

I.- INTRODUCCION

La importancia que tienen las velocidades de transferencia de calor y de masa y el flujo de fluidos en los procesos de ingeniería es bien conocida. El método tradicional para el estudio de tales procesos en los cuales las transferencias de momentum, de calor, y de masa se consideran separadamente es adecuado al tratar con procesos relativamente simples. Sin embargo, el ingeniero químico moderno tiene que tratar en muchas ocasiones con problemas complicados que pueden comprender transferencia simultánea de calor, de momentum, de masa y de carga eléctrica, a menudo en presencia de cambios químicos. Un conocimiento integral y generalizado es útil (y algunas veces esencial) al tratar con tales problemas. Las principales ventajas de estudiar los fenómenos de transferencia en forma general pueden resumirse como sigue:

Los aspectos fundamentales de los procesos de transferencia de masa, de energía, de momentum, etc., son básicamente similares, de modo que un entendimiento global de los procesos de transferencia hace posible un ahorro de tiempo y esfuerzo, lo cual también facilita la obtención de las analogías entre los procesos.

Una vez que el significado físico de cada término es entendido en la derivación generalizada, el significado de las ecuaciones particulares obtenidas de ella se comprende automáticamente.

Cuando las ecuaciones para un caso particular se obtienen simplificando las ecuaciones generales, el éxito para resolverlas, dependerá de las simplificaciones y condiciones que se hayan hecho del problema. En la mayoría de los casos, habrá un mejor entendi-

miento de las limitaciones de las ecuaciones finales seleccionadas para su solución que si se derivan haciendo simples balances para el caso particular con todas las suposiciones que se hicieron inicialmente.

Un tratamiento generalizado de los procesos de transferencia, puede dar lugar a muchos niveles de sofisticación, variando desde métodos altamente complicados basados en estadística y termodinámica irreversible hasta técnicas simples en las que la transferencia de calor, de masa y de momentum son primero consideradas separadamente y después se combinan. El primer método no gusta a muchos ingenieros químicos y el segundo implica una gran cantidad de repetición. Aquí, se procura derivar una relación general para la conservación de alguna propiedad intensiva en un medio fluyente conociendo principalmente el estado físico en el cual el significado de cada término en la ecuación de conservación es evidente. La derivación se lleva a cabo en coordenadas cartesianas, la notación vectorial se introduce subsecuentemente para condensar las ecuaciones y para permitir la generalización de los resultados a otros sistemas coordinados.

Después de derivar esta ecuación general de conservación, será fácil obtener de ella las ecuaciones de cambio para energía, momentum, masa, carga eléctrica, etc. Estas ecuaciones generales de cambio pueden después simplificarse para aplicarlas a casos específicos por eliminación de términos que no tienen significado físico en la situación particular, las ecuaciones resultantes se resuelven teniendo en cuenta las condiciones apropiadas iniciales y

límite.

En este trabajo, se examinan algunos de los caminos principales por los que se puede extraer información útil acerca de problemas concretos y que permiten resolver las ecuaciones de conservación. Aunque estos caminos han sido por mucho tiempo conocidos, creo que su agrupación e inspección puede ser de utilidad a muchos ingenieros químicos.

Se requiere cierta habilidad en las manipulaciones matemáticas para reducir las ecuaciones generales de conservación a formas particulares y en buscar soluciones de ellas por alguno de los caminos principales. Al llevar a cabo esto, existe a menudo el peligro real de fracasar al ver como el método particular va a ser aplicado relacionando el esquema global del estudio de los procesos de transferencia. Para evitar esto, la Figura 1 resume los varios métodos en forma de un diagrama de flujo. Esta "guía" nos ayuda a identificar el camino que va a ser usado en la búsqueda de la solución de un tipo particular de problema y en identificar hasta donde hemos progresado en nuestra meta.

La Figura 1 muestra que todos los caminos empiezan en los conceptos generales de conservación; por generalización de estos conceptos al caso de sistemas fluyentes, se obtiene un conjunto de ecuaciones diferenciales generales de cambio (o ecuaciones de velocidad) para la transferencia de momento, de masa, de energía, etc. Varias alternativas pueden usarse desde este punto.

El camino más general (camino 1, Figura 1, parte superior) consiste en hacer simplificaciones a las ecuaciones generales tanto como las condiciones físicas del problema lo permitan, y aplicar

las propiedades físicas y de transporte para derivar las formas particulares de las ecuaciones diferenciales válidas para el problema en cuestión. Las soluciones analíticas obtenidas por integración de estas ecuaciones dan la máxima cantidad de información acerca del problema. Si las ecuaciones no pueden ser integradas, generalmente es posible salirse de esta secuencia y obtener una solución numérica. Por supuesto, esto es válido solamente para un conjunto de condiciones y, por lo tanto, produce mucho menos información como se indica en la Figura 1.

