

# Introducción a la Ingeniería de Reactores

Dr. Rogelio Cuevas García

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



## ¿Qué es un Ingeniero químico?

- a) Es el Ingeniero que manufactura químicos
- b) Un químico que trabaja en una industria
- c) Plomero con título.

La respuesta a esta pregunta con truco es

- d) Ninguna de las anteriores

Sin embargo, algunos estudiantes durante las largas horas de dinámica de fluidos revisando un aburrido ejemplo de flujo en una tubería se visualizan a si mismos como plomeros.

Las dos primeras definiciones tienen sentido considerando un punto de vista demasiado estrecho del título de Ing. Químico.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



### **La pregunta subsiste: ¿Qué es un Ing. Químico?**


Si bien es cierto que un I.Q. es capaz de trabajar con la química; un I.Q. utiliza ese conocimiento para más que solamente “hacer químicos”.

En realidad el termino Ingeniero Químico no intenta describir el tipo de trabajo que realiza, en cambio revela que hace a este ingeniero distinto de las otras ramas de la ingeniería.

**Todos los ingenieros emplean matemáticas, física y el arte de la ingeniería para solucionar problemas con seguridad y económicamente.**

Pero es el I.Q. solamente él que utiliza la ciencia de la química para resolver una amplia variedad de problemas. Las relaciones técnicas y sociales que unen a la Ingeniería Química y la Química son únicas en los campos de la ciencia y la tecnología.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

- 
- La amplitud de conocimiento científico y técnico inherente al I. Q. ha causado que al ingeniero químico se le llame el “Ingeniero Universal”.
  - Lo cual viene de que un I. Q. es extremadamente versátil y debe ser capaz de resolver un amplio rango de problemas técnicos.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



## Algunos logros de la Ing. Química

- División del átomo.
- La era del plástico.
  - Farmacéuticos.
  - Fibras sintéticas.
  - Comida para todos.
  - Combustibles.
  - Hule sintético.
  - Reactor humano.
  - Temperaturas criogénicas.
  - Cuidado del ambiente.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



## Introducción

- **Definición de Ingeniería Química:**

el arte de aplicar con creatividad y ética los conocimientos científicos y empíricos al estudio y resolución de los problemas de la industria, especialmente de la industria química y de los problemas sociales, económicos y ecológicos con ella relacionados en beneficio de la comunidad.

[1] Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos.  
<http://www.imiq.org/area.asp?area=15>

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

### Definición de Ingeniería Química:

Aplicación de los principios procedentes de las ciencias físicas, aunados con los principios derivados de la economía y de las relaciones humanas, en campos que pertenecen directamente a los procesos y al equipo de procesos, gracias a los cuales se trata la materia para efectuar en ella un cambio en su estado, en su contenido de energía o en su composición [2].

[2] American Institute of Chemical Engineers.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

### Definición de Ingeniería Química:

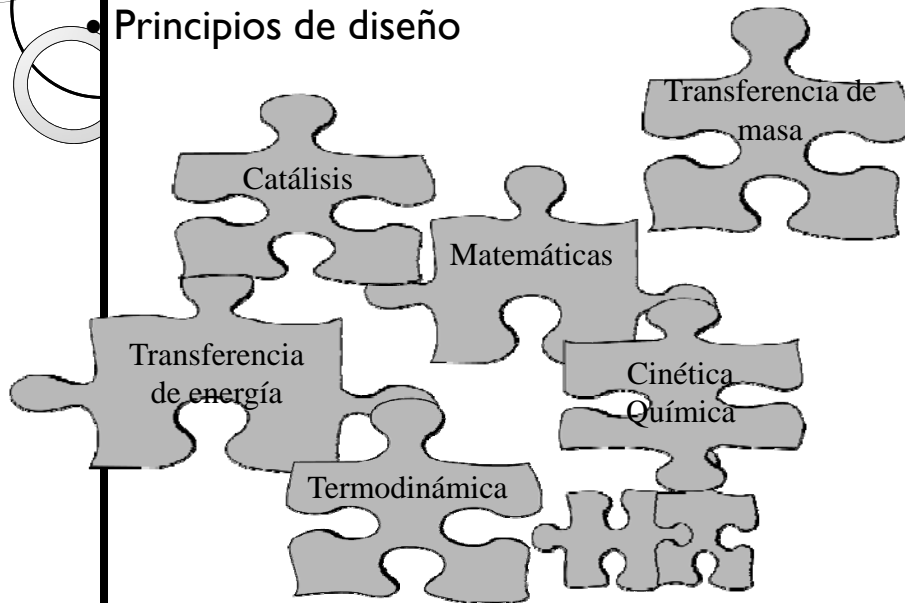
**Aplicación de los principios procedentes de las ciencias físicas**, aunados con los principios derivados de la economía y de las relaciones humanas, en campos que pertenecen directamente a los procesos y al equipo de procesos, gracias a los cuales se trata la materia para efectuar en ella un cambio en su estado, en su contenido de energía o en su composición [2].

