

REACTORES

1. Definición

Se conoce con el nombre de reactor químico a cualquier equipo industrial en el cual se lleva a cabo una reacción química, cualquiera sea su forma, sin importar su tamaño ni el material con el que está construido, o que tipo de reacción se lleva a cabo en el mismo.

2. Clasificación de los Reactores.

La clasificación se realiza a fin de ordenar el estudio de los reactores. En general, los reactores se clasifican según varios criterios, siendo los siguientes:

2.1. Hipótesis previas de estudio o diseño.

Desde este punto de vista, los reactores pueden ser:

2.1.1. Reactores Ideales.

2.1.1.1. Hipótesis de Idealidad.

Para el análisis de los reactores se realizan algunas hipótesis que permiten al ingeniero simplificar los cálculos y el diseño de los mismos.

Las hipótesis más importantes son las de Mezclado Perfecto, utilizada en el cálculo de Reactores Tanques; y la de Flujo Pistón, utilizada para los reactores tubulares.

Como se verá, ambas hipótesis son opuestas entre sí.

2.1.1.2. Hipótesis de Mezclado Perfecto

En esta hipótesis se considera que el contenido del reactor está tan bien mezclado que su composición es uniforme e igual en cualquier punto del reactor. Es decir, que la composición no depende de ningún tipo de coordenadas espaciales, con lo cual el ingeniero se libera de las mismas, y consecuentemente, se simplifica el análisis al operar con menor cantidad de variables.

Esta hipótesis también implica que la alimentación, que tiene una composición determinada y diferente a la del reactor, se mezcla con la solución contenida en éste en forma instantánea. También implica que en el estado estacionario la composición del reactor es uniforme en cualquier tiempo, y que la concentración en la descarga es igual a la de la mezcla de reacción.

Pero la consecuencia más importante es que se considera que todas las moléculas permanecen en el reactor igual cantidad de tiempo. Es decir, que el denominado tiempo de residencia es igual para todas las partículas que ingresan al reactor.

2.1.1.3. Hipótesis de Flujo Pistón.

Esta hipótesis se utiliza para el diseño de los Reactores Tubulares, y consiste en suponer que un elemento diferencial de volumen dV (el cual contiene una cantidad también diferencial de mezcla reaccionante) se desplaza a lo largo de toda la longitud del reactor como si fuera el pistón de un motor de explosión, es decir, manteniendo su tamaño constante. Se supone además que la composición en todo el elemento de volumen es homogénea, y que no se produce mezclado axial entre dos elementos adyacentes, o sea que se comporta como un reactor discontinuo que se desplaza a lo largo del reactor. En síntesis, lo esencial es que las moléculas de un reactor diferencial no se mezclan con el anterior ni con el posterior.

Ambas hipótesis son opuestas por cuanto en una existe mezclado total y en la otra no existe ningún tipo de mezclado.

2.1.2. Reactores Reales.

2.2. Forma geométrica.

De acuerdo a este criterio se clasifican en:

