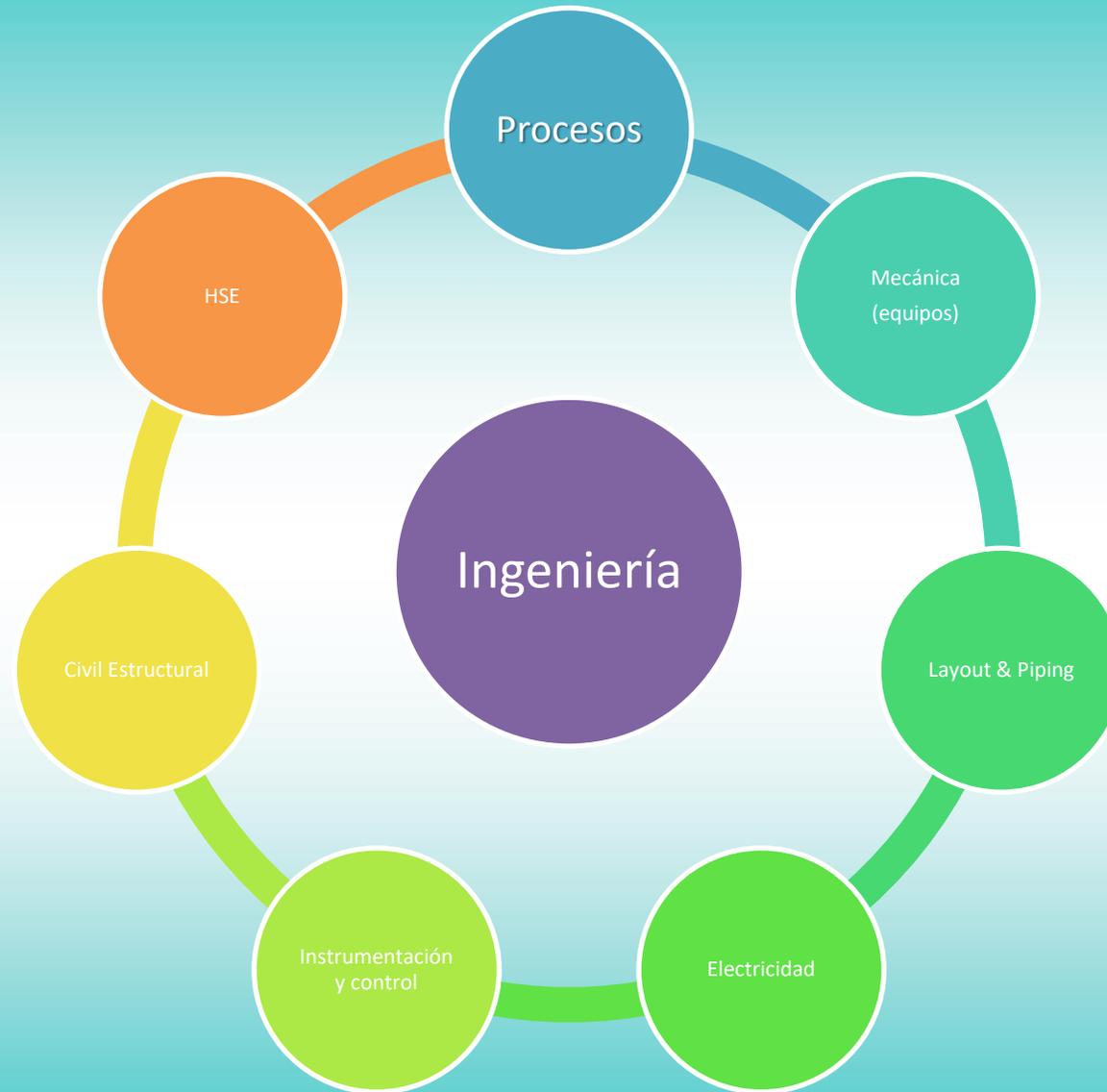


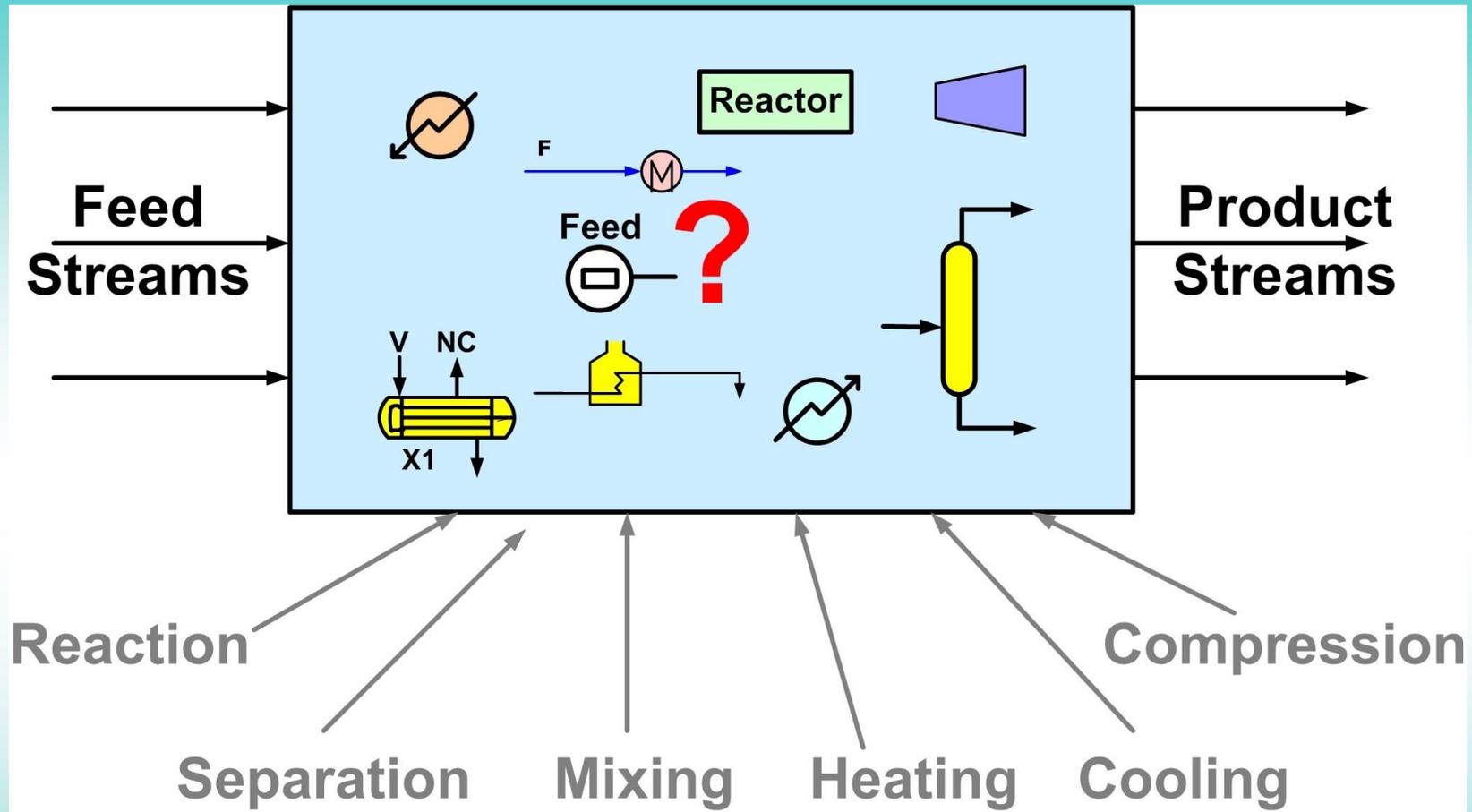
Facultad de Ingeniería - UNJu
Ingeniería Química

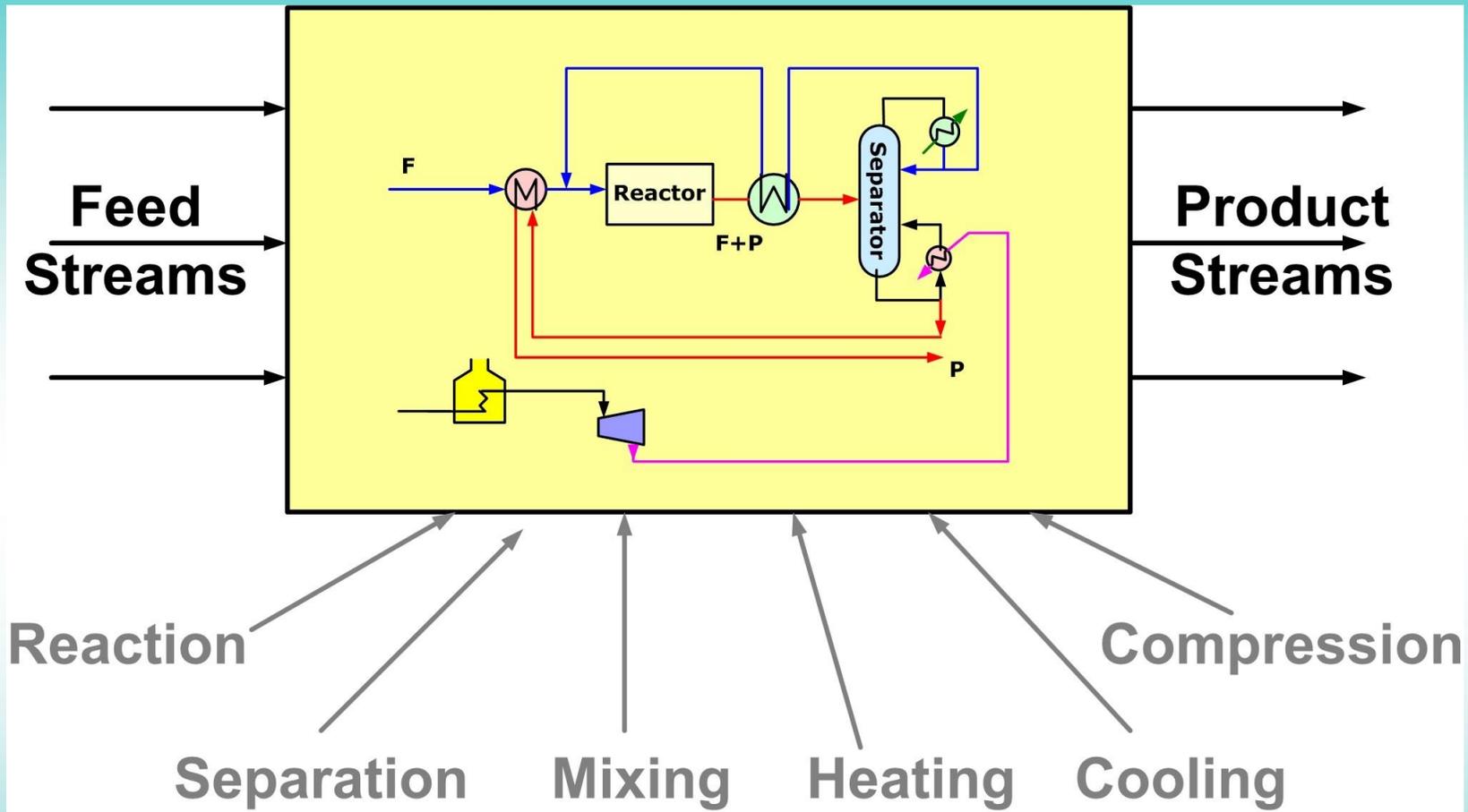
Ingeniería de Procesos



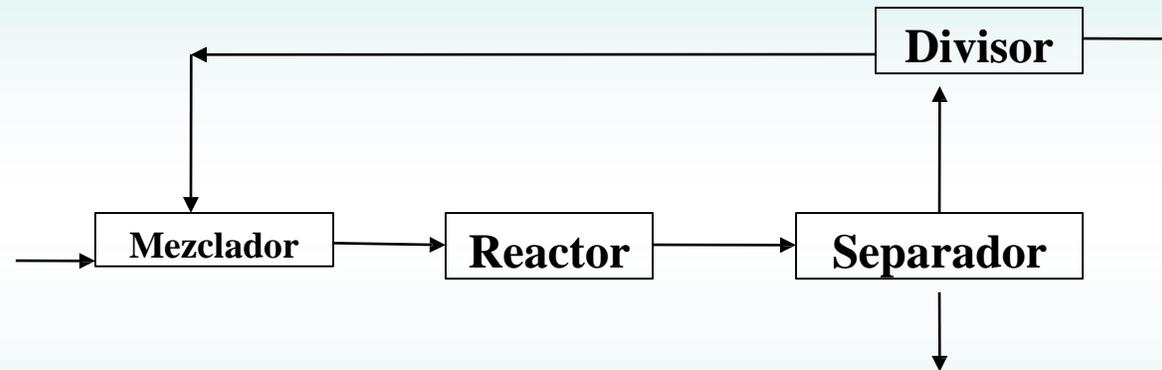
ADS: Romina Gisela Huaranca
Prof. Adj: Demetrio Humana



