78 % de TiO<sub>2</sub> y un 22 % de inertes. El HCl es una solución de 45 P%. La conversión por paso de TiO<sub>2</sub> es 75 %.El HCl de alimentación al reactor están en un 20 % en exceso respecto a la reacción. El TiO<sub>2</sub> puro sin reaccionar se recircula y se mezcla con el TiO<sub>2</sub> de la alimentación.



Para 1 kg de TiCl<sub>4</sub> producido, determine:

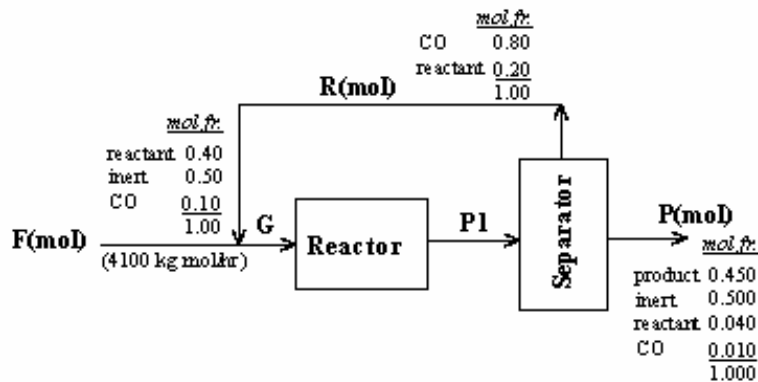
- El caudal (kg) de TiO<sub>2</sub> de la alimentación.
- El caudal de la solución del 45 P% de HCl de alimentación.
- La relación del reciclo con la corriente de alimentación de TiO<sub>2</sub> (en kg).

(MW : TiO<sub>2</sub> 79.9; HCl 36.47; TiCl<sub>4</sub> 189.7)



P16- Muchas industrias químicas generan emisiones de componentes volátiles que deben ser controlados. En el proceso mostrado en la figura, el CO en exceso es sustancialmente reducido mediante separación del efluente del reactor y se recircula el CO junto con el reactivo. Entonces el producto es adecuado, se provee la siguiente información: la corriente de alimentación contiene 40 % de reactivo, 50 % inertes y 10 % de CO, y que la reacción de 2 moles de reactivo produce 2.5 moles de producto. La conversión de reactivo a producto es de

73 % en cada paso a través del reactor, y del 90 % en el proceso global. La corriente de reciclo contiene un 80% CO y un 20% de reactivo. Calcular la relación molar entre las corrientes de reciclo y producto.



### Procesos de recirculación y purga

En un proceso con recirculación en estado estacionario nada varía con el tiempo, de forma que no hay acumulación ni vaciamiento de ninguno de los componentes en ninguna parte del proceso.

Supóngase tal como se indica en la figura que se pone en marcha un sistema de reacción con 1 kg/min. de la alimentación A, que contiene 10 ppm de una impureza inerte.

Supóngase que el 50% de la corriente que entra como alimentación del reactor se convierte en productos (por paso), que todos los inertes y la alimentación que no reaccionan se recuperan y se recirculan y que la velocidad de adición de alimentación fresca se reduce entonces a 0.5 Kg/min. de A.

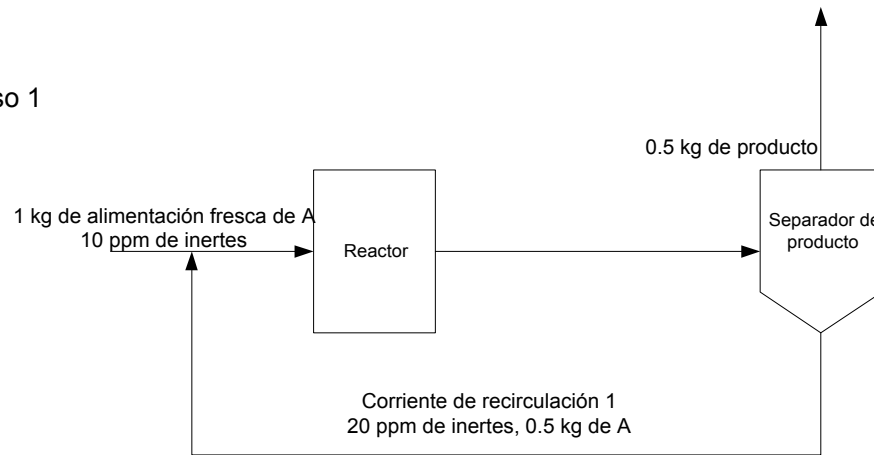
En el segundo paso la corriente que entra como alimentación del reactor es una mezcla del 50% de alimentación fresca y 50% de recirculación, que contendrá 15 ppm de impurezas (habiendo 20 ppm en la corriente de recirculación).

