



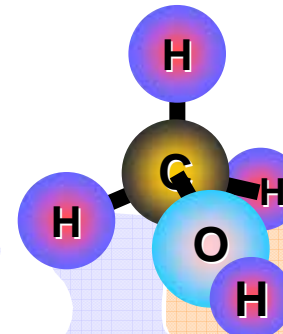
Análisis de Procesos Químicos

Bibliografía:

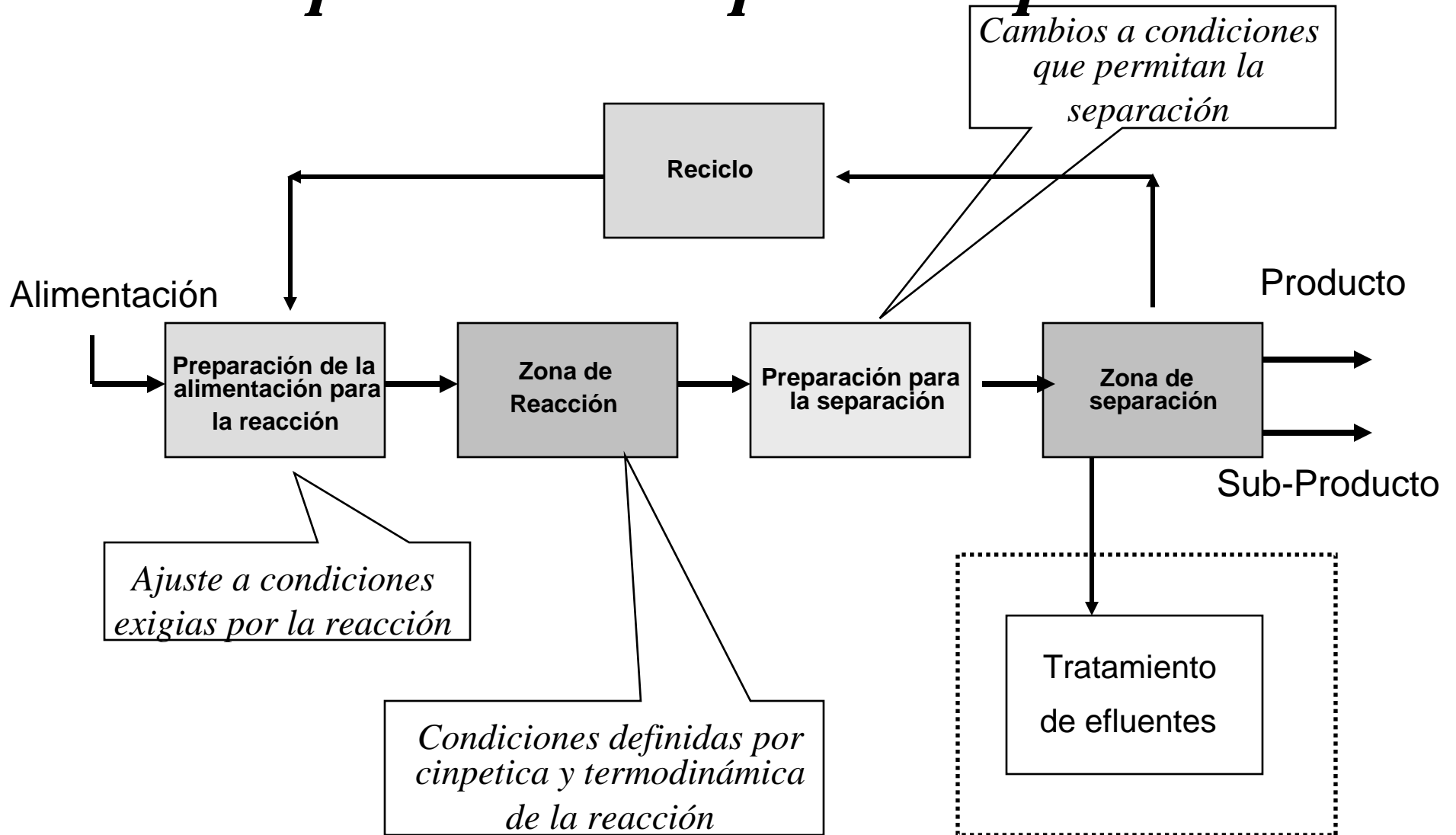
Turton Richard, Bailei Richard. “*Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*”. Prentice Hall International Series, 1998