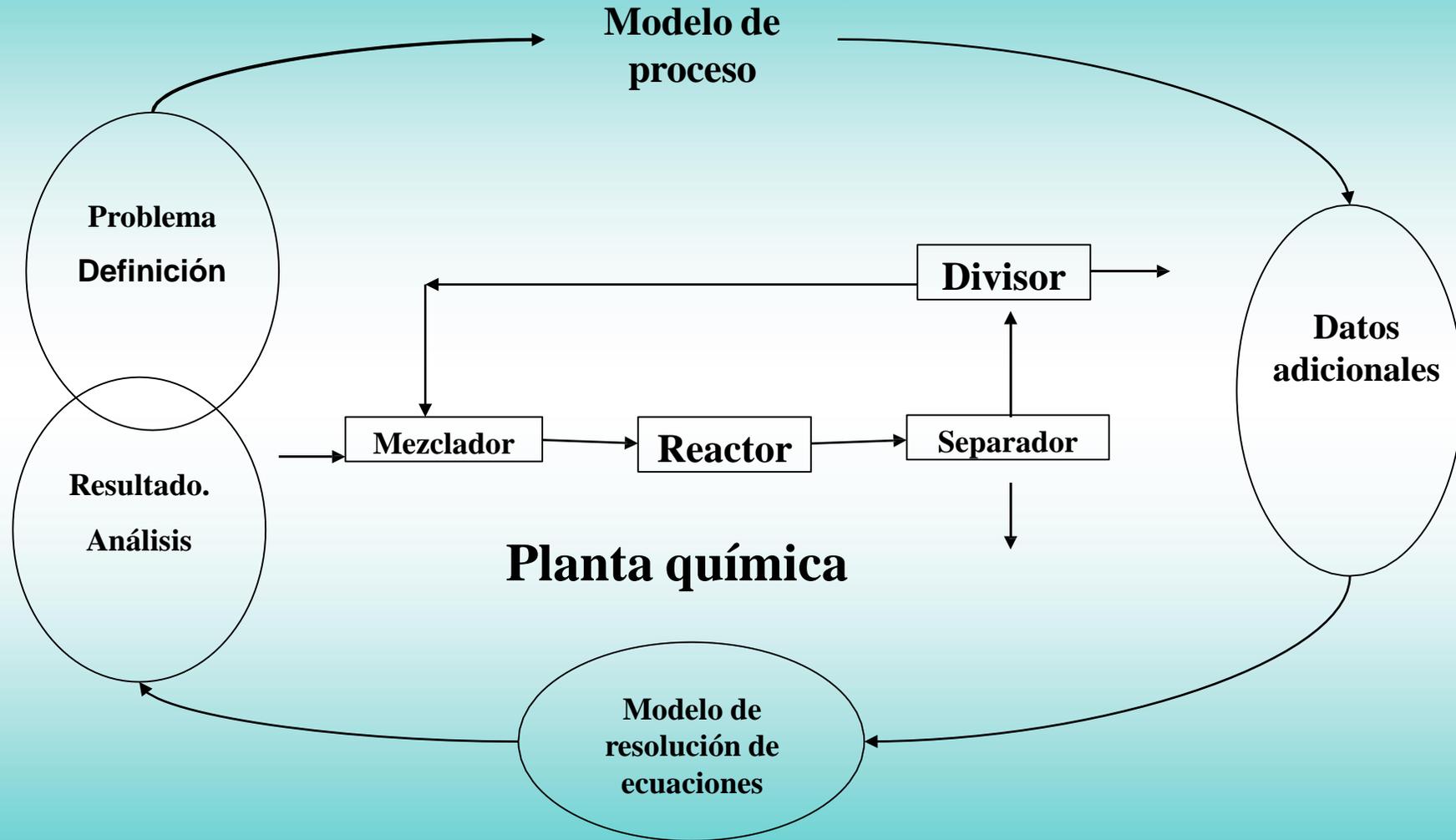




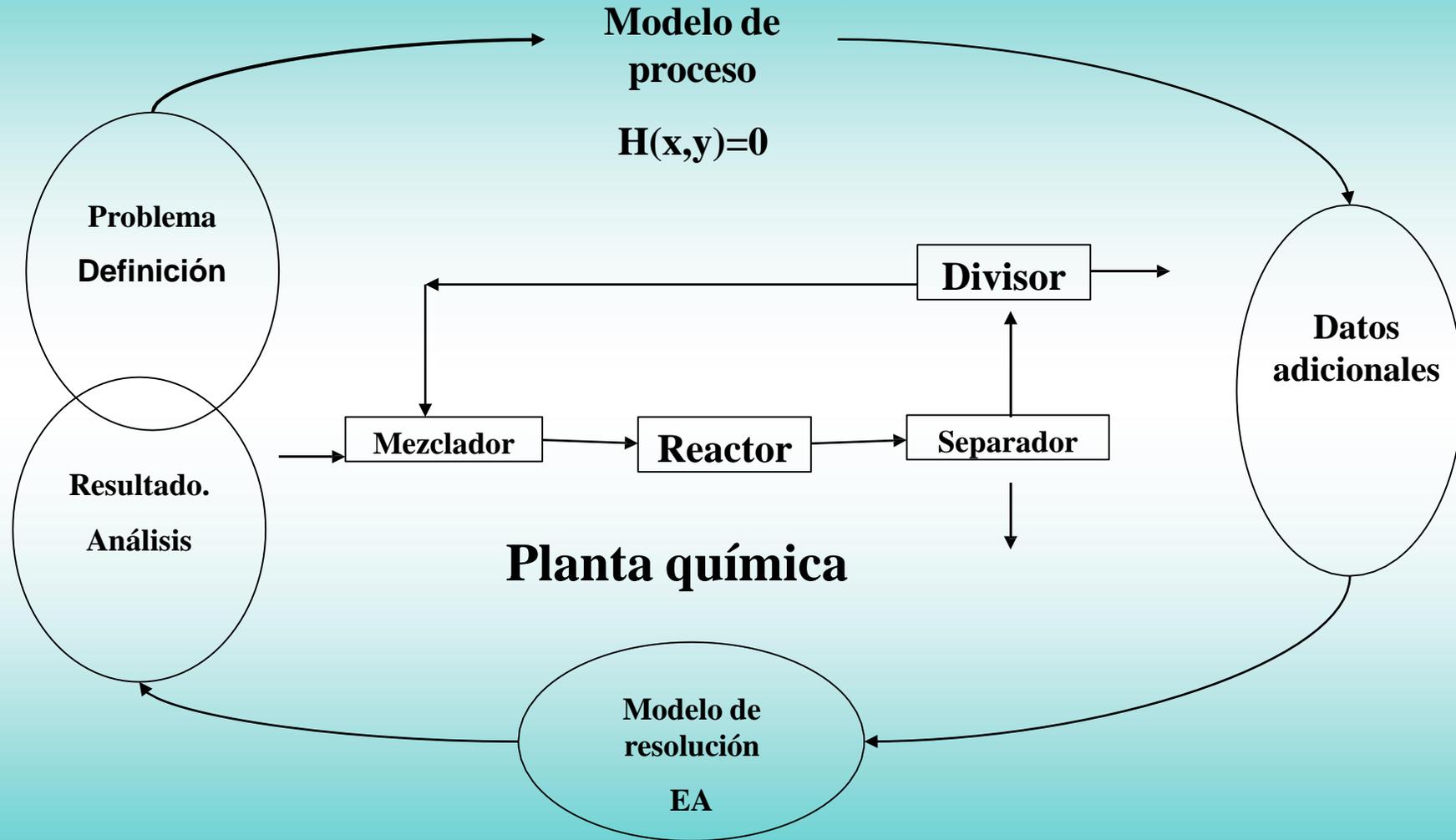
Planta química



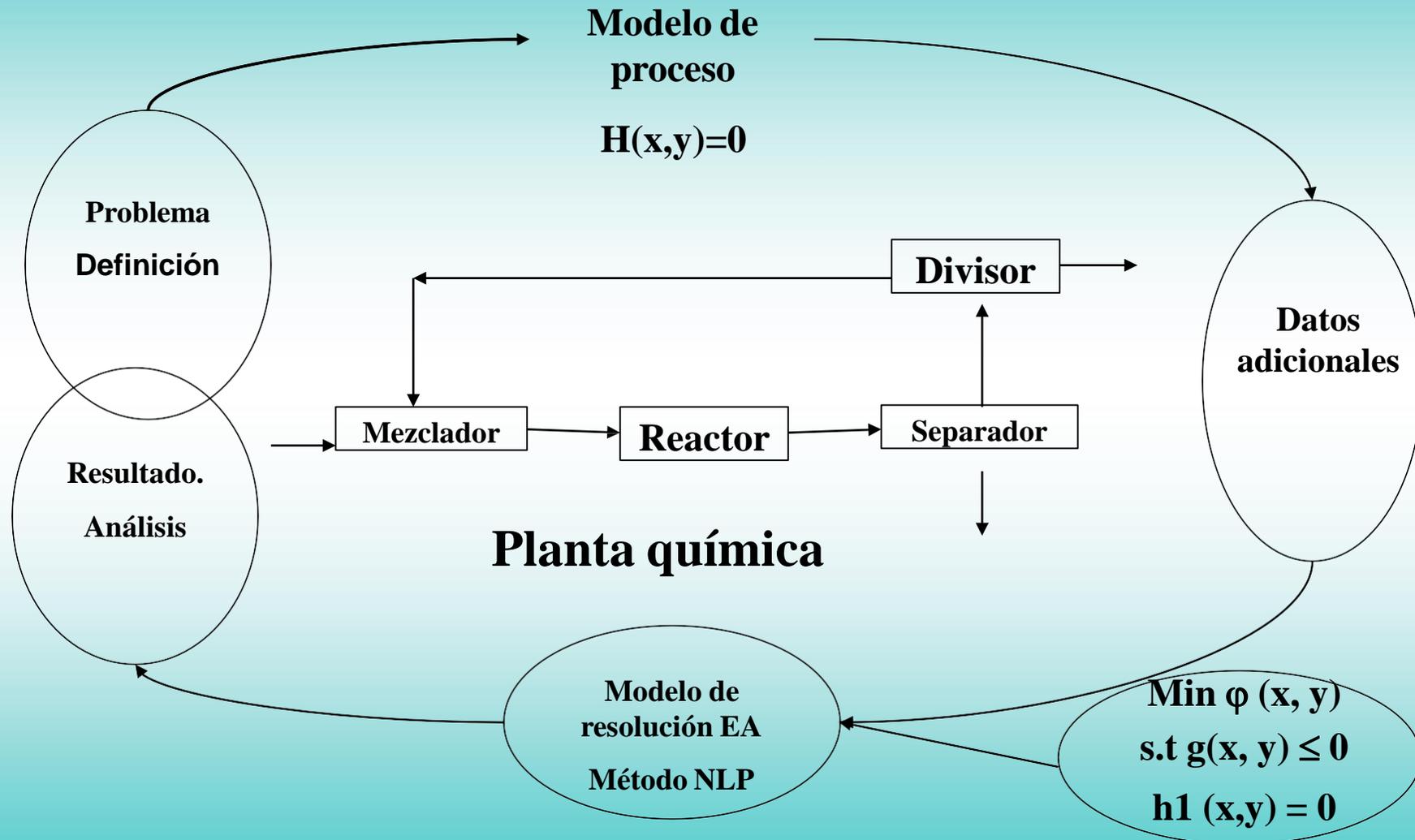
Secuencia de cálculo



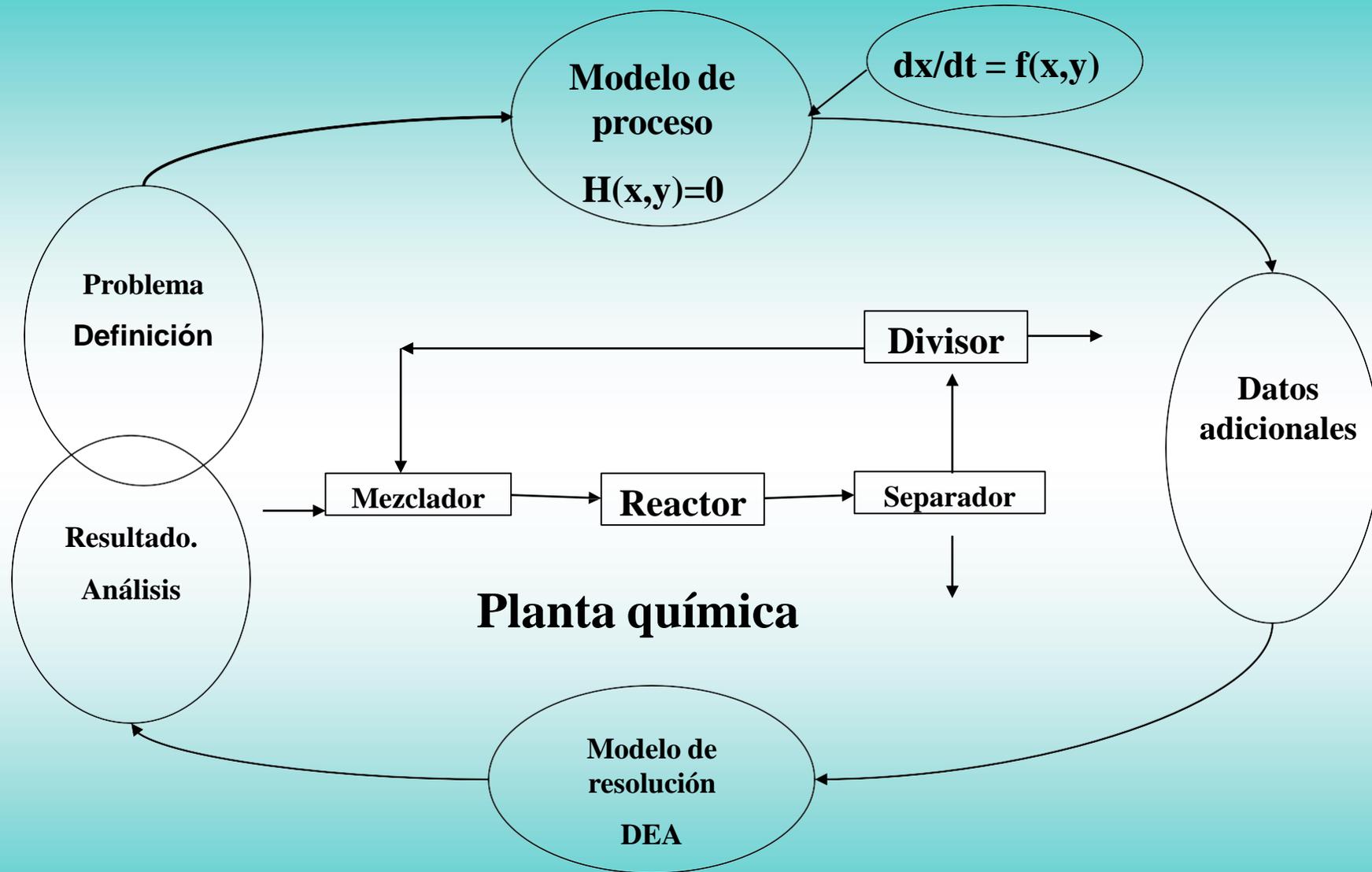
Estado estacionario – Ecuaciones algebraicas



Problema de optimización – FO y restricciones

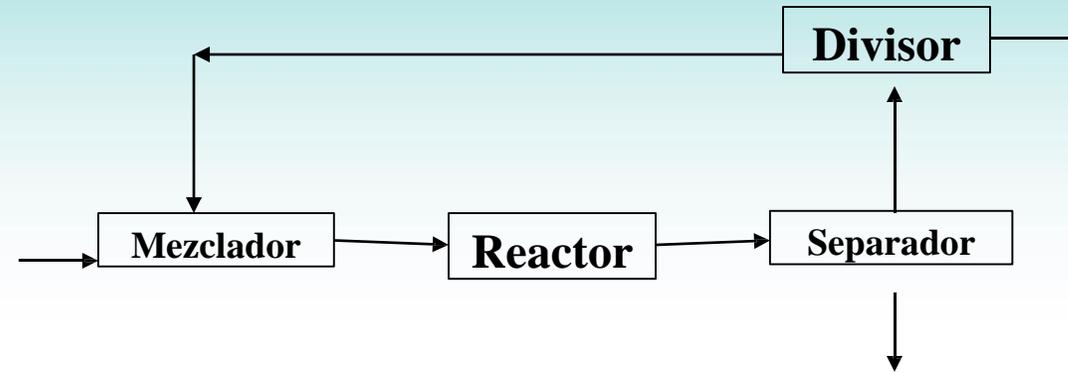


Estado dinámico – Ecuaciones diferenciales

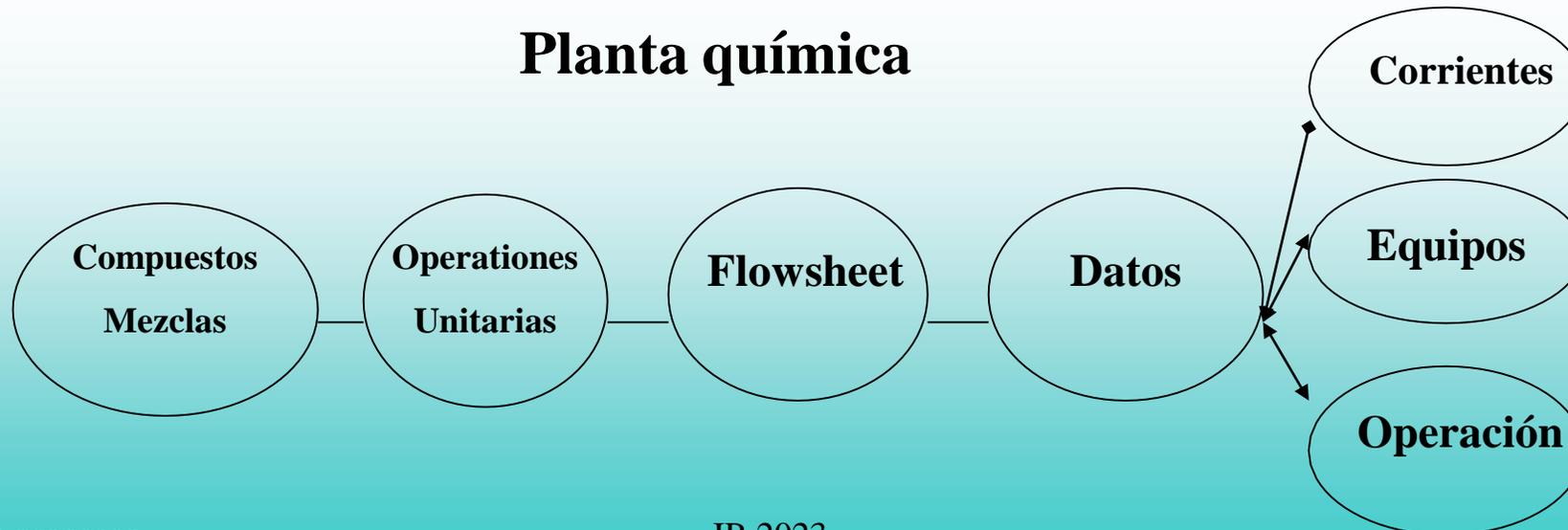


Definición del problema

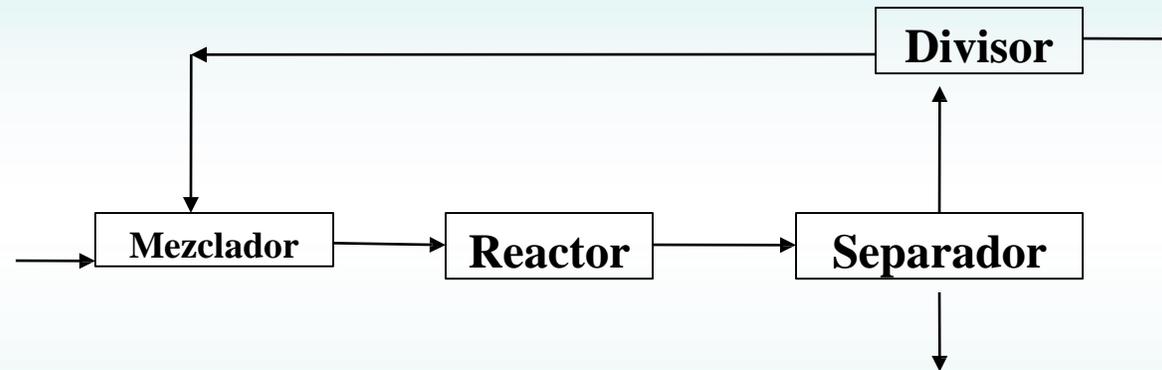
¿Qué información necesito?