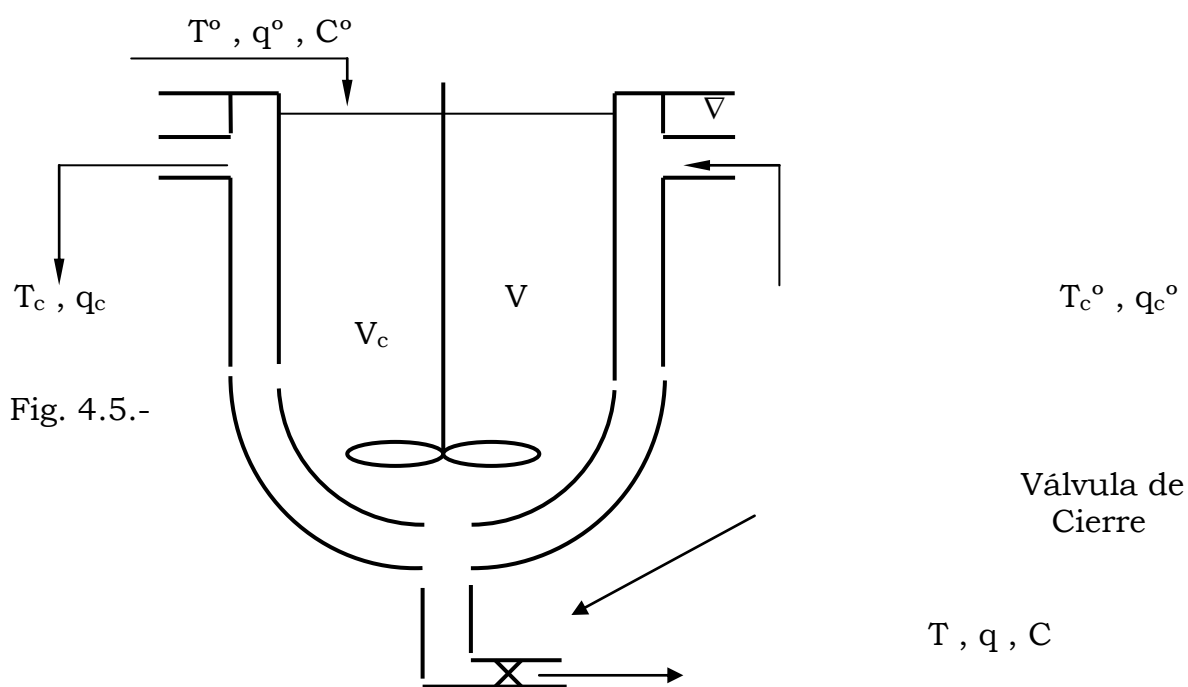
2.2.1. Reactores Tanques

Esquema General de un Reactor Tipo Tanque

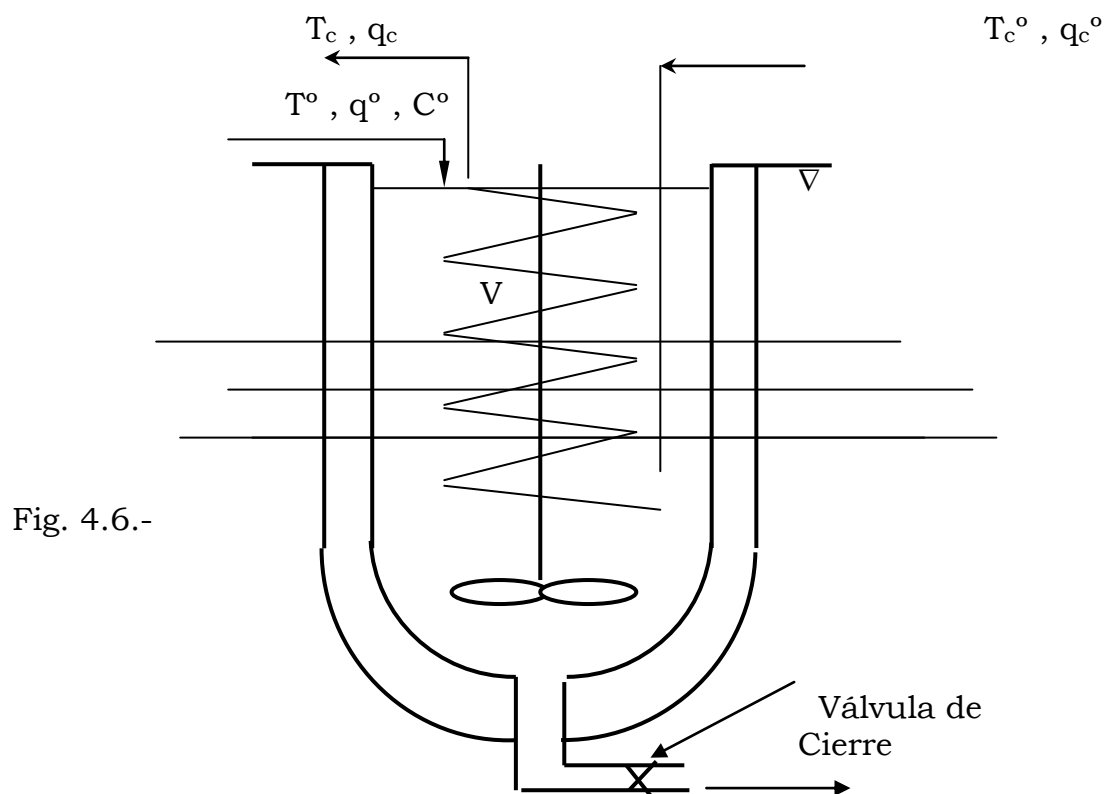
En las siguientes figuras se muestran dos esquemas de reactores tipo tanque, con todas las variables que se utilizarán para el estudio de los mismos:

Esquema de Reactor Tanque

(Encamisado)



Esquema de Reactor Tanque
(Con Serpentin)



Donde:

q° = Caudal de alimentación de reactivos [vol/tiempo].

C° = Concentración de reactivos en la alimentación [mol/vol].

T° = Temperatura de los reactivos en la alimentación [°C].

q = Caudal de descarga de productos [vol/tiempo] .

C = Concentración de la mezcla reaccionante y de productos en la descarga [moles/vol]

T = Temperatura de la descarga [°C].

V = Volumen del Reactor

q_c° = Caudal de alimentación de refrigerante o calefactor [vol/tiempo].

T_c° = Temperatura del refrigerante o calefactor en la entrada [°C].

T_c = Temperatura del refrigerante o calefactor en la descarga [°C].

V_c = Volumen de la camisa de intercambio de calor.