[2] American Institute of Chemical Engineers.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

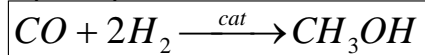
### Principios de diseño



Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

Comparación entre el proceso antiguo de alta presión y el proceso utilizado en la actualidad para la producción de metanol, de acuerdo a la reacción:



	Alta presión ZnO/Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Baja Presión CuO/ZnO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Metanol	<b>77</b>	<b>~82</b>
Agua	<b>20</b>	<b>~18</b>
<b>Impurezas</b>	<b>3.05</b>	<b>0.070</b>
Dimetileter	2.40	0.011
Metilformato	0.10	0.130
Etanol	0.15	0.019
n-propanol	0.09	0.005
Isobutanol	0.05	0.020
desconocidos	0.05	0.020

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

### Definición de Ingeniería Química:

Aplicación de los principios procedentes de las ciencias físicas, **unados con los principios derivados de la economía** y de las relaciones humanas, en campos que pertenecen directamente a los procesos y al equipo de procesos, gracias a los cuales se trata la materia para efectuar en ella un cambio en su estado, en su contenido de energía o en su composición [2].

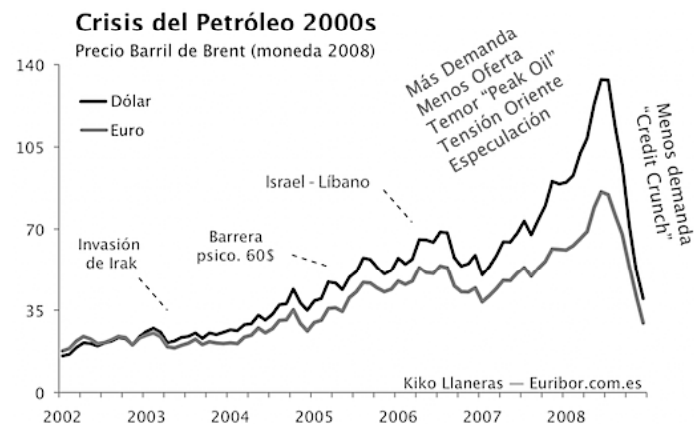
[2] American Institute of Chemical Engineers.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

### Aspecto Económico:

Costo del crudo en la primera de cada del siglo XXI



Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Aspecto económico

En general de un barril de petróleo se pueden obtener:

- 43 L de gasóleo.
- 41 L de nafta.
- 75 L de gasolina primaria (solo 15 L podrían utilizarse como el combustible que llamamos gasolina).
- Otros productos secundarios.

Consideremos ahora la petroquímica primaria. De cada barril de crudo se obtienen:

- 21.4 Kg de etileno.
- 14.7 Kg de propileno.
- 9.2 Kg de butilenos y butadienos.
- 28.7 L de naftas.
- 13.5 Kg de materia prima para negro de humo
- 14.7 Kg de gas combustible (LPG).

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

Aspecto económico.

Con lo cual tenemos las materias primas utilizadas para la fabricación de:

- 28 camisas de vestir (65% de poliéster) y 8 botes de basura o 24 cubetas o 210 m de manguera.
- 26 suéteres o 7 cobertores (100% acrílico); 40 rollos de cordón o cinco cajas de cerveza.
- 1 llanta para automóvil o 16 llantas de bicicleta; 4.5 cámaras de camión ó 21 cámaras de bicicleta.
- 222 artículos de ropa interior (lencería) para dama o 555 pantimedias de nylon, o 5.5 gabinetes de televisión de 16 pg.
- 14 Kg. de material de alta resistencia para relleno usado por ejemplo en 46 llantas de automóvil.
- Consumo de gas (promedio) de 18 días en el hogar.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

### Definición de Ingeniería Química:

Aplicación de los principios procedentes de las ciencias físicas, aunados con los principios derivados de la economía **y de las relaciones humanas**, en campos que pertenecen directamente a los procesos y al equipo de procesos, gracias a los cuales se trata la materia para efectuar en ella un cambio en su estado, en su contenido de energía o en su composición [2].