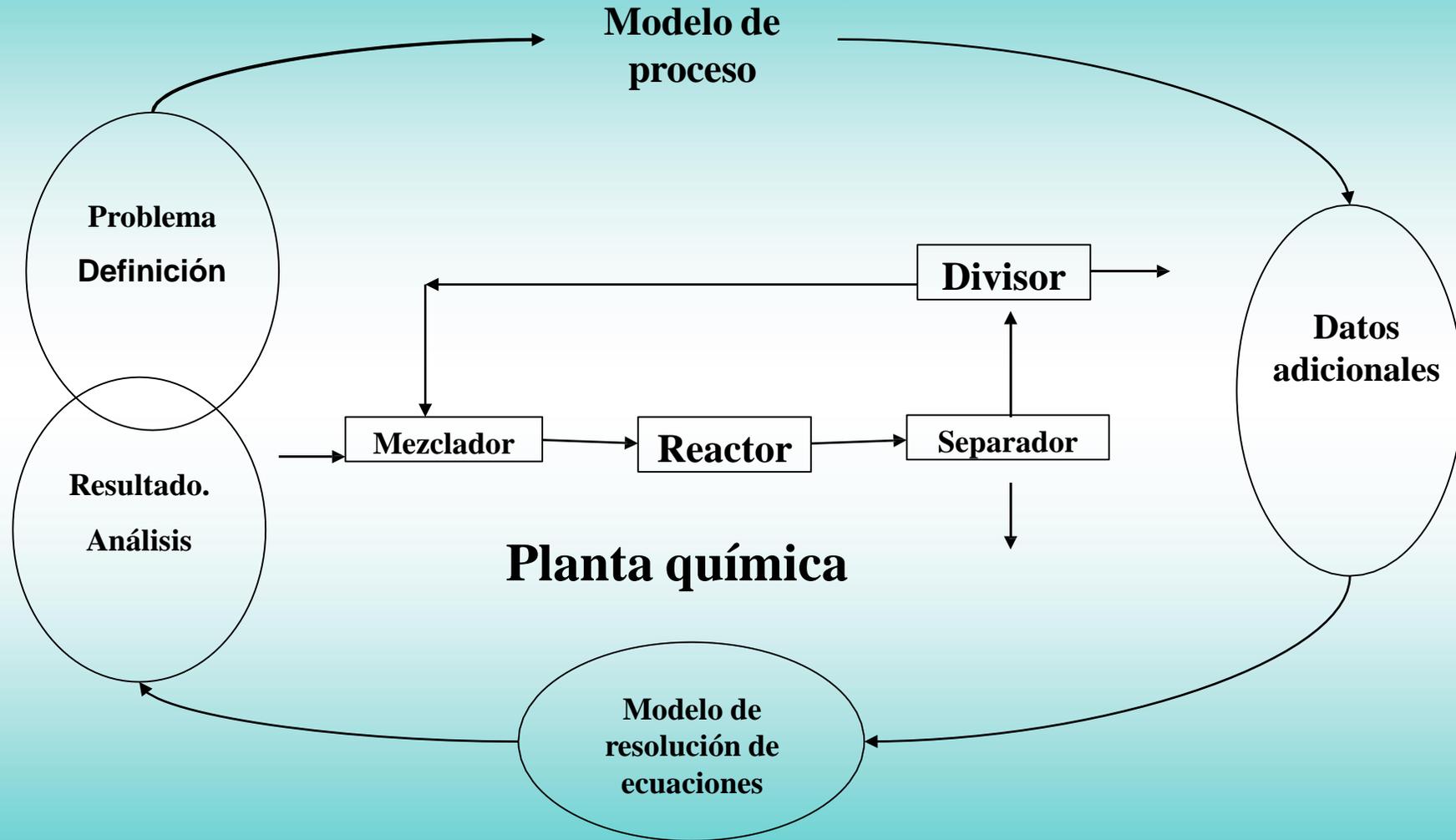
Planta química



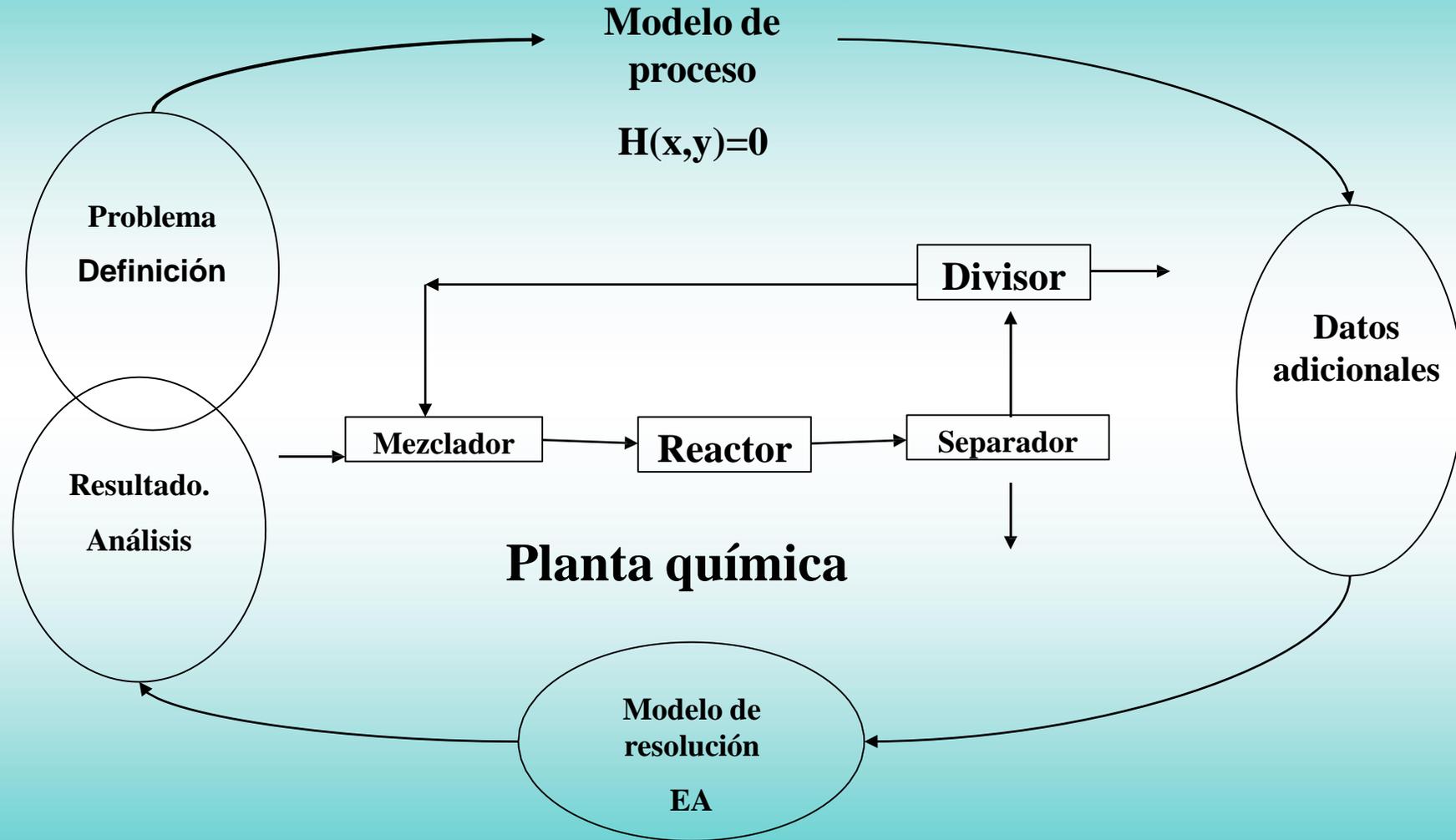
Planta química



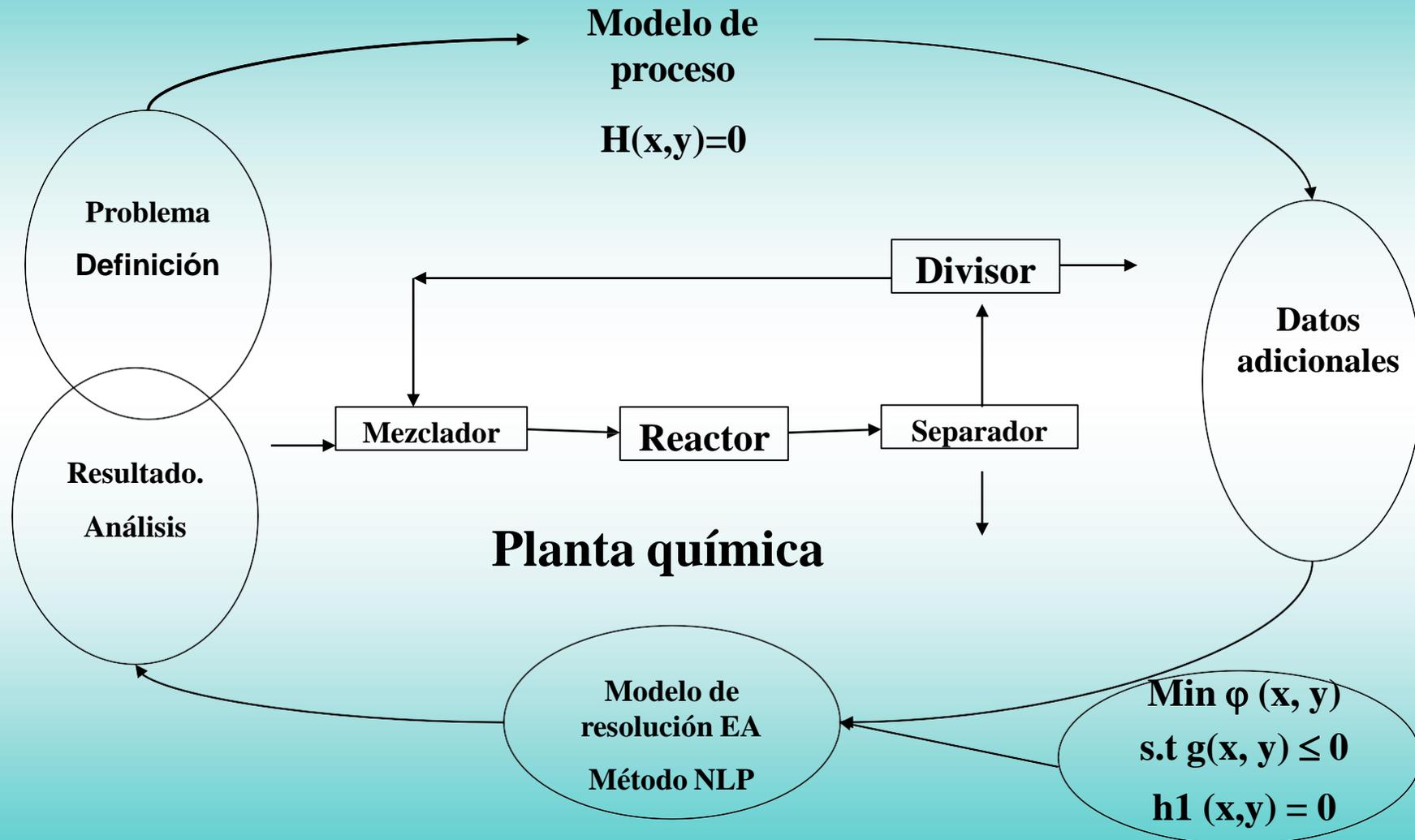
Secuencia de cálculo



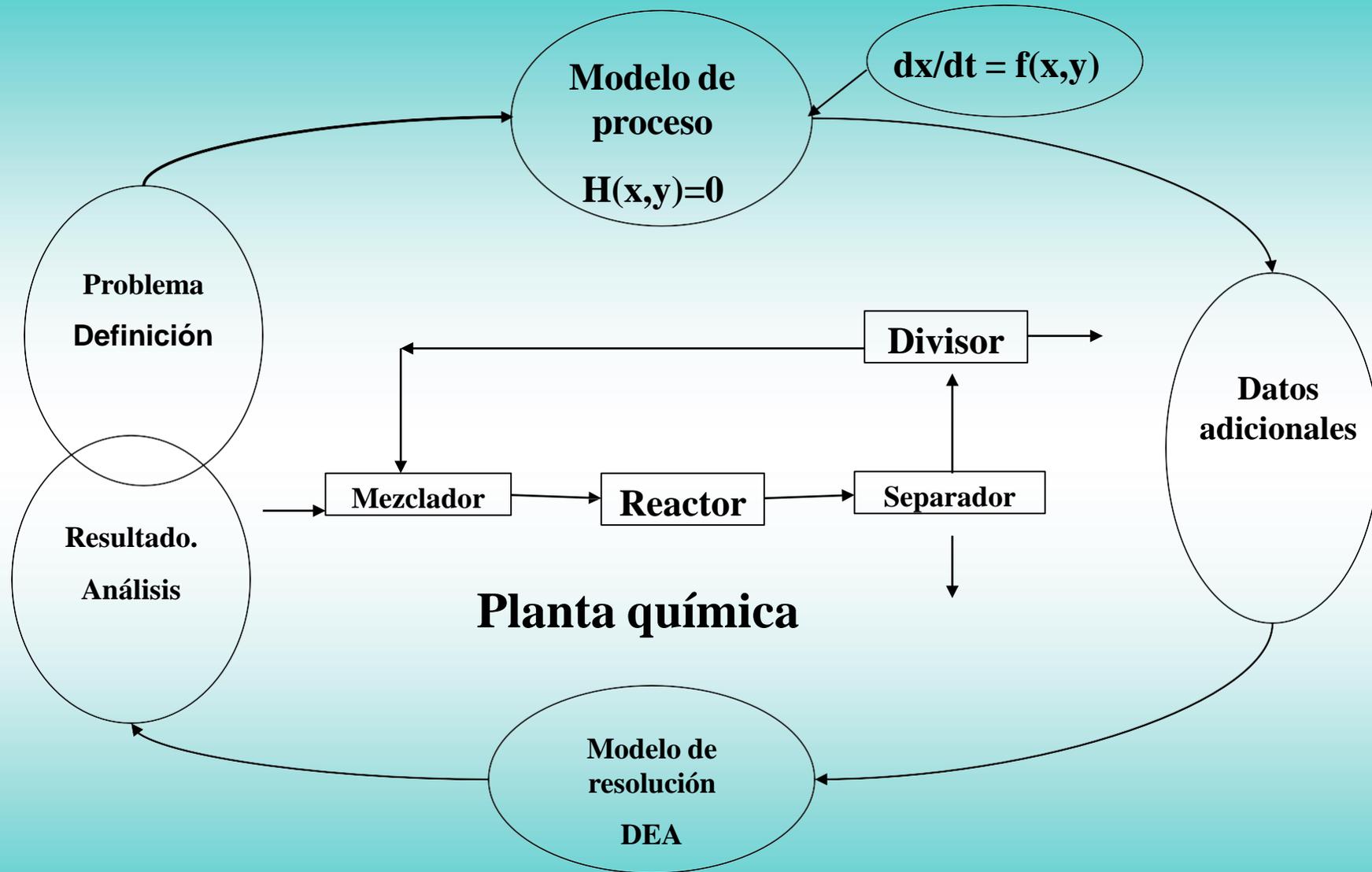
Estado estacionario – Ecuaciones algebraicas