Cuando existen turbulencias en el sistema no es útil encontrar soluciones analíticas generales siguiendo el camino 1. Aquí, es costumbre hacer simplificaciones preliminares tomando ecuaciones de tiempo promediadas (camino 2) para arribar a útiles soluciones analíticas o numéricas. Por ejemplo, este método es necesario para procesos de transferencia en flujos turbulentos.

En otros casos, no es necesario tener información acerca de valores locales de los parámetros y se puede permitir un volumen promediado (camino 3) para simplificar las ecuaciones generales de cambio antes de buscar una solución. Finalmente, aún cuando las ecuaciones de cambio no puedan integrarse totalmente, es todavía posible obtener alguna información útil de ellos por análisis inspeccional de las ecuaciones de velocidad (camino 4).

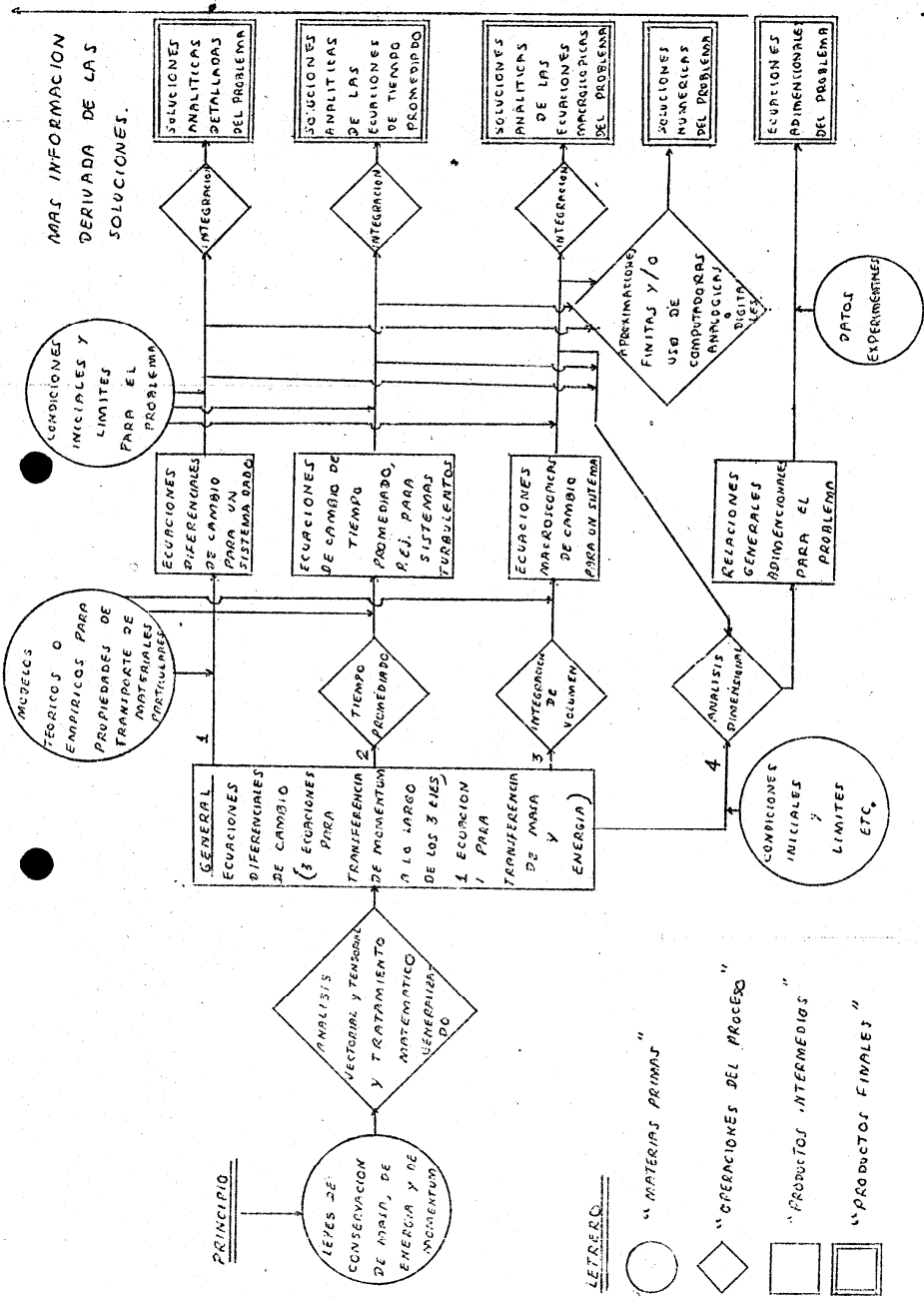


FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS METODOS GENERALES PARA TRATAR LAS OPERACIONES DE TRANSPORTE.