Qué tipo de reactor se utilizará, así como las características de los mismos, las diferencias entre ellos y las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, se analizarán en cada caso.

2.2.2. Reactores Tubulares

2.3. Régimen de operación.

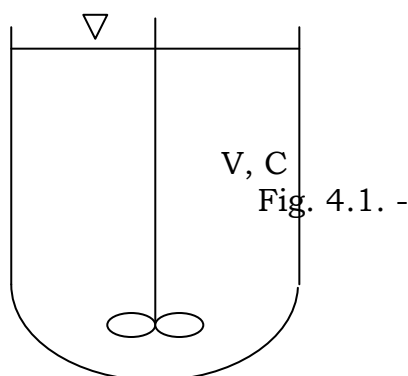
Según este parámetro, los reactores pueden ser:

2.3.1. Reactores Discontinuos.

Son reactores que para operar se cargan con las cantidades totales de reactivos, se inicia la operación en el tiempo $t=0$, cuando se ha llevado a cabo la operación hasta el tiempo, avance o conversión preestablecido, se para la reacción y se descargan los productos, reiniciándose otra operación con la nueva carga de reactivos.

Siempre son reactores tipo Tanque Agitado. Se identifican como Reactores Batch, Reactores Tanques Discontinuos o RTD.

Su representación esquemática es la siguiente:



2.3.2. Reactores Semicontínuos.

Siempre son Tipo Tanque. Como su nombre lo indica, estos reactores operan de una forma intermedia entre los dos anteriores, y pueden ser:

- Con alimentación, sin descarga. En este caso, si son dos reactivos, se pueden introducir ambos en la alimentación, o uno de ellos ya se encuentra en el tanque y se agrega el otro.
- Con descarga, sin alimentación.
- En algunos casos muy especiales, puede ocurrir que haya alimentación y descarga de productos o de mezcla reaccionante. En estos casos, el caudal de la descarga siempre es menor que el de la alimentación, por lo que al ser el volumen variable, llegará un momento en el cual será necesario parar el reactor para descargar la totalidad de los productos y reiniciar el proceso nuevamente. Por lo general se utiliza este tipo de reactores cuando uno de los productos es gaseoso y existe la posibilidad de su fácil eliminación.

Igual que en el caso de los Reactores Discontinuos, estos reactores no son del Tipo Tubular.

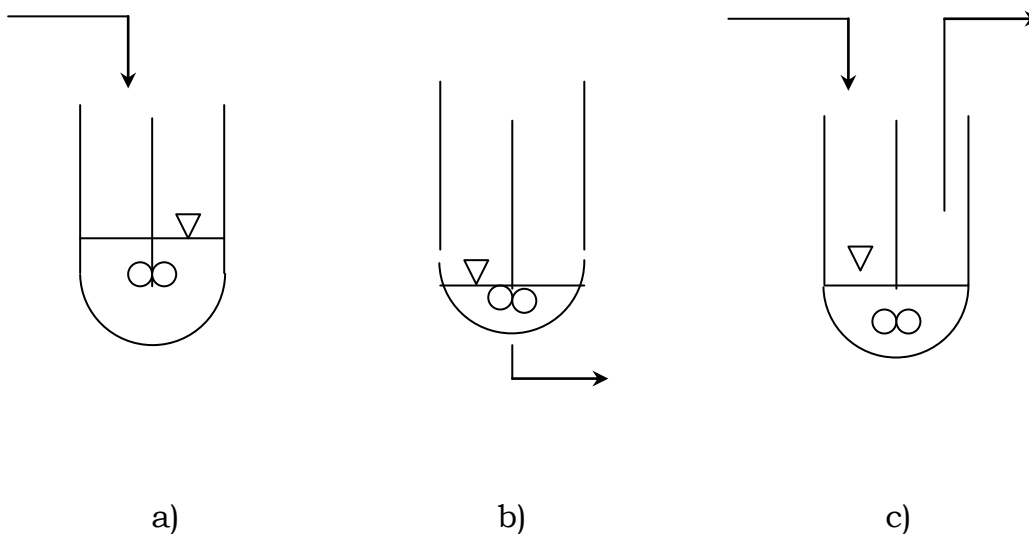
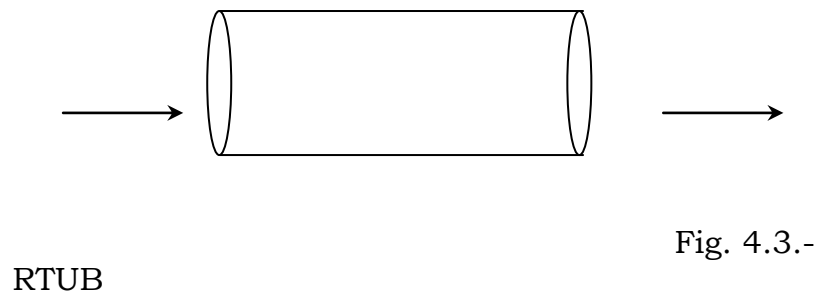
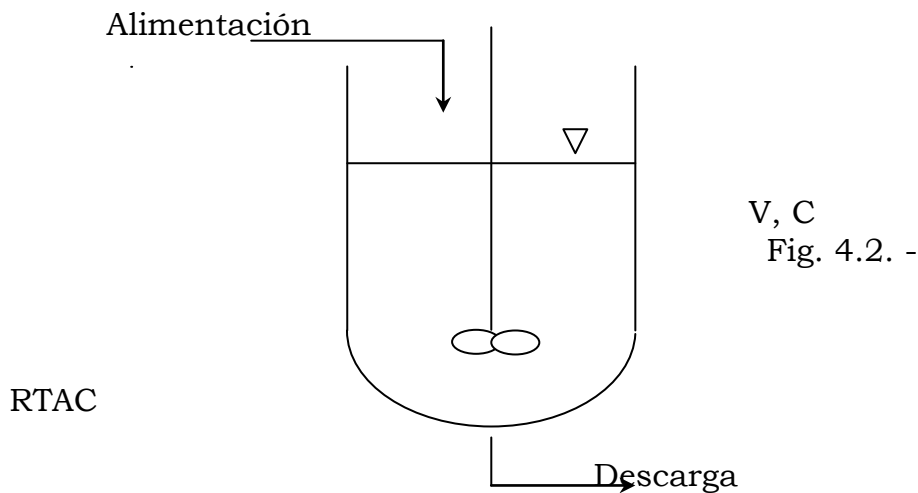