Problema de optimización – FO y restricciones

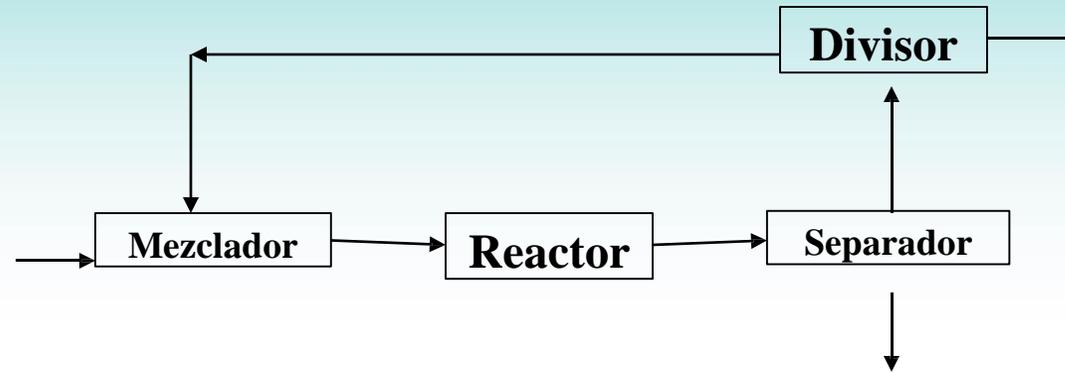


Estado dinámico – Ecuaciones diferenciales

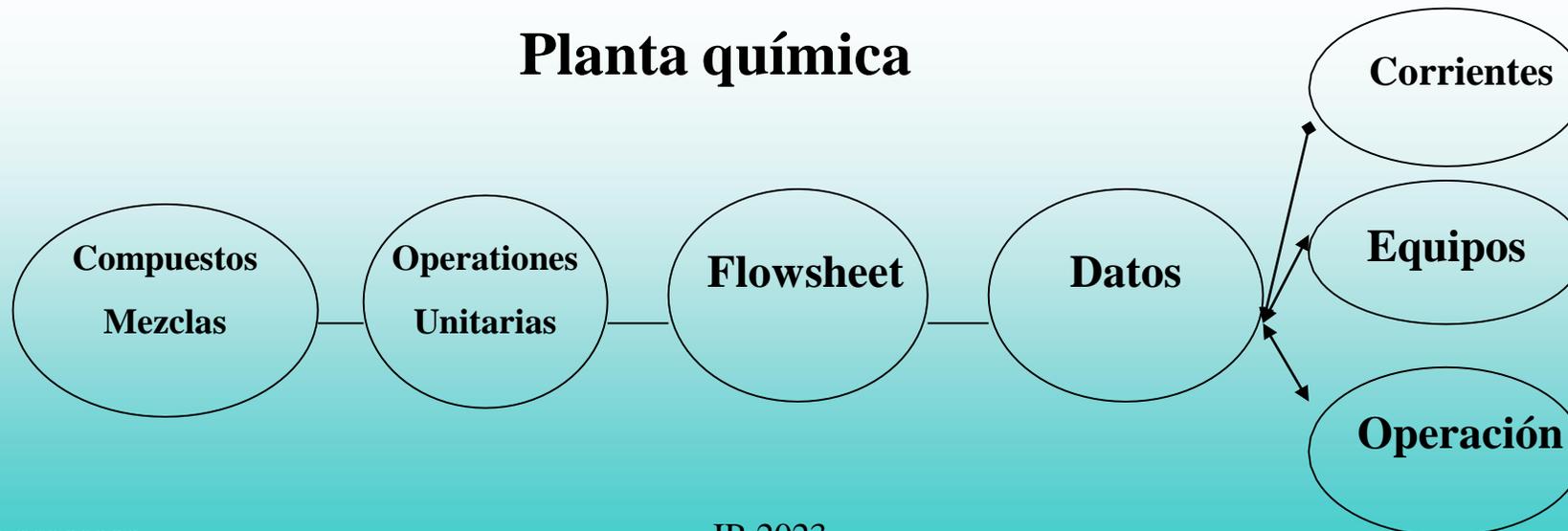


Definición del problema

¿Qué información necesito?



Planta química



Optimización de procesos. Estrategia

Pasos

- Identificar y definir **variables de diseño x**
- Identificar la FO (**función de costo**) y desarrollar una expresión en termino de **Variables de diseño, $f(x)$**
- Identificar **restricciones y** desarrollar expresiones en función de **Variables de diseño** \Rightarrow espacio de búsqueda $\Omega(x)$
- Formulación del problema:

$$\min_{x \in \Omega} f(x)$$

Optimización de procesos. Estrategia

Estructura del modelo

$$\min_{\mathbf{x} \in \Omega} f(\mathbf{x})$$

$$\min_{\mathbf{x}, \mathbf{y}} f(\mathbf{x}, \mathbf{y})$$

Objetivo, medida de performance

$$s.t. \quad \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \mathbf{0}$$

Restricciones de igualdad

(MBs, EBs, ...)

$$\mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \leq \mathbf{0}$$

Restricciones de desigualdad

(limitaciones, ...)

$$\mathbf{x} \in \mathbf{X} \subseteq \mathbb{R}^n$$

Variables Continuas

(temp., pres., ...)

$$\mathbf{y} \in \mathbf{Y}$$

Variables Binaria o entera

(# of stages, ...)

Caso base

Para cualquier optimización, necesitamos un punto de partida: este es nuestro caso base.

- El caso base puede ser cualquier proceso técnicamente viable.
- Cuanto más se aleje el caso base del óptimo, más optimización se debe realizar
- Se debe elegir una función objetivo basada (OF) en la inversión operativa y de capital, *por ejemplo*, EAOC o VAN, con el objetivo de *minimizar o maximizar la función*; otras OF son posibles, *por ejemplo*, maximizar la producción de la sustancia química B de la planta, etc.
- Un análisis *de Pareto* (regla 80-20) suele ser útil para centrar la atención en lo que se debe considerar primero.
- El balance general de materiales nos indica con qué eficiencia se utilizan las materias primas; aunque estos costos sean altos, puede que no sea posible reducirlos significativamente.

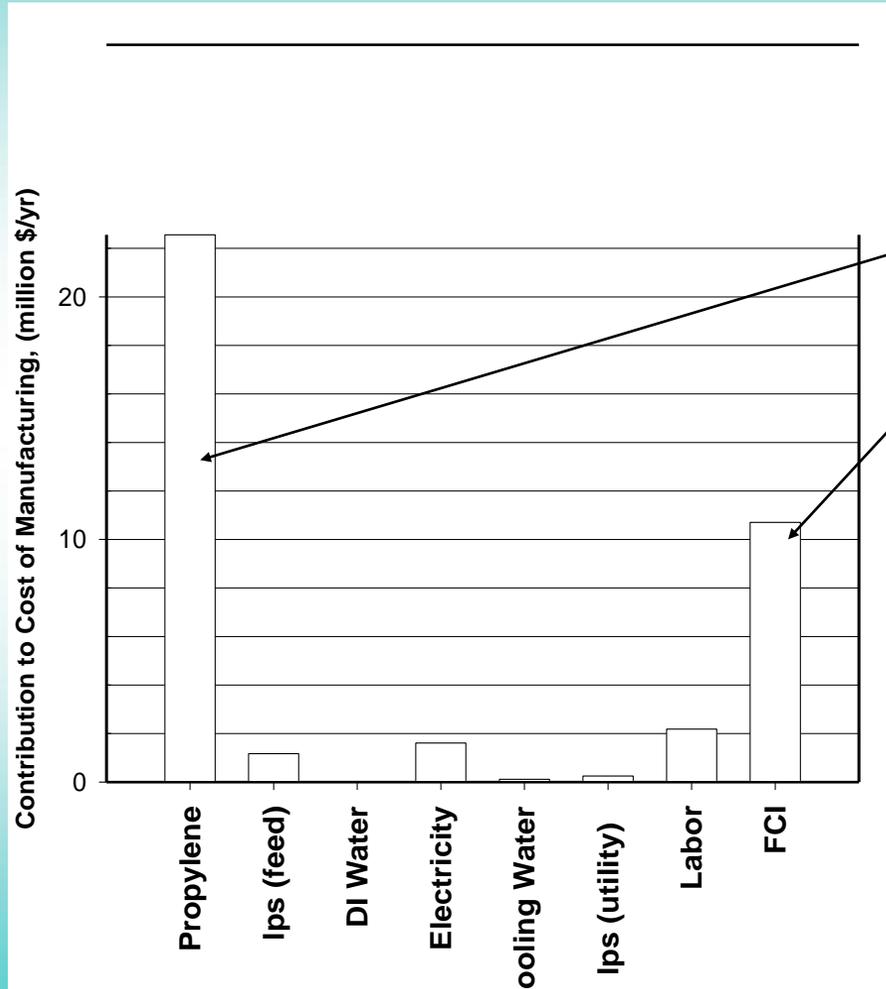
Variables clave de decisión

Incluso los procesos simples tienen decenas, si no cientos, de posibles variables de decisión. Por lo tanto, es importante identificar cuál de estos tiene un efecto significativo en el *FO* .

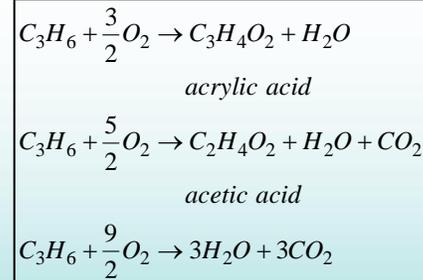
- Un análisis *de Pareto* identificará los costos principales, pero es necesario realizar una investigación preliminar sobre cómo esos costos se ven afectados por los cambios en las variables operativas.
- Generalmente, la conversión de un solo paso en el reactor es una variable de decisión importante ya que las tasas de reciclaje están influenciadas directamente.
 - Es fácil enmascarar el efecto de la conversión utilizando diferentes variables como la temperatura y la presión del reactor.
 - Interpretar los resultados en términos de conversión suele ser más sencillo que T y P , pero T y P pueden ser más fáciles de establecer en la simulación.
 - Si el material sin reaccionar sale del proceso, entonces se deben considerar variables de decisión que reduzcan estos flujos mediante una mejor recuperación en las secciones de separación (y una mayor conversión).
 - Los altos costos de los servicios públicos (vapor y electricidad) justifican variables de decisión que se centren en la recuperación de calor y trabajo. Además, hay integración de calor.