En el tercer paso, la alimentación del reactor contendrá 20 ppm de impurezas.

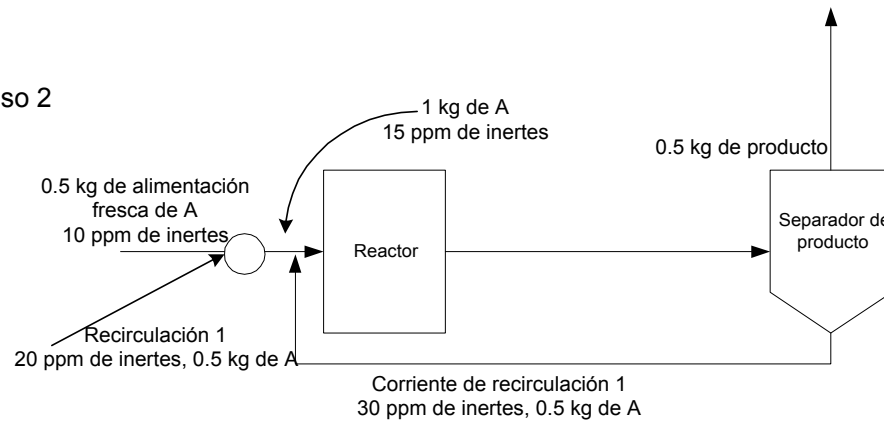
Al cabo de un tiempo infinito habría una cantidad infinita de recirculación formada por los inertes prácticamente puros.

Para evitar esta acumulación de impurezas en el sistema es preciso separarlos de la corriente de recirculación y si esto no es posible hay que purgar una parte de la corriente de recirculación. Una vez que se especifica el nivel tolerable de la concentración de inertes en la alimentación del reactor y se conocen todas las composiciones, se puede calcular fácilmente, a partir de un balance global, la cantidad de purga que se necesita.

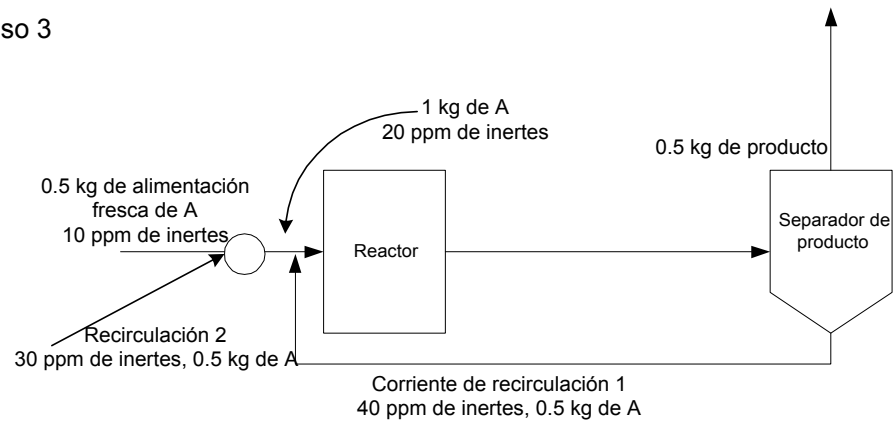
Paso 1



Paso 2



Paso 3





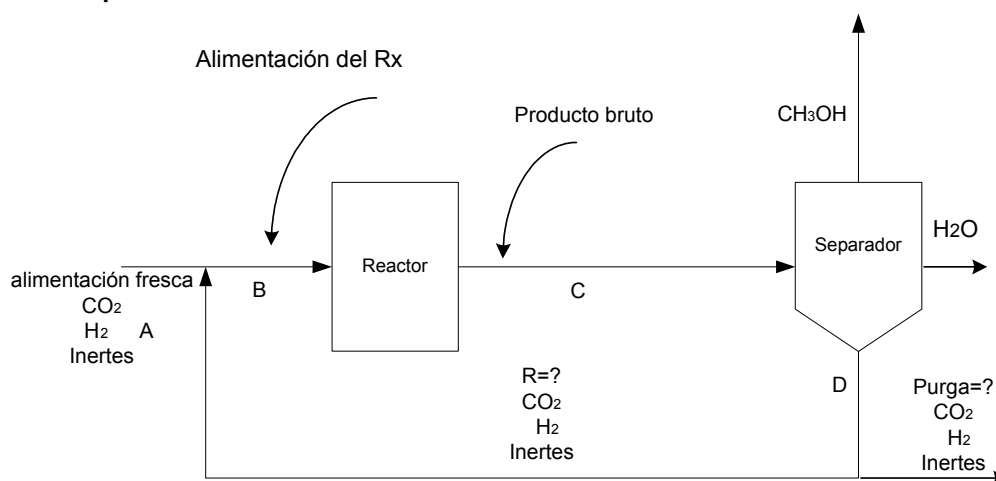
P17- En la síntesis de metanol basada en la reacción.