[2] American Institute of Chemical Engineers.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

### Relaciones humanas

El aspecto de las relaciones humanas es importante en la ingeniería química, pues un profesionalista de esta carrera puede ocupar puestos de trabajo en un espectro muy amplio desde vendedores a jefes de producción o ingenieros supervisores, gerentes. Y en cada caso conoce y/o maneja a cierto número de personas.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



## Introducción

### **Definición de Ingeniería Química:**

Aplicación de los principios procedentes de las ciencias físicas, aunados con los principios derivados de la economía y de las relaciones humanas, en campos que pertenecen directamente a los **procesos** y al equipo de procesos, gracias a los cuales se trata la materia para efectuar en ella un cambio en su estado, en su contenido de energía o en su composición [2].

[2] American Institute of Chemical Engineers.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

De acuerdo con la definición, la ingeniería química esta muy relacionada con los PROCESOS

**PROCESO:** serie o conjunto de pasos que incluyen cambios en la composición química o bien cambios físicos en el material que se prepara, se separa, o se purifica, en fin que se procesa. El ingeniero de proceso debe especificar cada uno de las condiciones exactas bajo las cuales debe llevarse a cabo cada paso.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

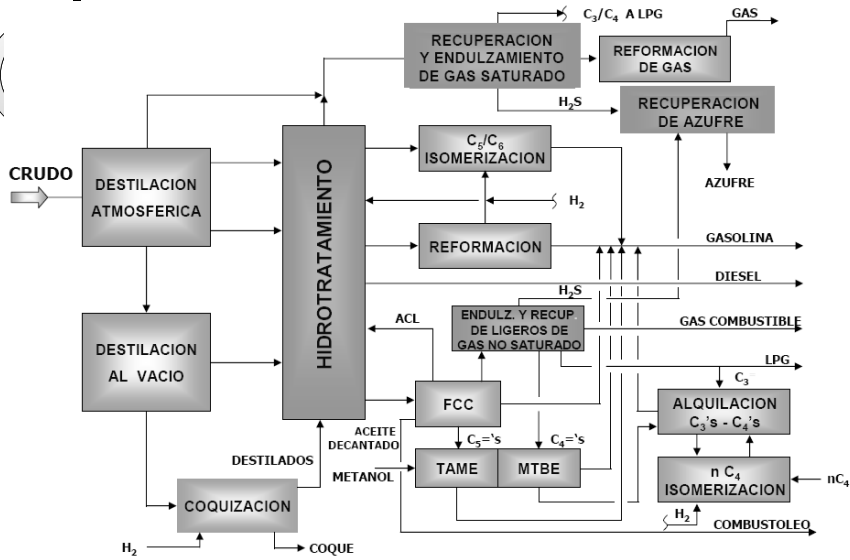
## Introducción

Esquema general de un proceso.