Variables clave de decisión

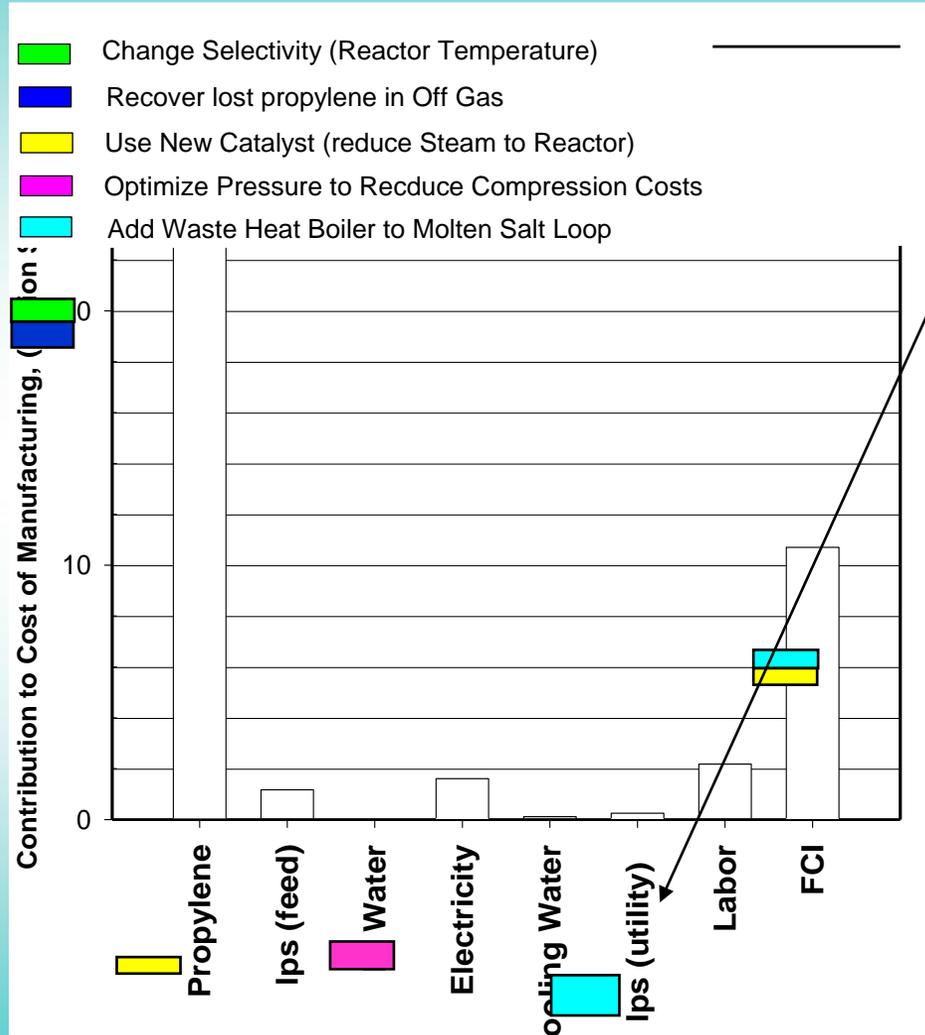
Costos asociados a la producción de una nueva instalación para producir ácido acrílico mediante oxidación parcial de propileno.



Las mayores mejoras pueden no estar asociadas con los mayores costos



Costos asociados a la producción de una nueva instalación para producir ácido acrílico mediante oxidación parcial de propileno.



Los mayores ahorros están asociados con la generación y venta de vapor de WHB.

Optimización topológica vs paramétrica

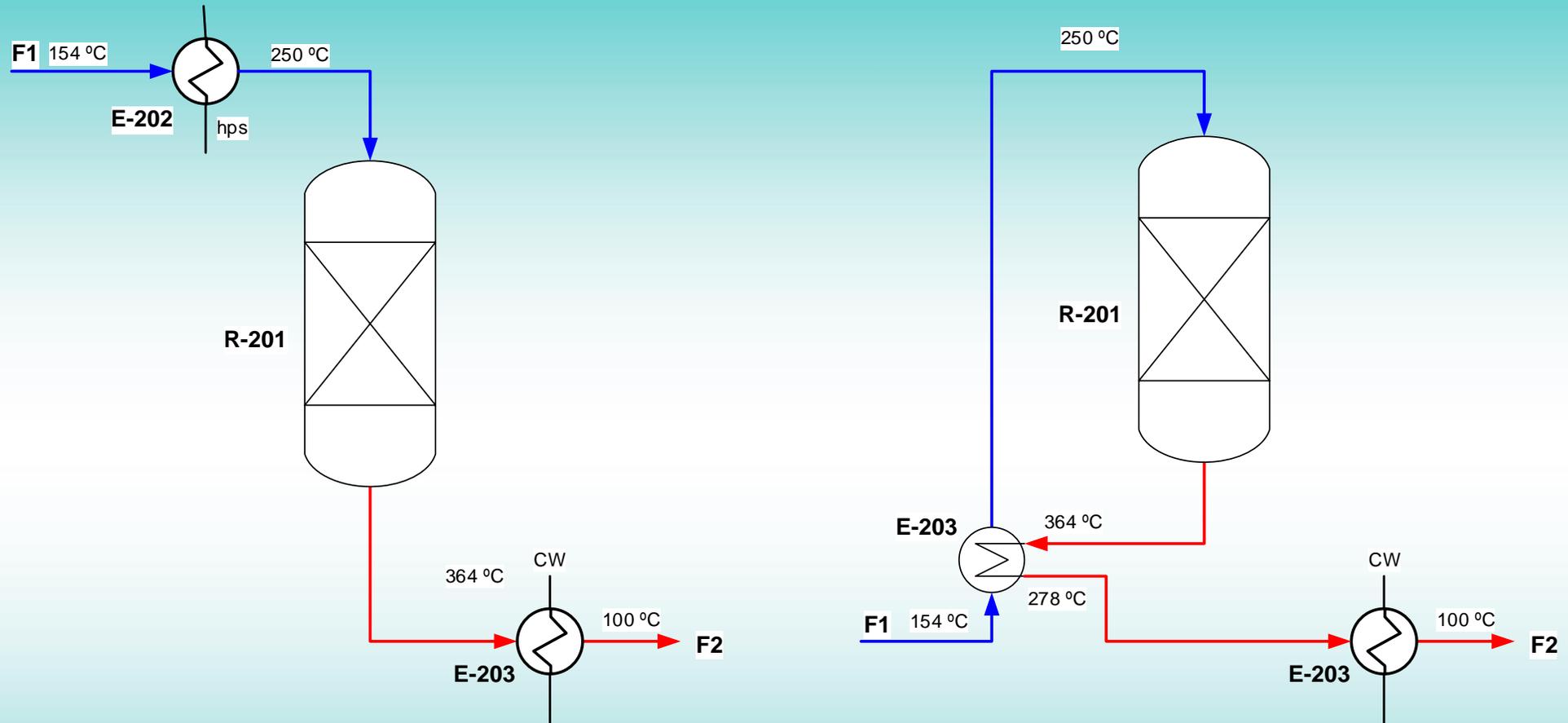
La optimización topológica implica cambios en la disposición (topología) de los equipos de proceso. Las preguntas que deben abordarse incluyen:

- ¿Se pueden eliminar los subproductos no deseados?
- ¿Se pueden eliminar o reorganizar los equipos?
- ¿Se pueden emplear métodos de separación o configuraciones de reactor alternativos?
- ¿Se puede mejorar la integración energética?

A menudo, los cambios topológicos conducen a grandes mejoras en el FO y se consideran desde el principio de la fase de diseño.

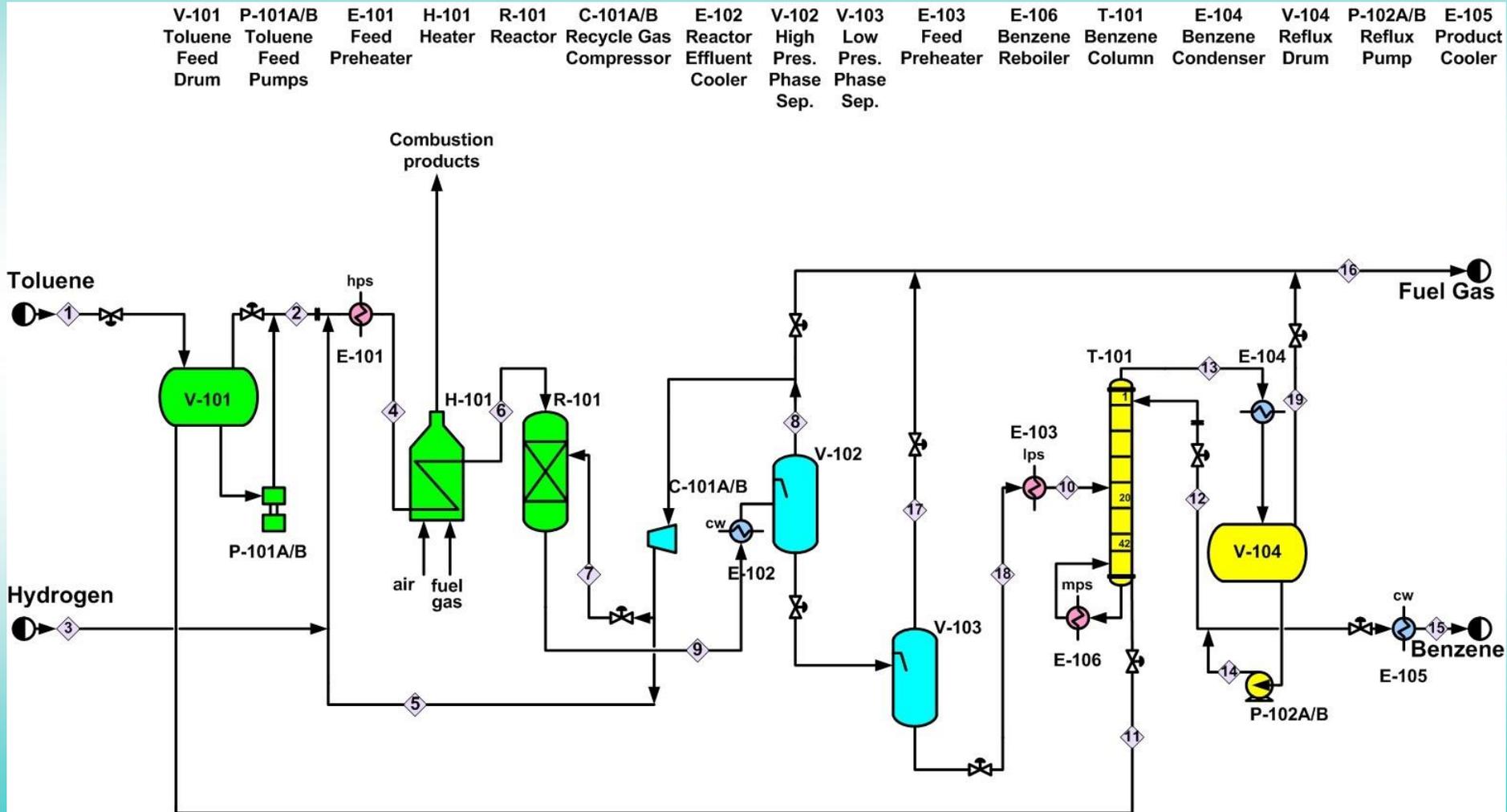
Muchos de los cambios topológicos más comunes se consideraron en el Capítulo 2 (Turton): *Estructura y síntesis de diagramas de flujo de procesos.*