$\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$  a presión elevada, el  $\text{H}_2$  y el  $\text{CO}_2$  que se hace reaccionar en proporciones estequiométricas, se produce por un proceso de reformado de gas natural y contiene 0.5 % en volumen (molar) de inertes. En el reactor se obtiene una conversión del 60 % molar. La concentración de inertes que entra en el reactor debe de mantenerse por debajo del 2 % molar.

El proceso se realiza en estado estacionario y se puede admitir que todas las corrientes se comportan como gases ideales.

- ¿Cuántos moles se deben recircular por cada mol de alimentación que entra al Rx?
- ¿Cuántos moles se deben purgar por cada mol de alimentación fresca?

**Esquema del proceso**



Tomamos como base 1 mol de  $\text{CO}_2$  que entra como alimentación del Rx (punto B).

Los moles de inertes (I) en el punto B se obtienen así:

$$I = 0.02 (F) = 0.02 (I + \text{CO}_2 + \text{H}_2)$$

$$I = 0.02 (I + 3 + 1)$$

$$I = \frac{0.08}{0.98} = 0.082 \text{ moles}$$

Un balance de carbono entre los puntos C y B nos da la composición de la corriente en B, C y D.

	B	C	D
$\text{CO}_2$	1	0.4	0.4
$\text{H}_2$	3	1.2	1.2
I	0.082	0.082	0.082
$\text{CH}_3\text{OH}$	0	0.6	0
$\text{H}_2\text{O}$	0	0.6	0
Moles totales	4.082	2.882	1.682

$$F+R= 4.082 \text{ moles}$$

$0.005 F+0.0487 R= 0.082$  (Inertes) la corriente en D tiene un 4.87 % en volumen de I.

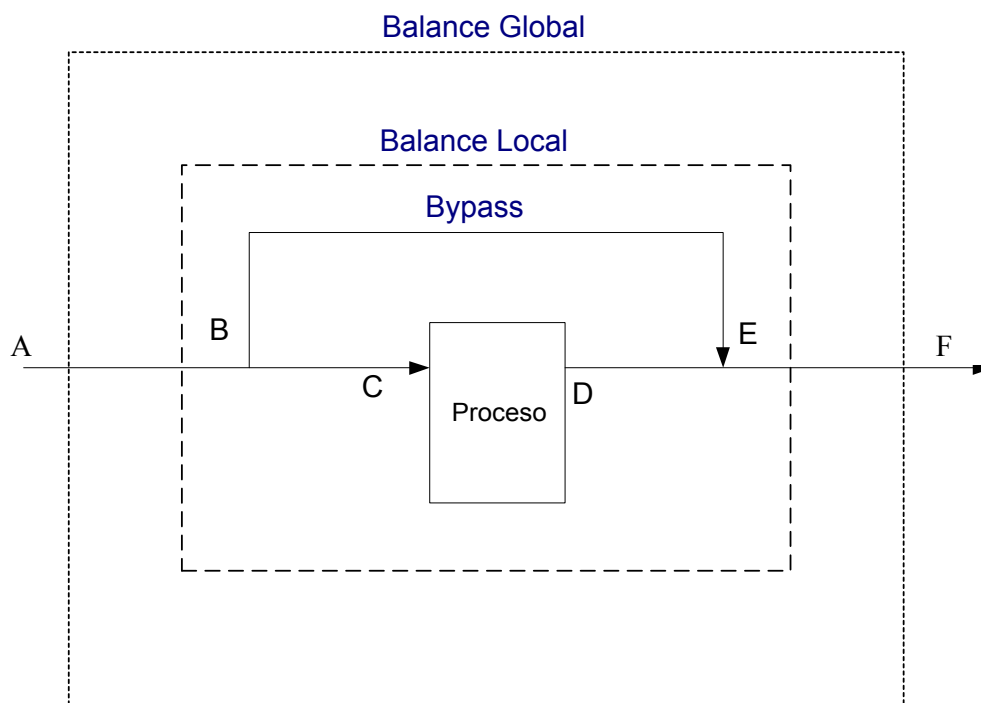
$$F=2.67$$

$$R=1.41$$

$$D-R= 0.272 \text{ (Purga).}$$

La concentración de impurezas aumenta del 2% en el punto B hasta 4.87% en el punto D. Por esta razón es necesaria la corriente de purga.