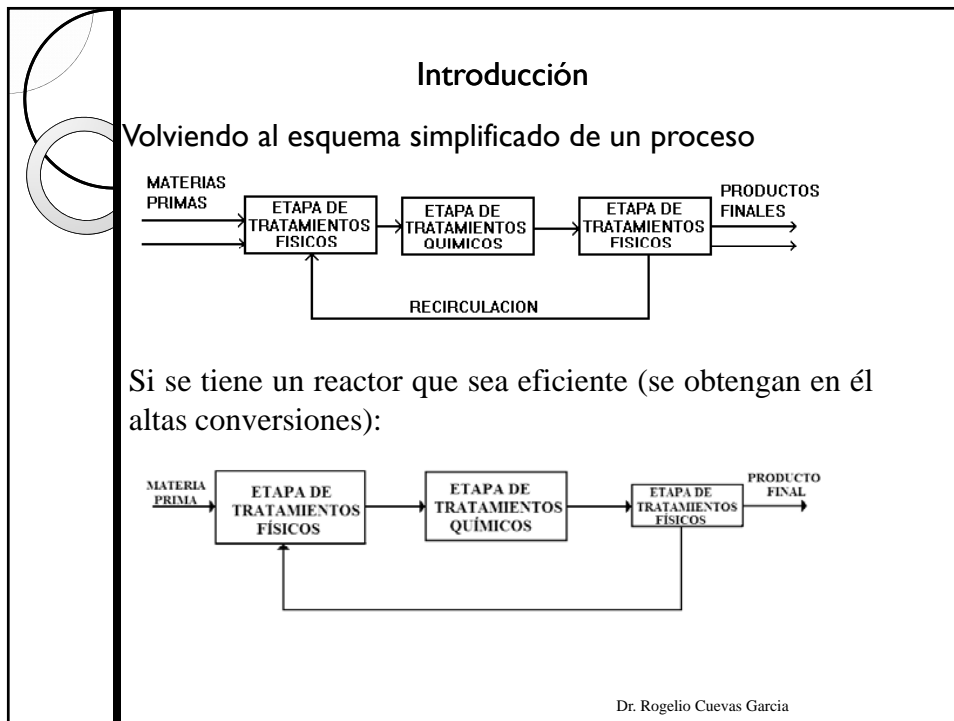
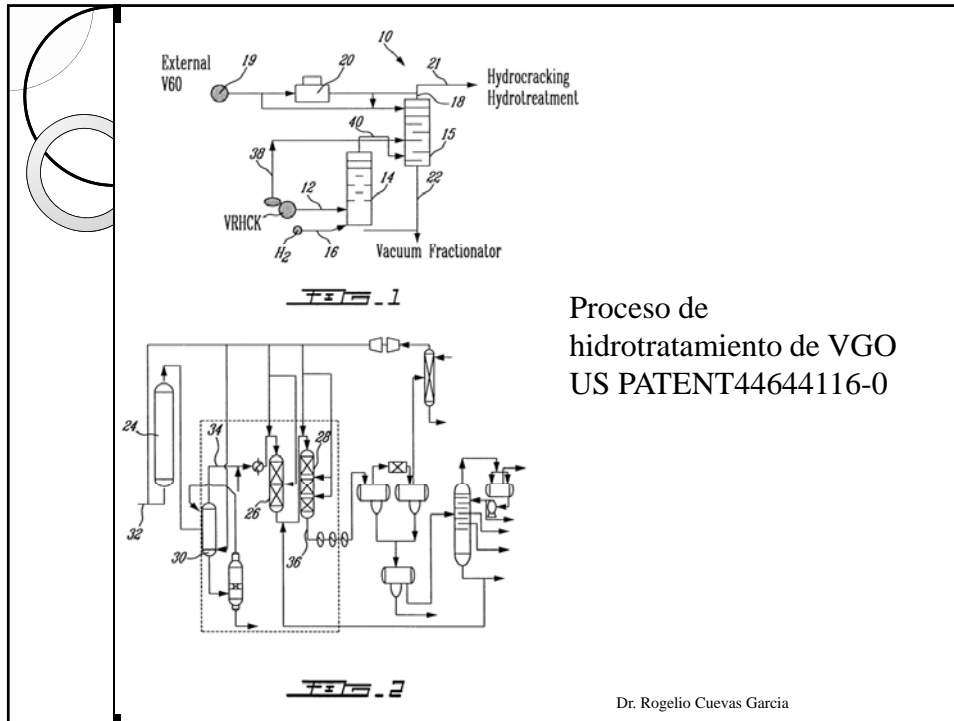


Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

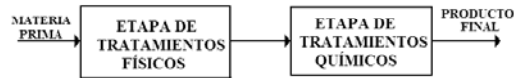


Dr. Rogelio Cuevas Garcia

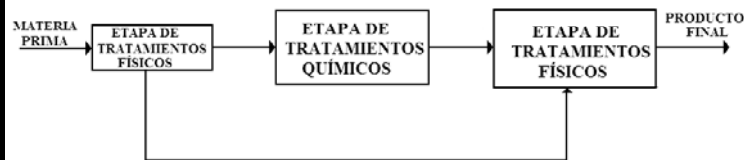


## Introducción

En un proceso donde el rendimiento es alto (selectividad igual a 1) y la conversión es completa



En un proceso donde el reactor es lo suficientemente flexible para aceptar variaciones en la concentración de alimentación



Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

Del análisis anterior se concluye que la etapa de tratamientos químicos (reactor) es el corazón del proceso y determina económicamente la viabilidad de un proyecto

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

### Reactor Químico:

Dispositivo donde ocurre un cambio en la composición debido a la reacción química.

Por lo tanto es cualquier recipiente donde ocurre una reacción química.

Las etapas que llamamos de tratamiento químico se realizan en un reactor

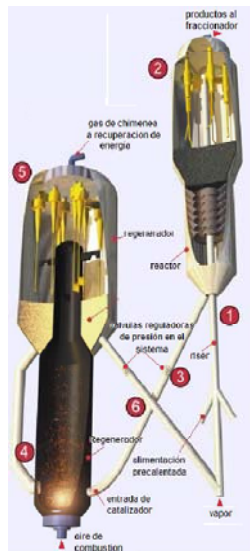
Dr. Rogelio Cuevas Garcia

### Ejemplos de reactores químicos



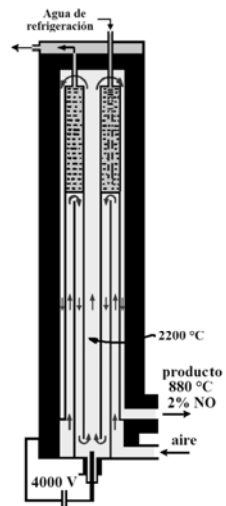
Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Ejemplos de algunos reactores



Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Reactor para la producción de NO (producción de HNO<sub>3</sub>)



Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

El problema industrial que debe resolver la Ingeniería de Reactores se puede resumir en las siguientes cuestiones:

- ¿Qué se desea producir?
- ¿Cómo seleccionar el mejor tipo de reactor para una reacción química en particular?
- ¿Cuál es el tamaño (mínimo) requerido para alcanzar la producción requerida en dicha reacción?
- ¿Cuáles son las mejores condiciones de operación?

Las preguntas anteriores se refieren la producción.

- ¿Cuál es la mejor manera de medir la producción en el diseño de los reactores químicos?
  - a) Cuando se tienen reacciones simples se utiliza la conversión.
  - b) Si se tienen reacciones complejas es mejor utilizar el rendimiento (o la selectividad).

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

- ¿Cómo determinar las condiciones óptimas de operación?
- ¿Cuál es la información relevante requerida para el diseño de el reactor?
- ¿Qué efecto tienen en el reactor químico el cambio en las condiciones de operación?
- ¿Cómo mejorar el desempeño del reactor?

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

La ingeniería de reactores se refiere a la lógica que apoya la toma de decisiones respecto a las preguntas anteriores.

Se debe notar que algunas de estas preguntas se refieren a condiciones preestablecidas; entre ellas debemos destacar.

**Escala de producción**, es decir cuanto debemos producir.

**Cinética de reacción**, que se refiere a la velocidad con que se realiza dicha producción.

**Disponibilidad de las materias primas** que fija los valores de concentración inicial de los reactivos con posibilidad de utilizarse.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

### **Variables importantes en el diseño de reactores:**

Para el diseño completo de los reactores químicos se hace uso de los siguientes principios:

#### Principios físicos:

- a) Transferencia de masa.
- b) Transferencia de energía.

#### Principios químicos:

- a) Termodinámicos: (equilibrio químico,  $DH_R$ ).
- b) Cinética química.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



## Introducción

El diseño de proceso de un reactor se debe cumplir con:

- a) Selección del tipo de reactor de acuerdo con el método de operación.
- b) Selección del tamaño del reactor.
- c) Características de intercambio de energía.
- d) Condiciones de operación: Temperatura ( $K_{eq}$ ,  $k$ ), presión ( $X$ ), composiciones ( $r_A$ ), condiciones de flujo.

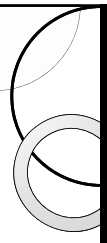
Dr. Rogelio Cuevas Garcia

## Introducción

Para llegar al diseño más adecuado para una finalidad concreta, es necesario además:

- 1). Predecir la respuesta del sistema reaccionante a los cambios en las condiciones de operación (cambio de las velocidades y conversiones de equilibrio con la temperatura y la presión).
- 2). Comparar los resultados de diseños distintos (sistema de flujo vs. discontinuo, reactor adiabático vs. isotérmico, reactor simple vs. múltiple).
- 3). Estimar la economía de diferentes alternativas.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



## Diseño mecánico de un reactor químico.

- Materiales de construcción
  - Características mecánicas
    - Resistencia (espesor)
    - Corrosión
- Requerimientos de agua o vapor, sistemas de bombeo
- Mantenimiento
- Instrumentación y sistemas de control

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



## Control del reactor

- Mantener el reactor operando en las condiciones de funcionamiento óptimo. Se incluye establecer una estrategia para evitar las fluctuaciones al máximo.
  - Cuando se presente la situación es necesario estudiar la forma en que se deben variar las condiciones de operación para regresar a las condiciones de funcionamiento óptimo en el menor tiempo posible.
- La clave para lograr estos compromisos radica en identificar cuáles son las condiciones de control que deben utilizarse como punto de control.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia



## Importancia de la cinética

De la anterior queda claro que se debe contar con expresiones de rapidez de reacción correctas. Estas expresiones se obtienen, hasta el momento, experimentalmente. La expresión puede obtenerse de las siguientes formas:

- a) Usando un reactor de laboratorio. Este reactor puede operarse de manera isotérmica y deben evitarse los fenómenos de transferencia de masa y calor (Procesos físicos).
- b) Utilización de un reactor a escala piloto.
- c) Con un reactor industrial.

Dr. Rogelio Cuevas Garcia