Optimización topológica vs paramétrica

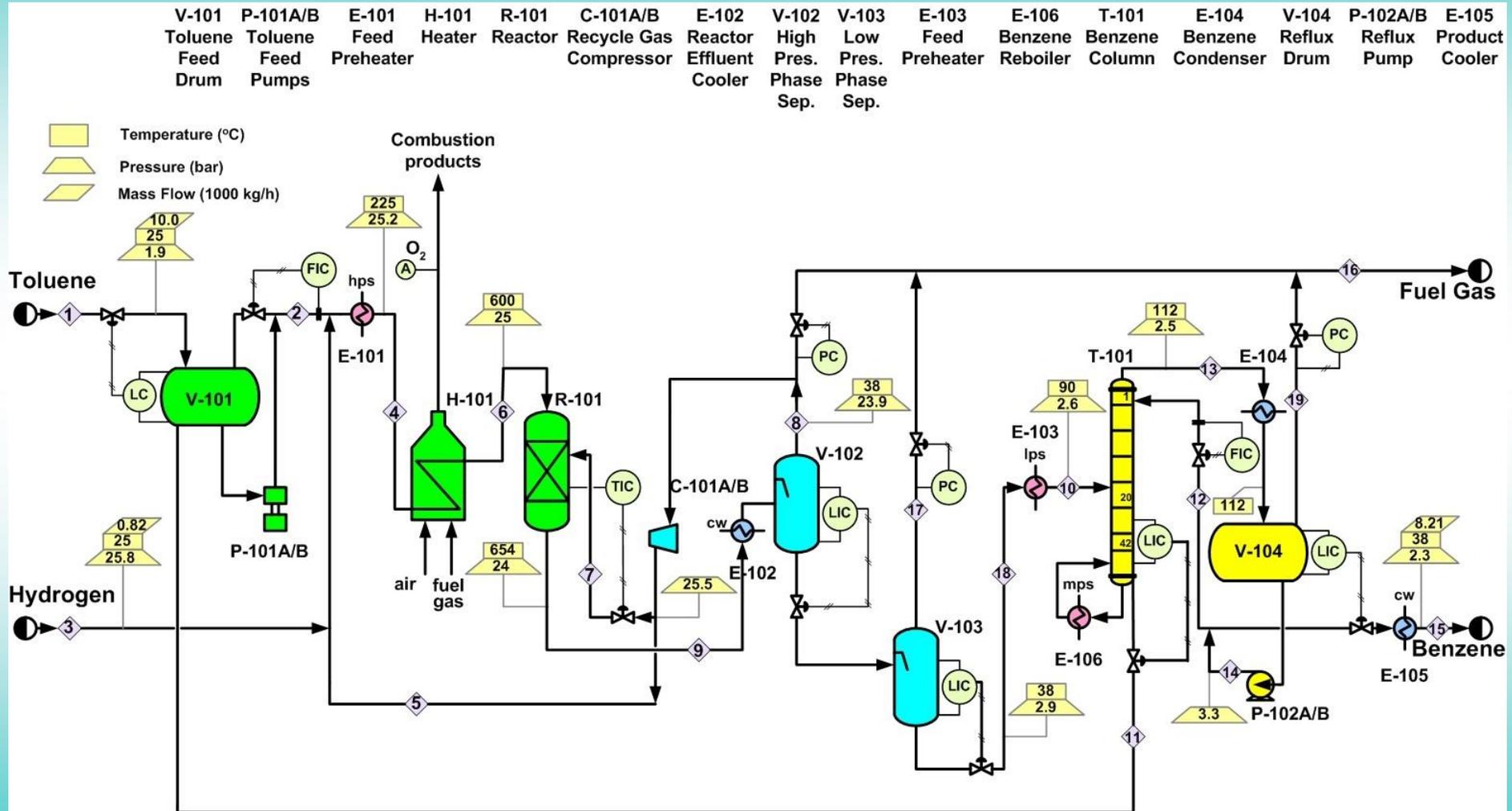


	Unidad	Sin integración energética	Con integración energética
Inversión Fija	USD	346.000	244.600
Costo de servicios	USD/año	-210.000	-36.820
VAN	USD	-1.636.000	-471.000