Fig. 2.3.2.

2.3.3. Reactores Continuos.

En este caso, el reactivo (o alimentación) se agrega en forma permanente, desde el inicio hasta el fin del proceso. A efectos de que no se produzca el derrame de la mezcla reaccionante, la descarga se realiza también en forma constante a lo largo de todo el tiempo de operación.

Pueden ser de dos tipos: a) reactores Tanques, en cuyo caso se los denomina Reactores Tanques Continuos o RTAC, y b) reactores Tubulares, denominados RTUB. Los esquemas de ambos tipos son:



2.4. Tipo de relleno y/o tipo de reacción.

De acuerdo a este criterio, pueden ser:

2.4.1. Reactores Homogéneos.

2.4.2. Reactores Heterogéneos.

4.3.- Reactores Tubulares.

4.3.1- La Hipótesis de Flujo Pistón.

Una gran cantidad de reacciones a nivel industrial, particularmente aquellas que tienen lugar en fase gaseosa, se producen en los llamados Reactores Tubulares, denominación que surge por la forma de tubo que tiene el lugar donde se lleva a cabo la reacción. Generalmente son cilíndricos.

Sin embargo, lo que rigurosamente se entiende por reactor tubular, tenga la forma geométrica que tenga, es cualquier reactor continuo en el que existe un estado de equilibrio para una determinada posición espacial, y en el cual se intenta evitar el mezclado axial de los elementos reaccionantes en los distintos puntos a lo largo del reactor.

Por lo tanto, si no se produce mezclado en la dirección axial entre dos elementos de volumen consecutivos de reactor, la aproximación mas adecuada a fin de estimar el comportamiento del equipo, se basa en la hipótesis de que cada elemento de se comporta como un pistón de un motor de explosión.

El flujo pistón se define como un estado ideal del fluido reaccionante que el que se cumple que:

- a. En cualquier lugar de una sección transversal del reactor, normal al movimiento del fluido, la velocidad másica y las propiedades del mismo (presión, temperatura, composición, velocidad de reacción, etc.) son uniformes y constantes en el tiempo.
- b. No existe dispersión axial del fluido, y si la hay, ésta es despreciable frente al movimiento del flujo global.

Las premisas anteriores implican que:

1. Todos los elementos del fluido reaccionante, que pueden imaginarse como paquetes de elementos de volumen dV , invierten el mismo tiempo en pasar la totalidad de la longitud del reactor.
2. Todos los elementos de volumen experimentan la misma secuencia de cambios de sus propiedades.
3. Las moléculas de un elemento de volumen no difunden de un elemento a otro.
4. La composición de cada elemento de volumen es uniforme, como si se tratara de un reactor tanque ideal.
5. Como consecuencia de lo expresado anteriormente, cada elemento de volumen se comporta como un pequeño reactor discontinuo, viajando a través de la longitud del reactor. Sin embargo, se debe tener cuidado con los cambios de volumen, ya que en los gases especialmente y con las variaciones de presión y temperatura, la densidad del fluido no permanecerá necesariamente constante a lo largo del reactor, aunque sí será constante en un determinado punto o coordenada espacial del mismo.