### Corrientes de Bypass



La corriente de bypass que se representa en la figura es una corriente interna, debido a que no estaría incluida en un balance global tomado entre A y F. Para obtener información acerca de una corriente interna es necesario tomar balances locales a la pieza del aparato a través del cual circulan corrientes internas. Generalmente también es necesario tomar un balance en un punto de mezcla, como el punto E, donde se mezclan corrientes de diferentes composiciones.

P18- Leche conteniendo  $4.85 \cdot 10^{-14}$  gr/l de estroncio y 1 mg/l de calcio se pone en contacto con  $\text{CaHPO}_4$  para separar todo el estroncio que sea posible dentro de la exigencia sanitaria para el contenido de Calcio. ¿Cuál será la concentración de estroncio en la corriente de salida, expresada en gr/l, suponiendo que la composición del lecho no varía, de forma que la concentración de salida en

el punto B no varía con el tiempo. El proceso elimina todo el estroncio  $-90$ , separa también el 97 % de los iones Calcio. De acuerdo con las especificaciones sanitarias la leche debe contener por lo menos 0.05 mg Ca/l.

### Corriente de Bypass

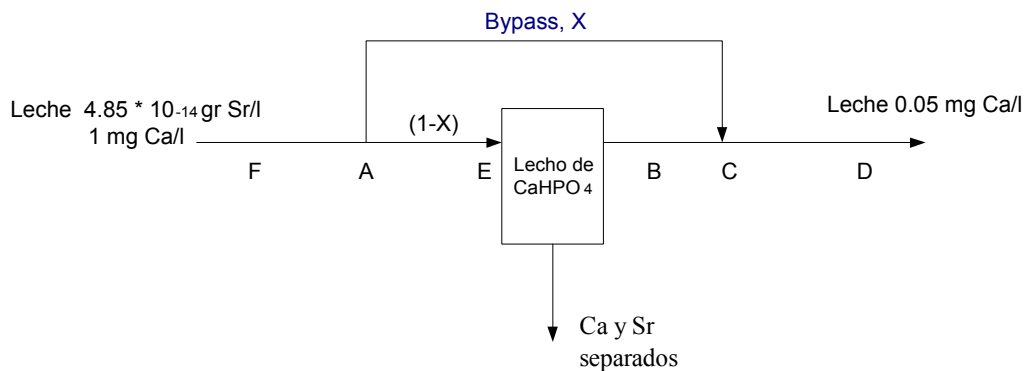
Tomamos como base 1 l de leche que entra.

Sea X la fracción de leche que circula por el Bypass

Un balance de Ca aplicado en el punto de mezcla C, nos permite conocer la cantidad de leche que circula por

el bypass.

### Esquema del proceso



### Balance en el punto C

**Ca que sale del lecho + Ca que circula por el Bypass = Ca contenido en el producto**

$$(1-X) * (0.03) + X * (1) = (0.05) * (1)$$

$$X = 0.0207 \text{ litros}$$

La concentración de Sr  $-90$  en la corriente de salida se obtiene a partir de un balance de Sr aplicado al punto C. Si Y es la concentración de Sr en D, expresada en gr/l de alimentación tendremos:

$$Y = (X) * (4.85 * 10^{-14}) + 0 * (1-X)$$

$$Y = 0.0207 * (4.85 * 10^{-14}) = 10.04 * 10^{-16} \text{ gr/l}$$

Este problema se ha resuelto aplicando un balance en C, un punto en el que se mezclan corrientes de composiciones diferentes. Si se hubiese tratado de formular balances de Ca en el punto A, a toda la unidad, o al lecho solamente, no habría sido posible obtener información sobre la corriente del bypass.

### Para el lecho (E-B)

$$(1-X) * (1) = 0.97 * (1-X) + (0.03) * (1-X)$$

**Ca entrada al lecho = Ca separado + Ca efluente**

### Para el punto A

$$(1) * (1) = (X) * (1) + (1-X) * (1)$$

**Ca en alimentación = Ca en bypass + entrada al lecho**

**Balance global (F-D)**

$$(1) * (1) = (0.05) * (1) + (1-0.05) * (1)$$

**Ca en alimentación = Ca en producto + Ca separado**

P19- En la sección donde se prepara la carga de alimentación para una planta de gasolina natural se elimina isopentano (IC5) de gasolina exenta de butano. Supóngase, para simplificar, que el proceso y los componentes son como los que muestra la figura. ¿Qué fracción de la gasolina exenta de butano pasa a través de la columna donde se elimina el IC5?