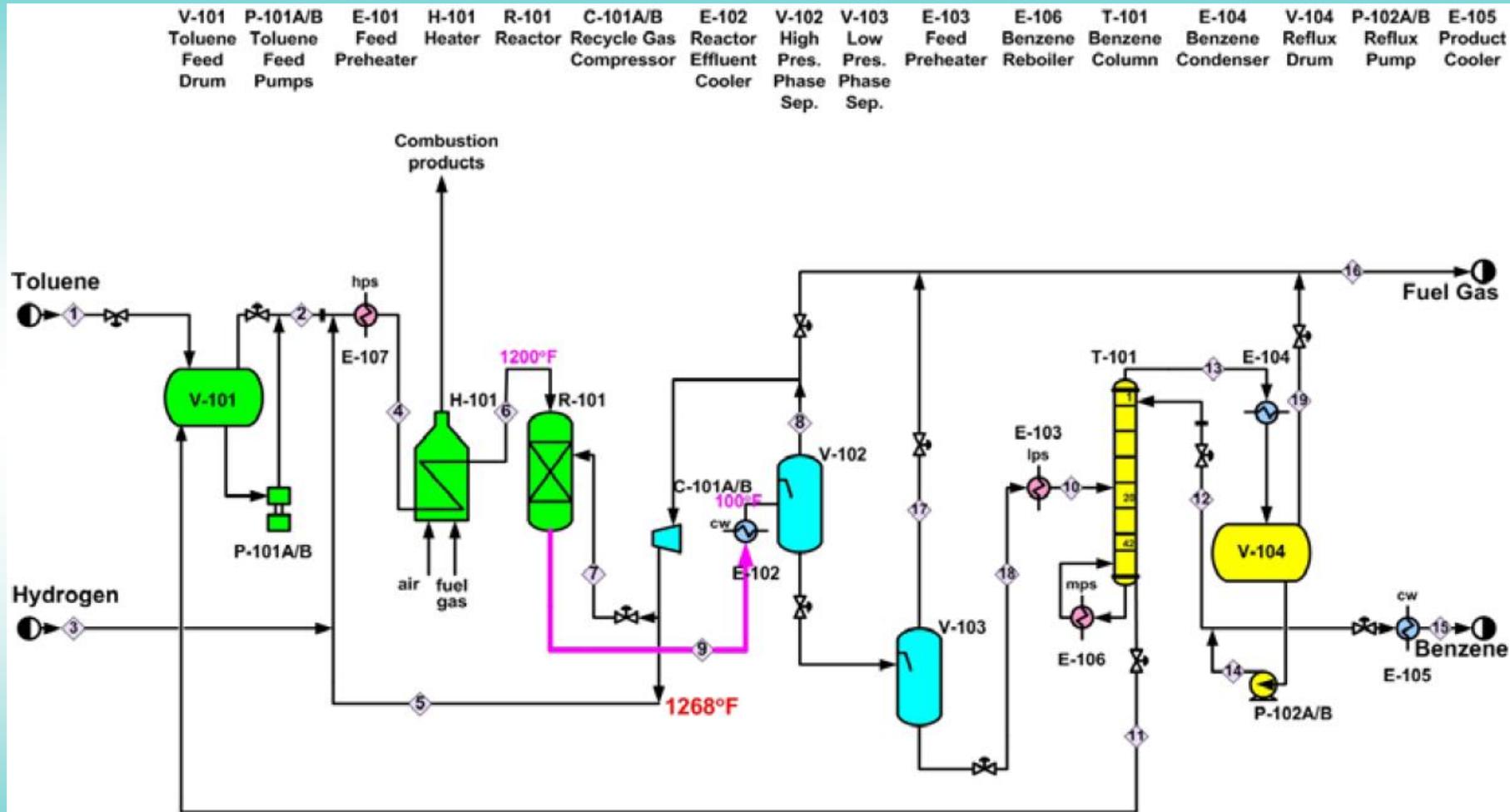
Producción de benceno



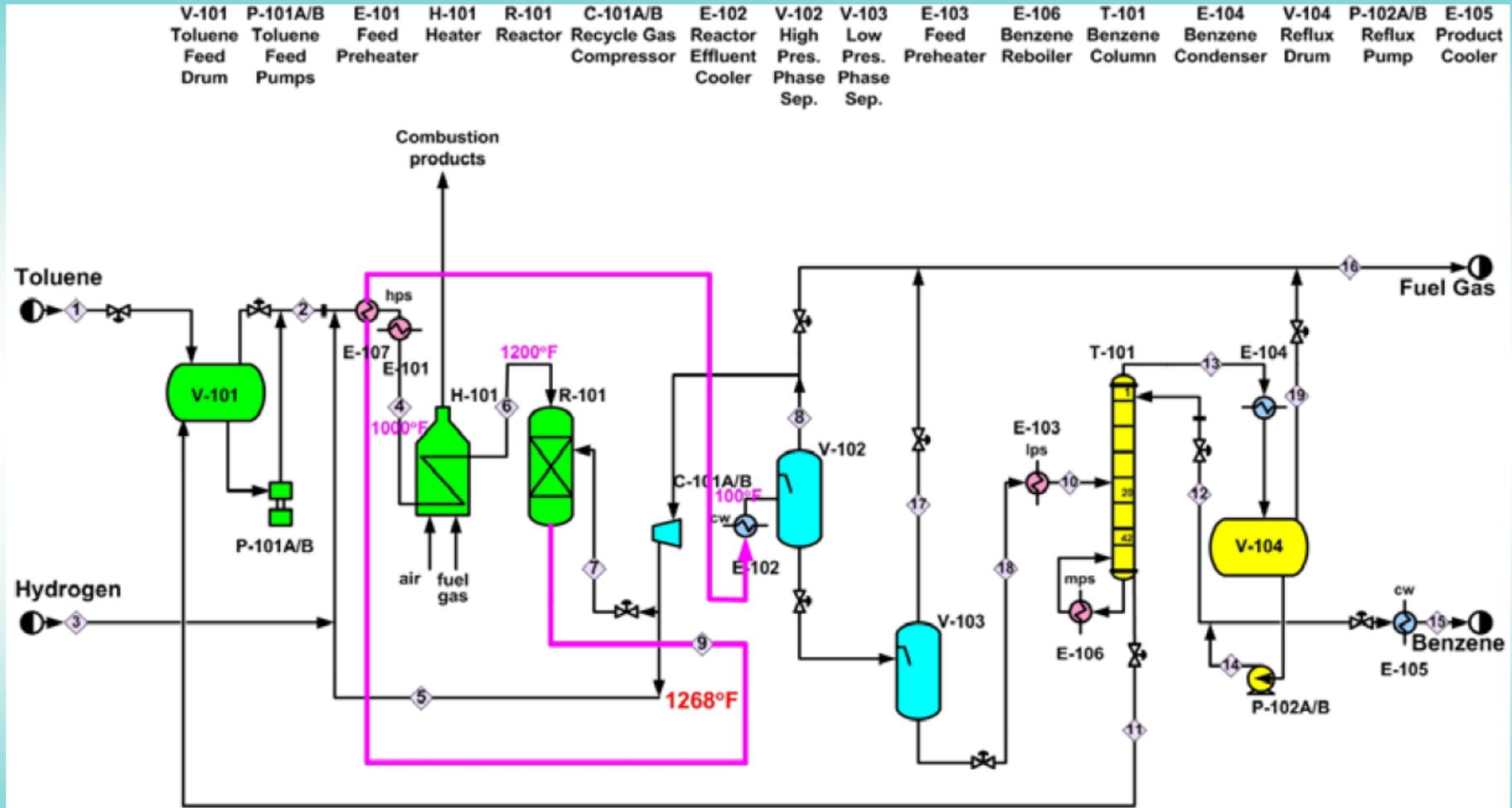
Producción de benceno



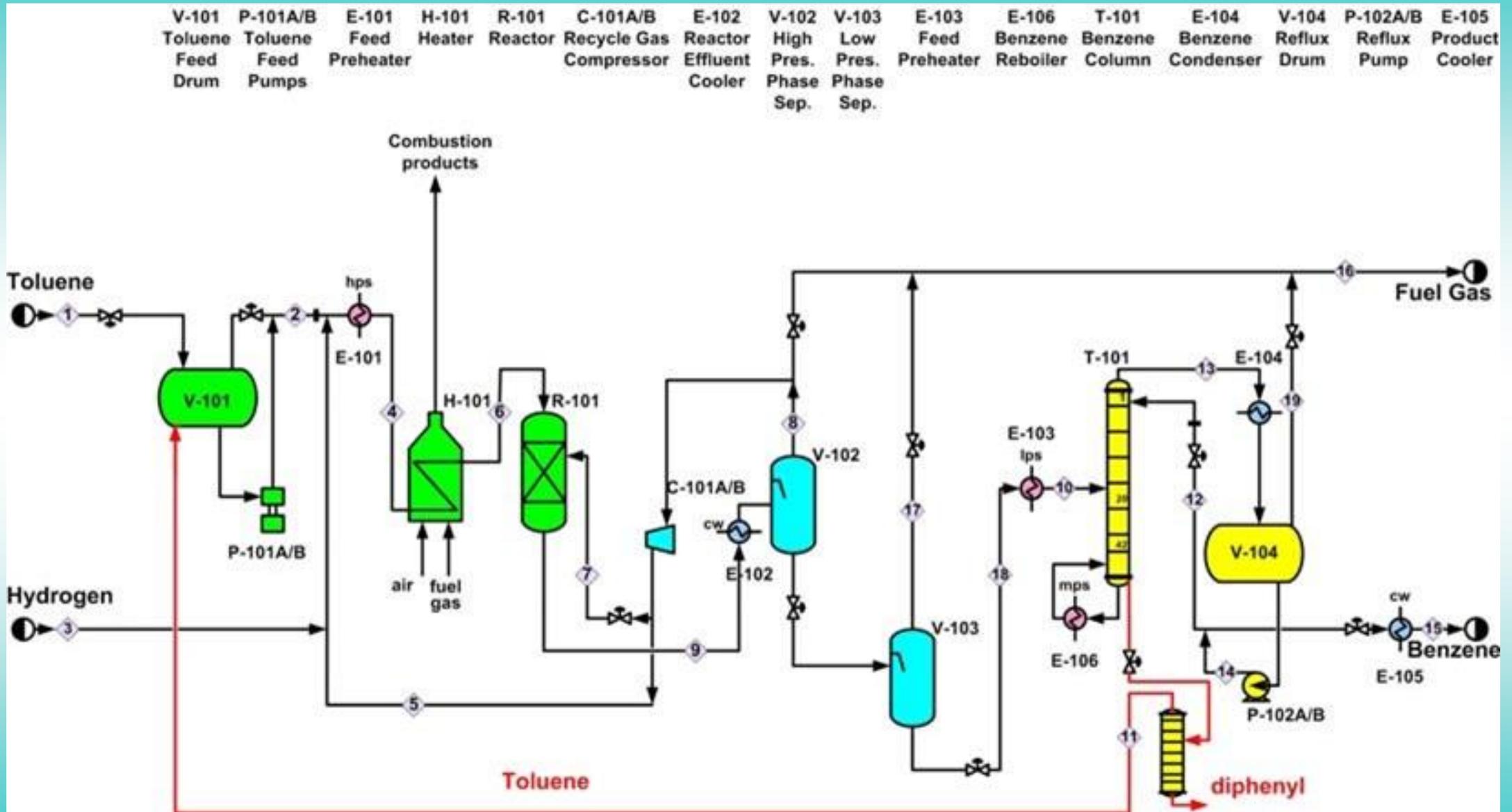
Producción de benceno



Producción de benceno



Producción de benceno



Optimización topológica vs paramétrica

La optimización paramétrica implica la manipulación de variables del proceso, como la conversión de un solo paso, la relación de reflujo, la pureza y el rendimiento del producto, la presión de operación, etc. Las optimizaciones paramétricas pueden provocar cambios en la topología del proceso. Por ejemplo, aumentando la conversión de un solo paso, puede ser posible eliminar una unidad de separación y el reciclado del reactivo no utilizado.

Optimización paramétrica – Una variable

Optimización paramétrica: Estudio de caso 1

Reflujo óptimo en una columna de destilación

Para una alimentación fija, presión de operación y rendimiento y pureza del producto, el tamaño (diámetro y altura) de una torre de destilación se fija en función de la relación de reflujo, R (asumiendo que el % de inundación, el diseño de la bandeja, etc., son fijos).

A medida que R aumenta

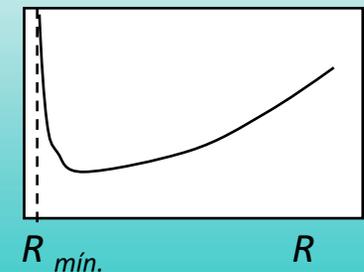
Aumentan los costos de servicio, tamaño y servicios del rehervidor

Aumentan los costos de servicio, tamaño y servicios del condensador

El diámetro de la torre aumenta

Número de etapas + altura de la torre disminuye

Formular costos en términos de EAOC o NPV y optimice

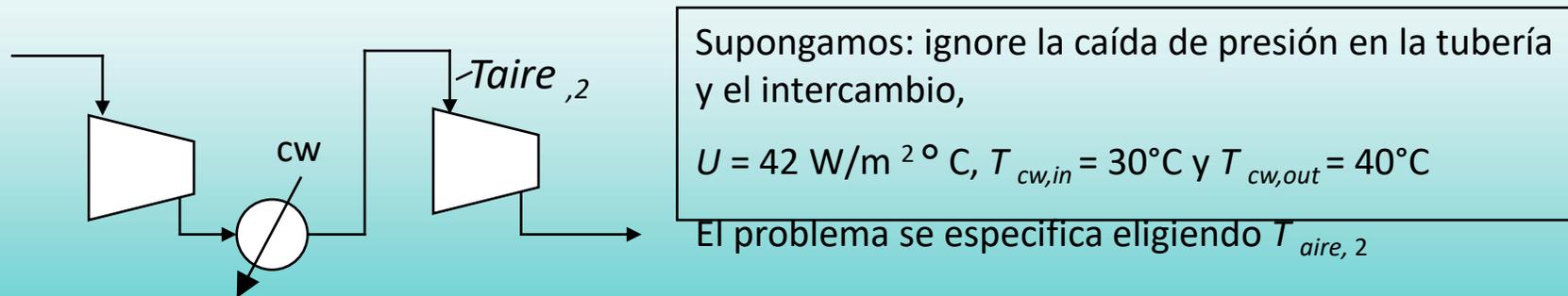


Optimización paramétrica – Una variable

Optimización paramétrica: Estudio de caso 2

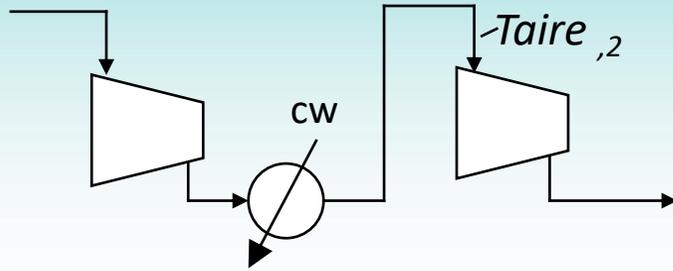
Considere la compresión del aire de alimentación en un proceso que produce anhídrido maleico.

El aire (10 kg/s) ingresa al proceso a presión atmosférica y 25 °C y se comprime a 3 atm en el primer compresor. La compresión tiene una eficiencia del 65% basada en un proceso adiabático reversible. Antes de ingresar a la segunda etapa de compresión (donde el aire se comprime a 9 atm con la misma eficiencia), el aire fluye a través de un intercambiador de calor enfriado por agua donde se enfría la temperatura. ¿Cuál es el tamaño óptimo del intercambiador de calor?



Optimización paramétrica – Una variable

Optimización paramétrica: Estudio de caso 2



Como $T_{aire,2}$ disminuye

$C_{intercam}$ ↑
 C_w
 $C_{potencia}$
 C_{comp} ↓

Formule el costo total como EAOC y minimice

Optimización paramétrica – Una variable

Optimización paramétrica: Estudio de caso 3

Observe la destilación de materiales ligeros (volátiles), *por ejemplo*, propano a partir de butano, en un despropanizador y considere la presión de la columna como variable de decisión.

Tendencias generales como $P \uparrow$

La separación se vuelve más difícil: la curva de equilibrio se acerca a la línea $x = y$

La columna tiene más etapas y un diámetro más pequeño.

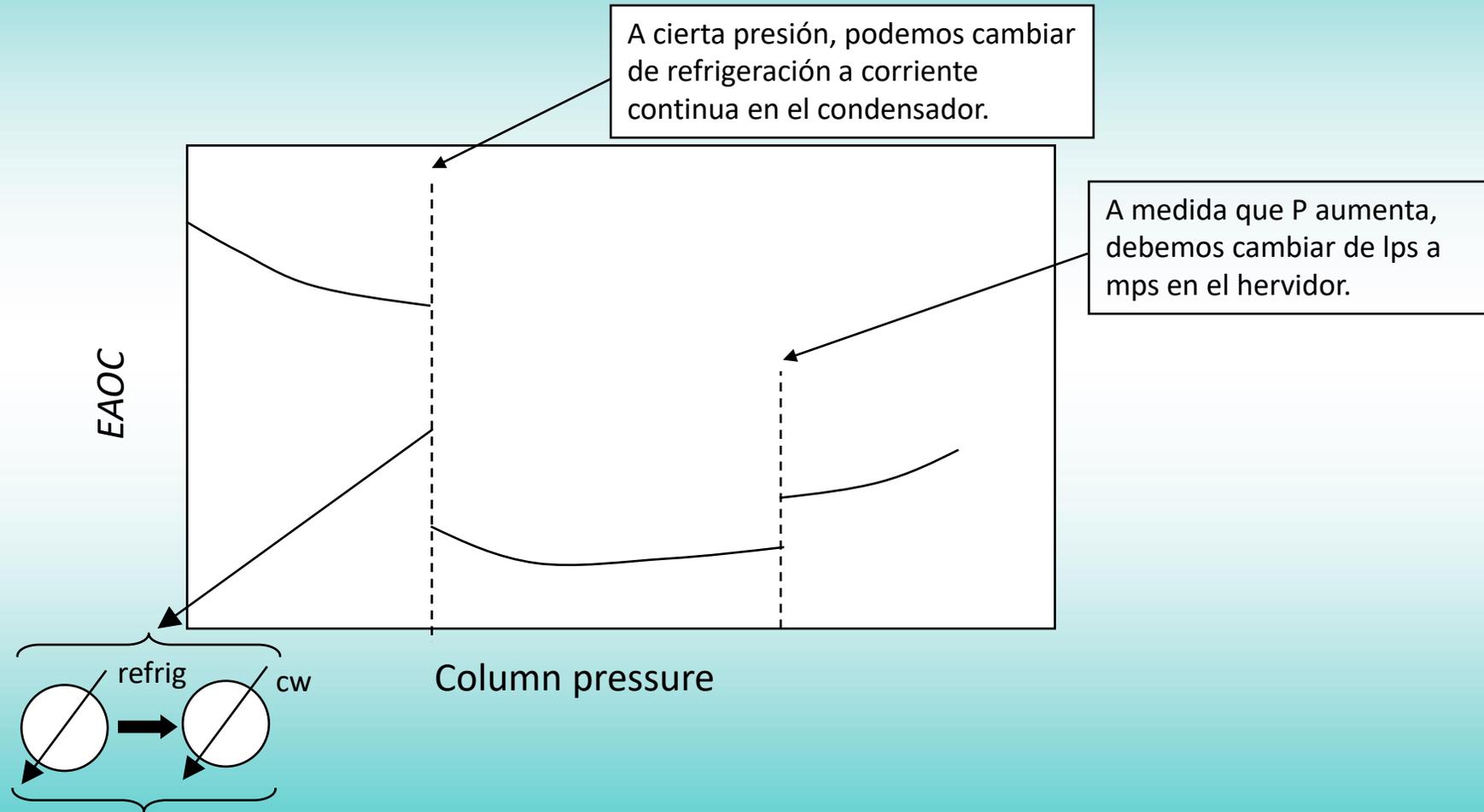
Aumentos de temperatura de la columna (superior e inferior)

Función objetivo, FO

$$EAOC = \left\{ \left[\frac{A}{P}, i, n \right] \sum_{\substack{\text{tower} \\ \text{reboiler} \\ \text{condenser, etc}}} FCI \right\} + \text{utility costs (reboiler, condenser, pumps)}$$

Optimización paramétrica – Una variable

Optimización paramétrica: Estudio de caso 3

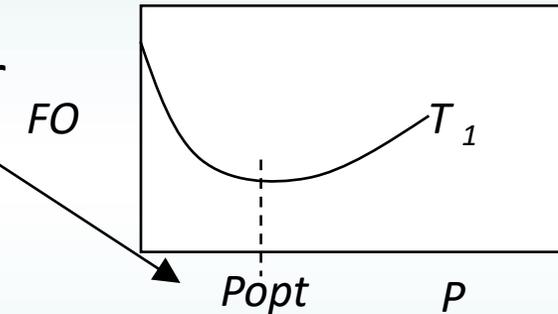


Optimización paramétrica – Multivariable

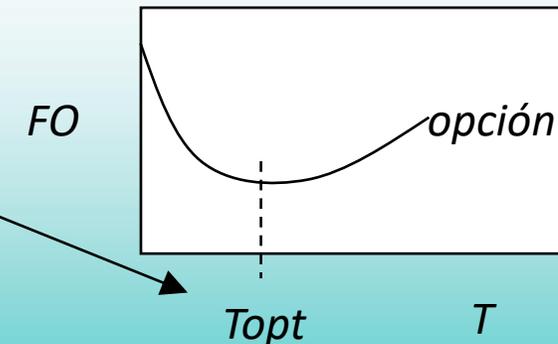
Al considerar problemas multivariables es tentador Cambie una variable a la vez y proceda paso a paso.

Por ejemplo: considere un OF y dos variables T y P

Primero mantenga T constante en T_1 y varíe P para obtener



Luego usando P_{opt} , variamos T para obtener



Sin embargo, T_{opt}, P_{opt} no es el óptimo "global"

Optimización paramétrica – Multivariable

Se debe buscar el óptimo global