Walas Stanley. “*Chemical Process Equipment*”. Butterworth-Heinemann, 1990

Landau Ralph, Cohan Alvis. “*La Planta Quimica*”. Compañía Editorial Continental 1970

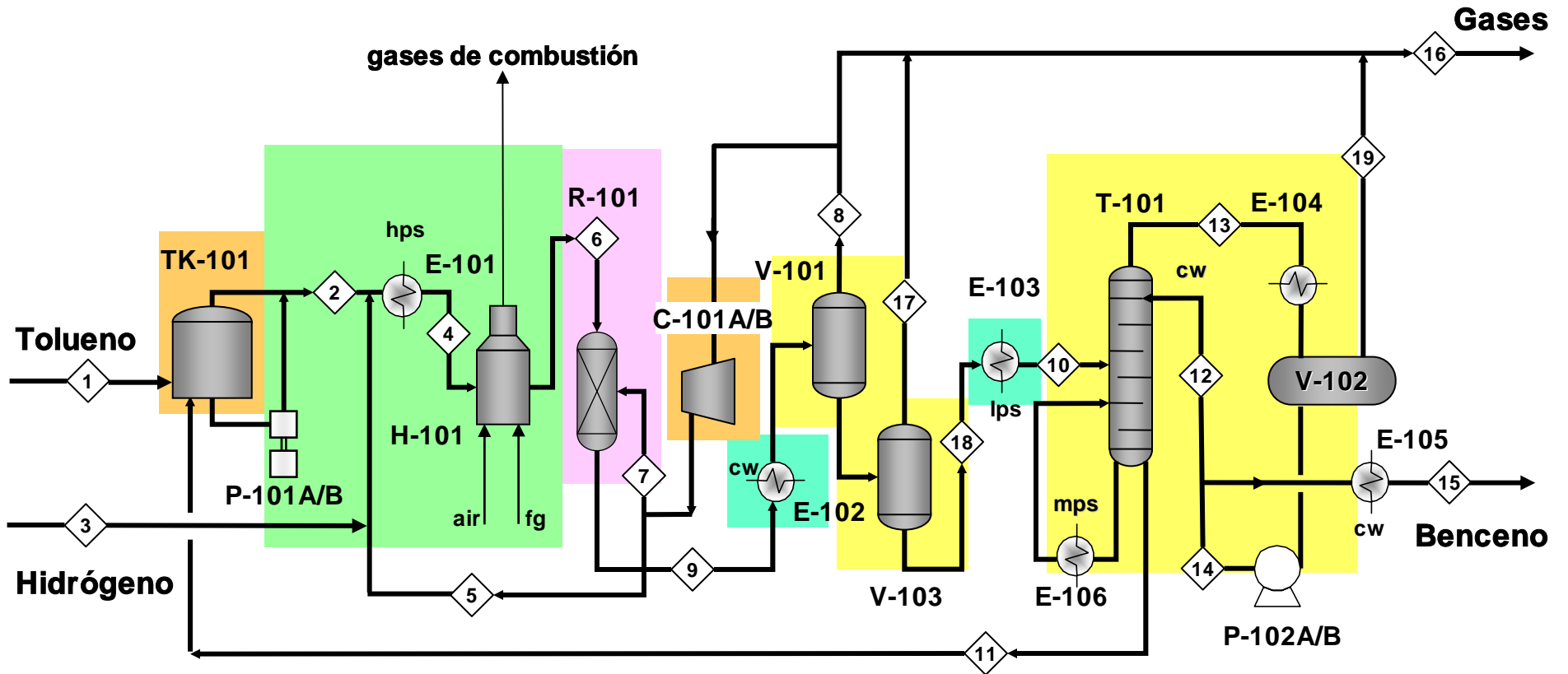


Componentes del proceso químico:



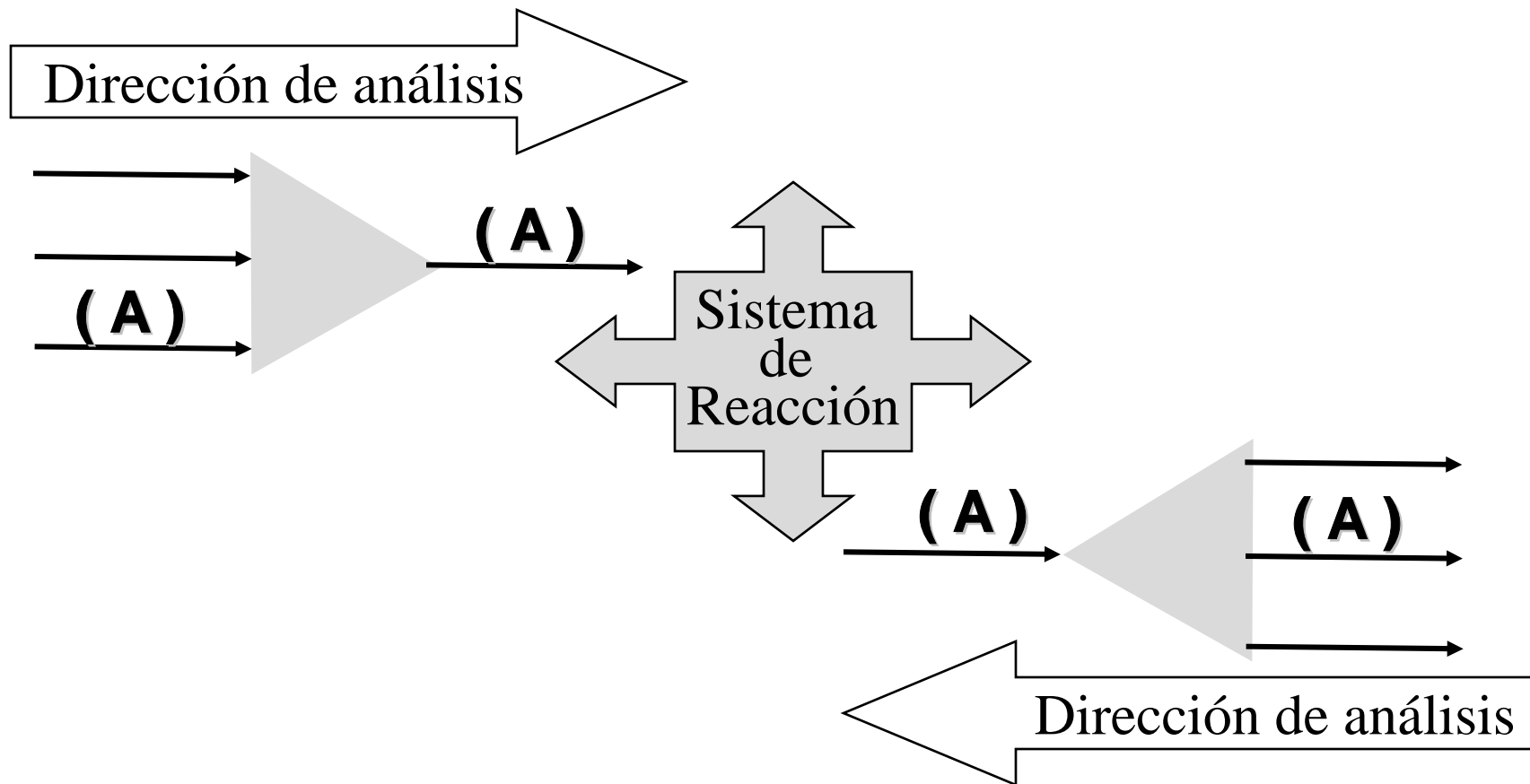
Secciones del sistema de proceso para la obtención de benceno a partir del tolueno.

TK-101	P-101A/B	E-101	H-101	R-101	C-101A/B	E-102	V-101	V-103	E-103	E-106	T-101	V-102	P-102A/B	E-105
Almacén Tolueno	Bomba Tolueno	Precalen Alim	Horno Alim	Reactor	Compresor Gas Reciclo	Enfriador Salida Reactor	Separador HP	Separador LP	Calentador Entrada Torre	Rehervidor Benceno	Torre de Benceno	Tambor Reflujo	Bomba Reflujo	Enfriador Producto



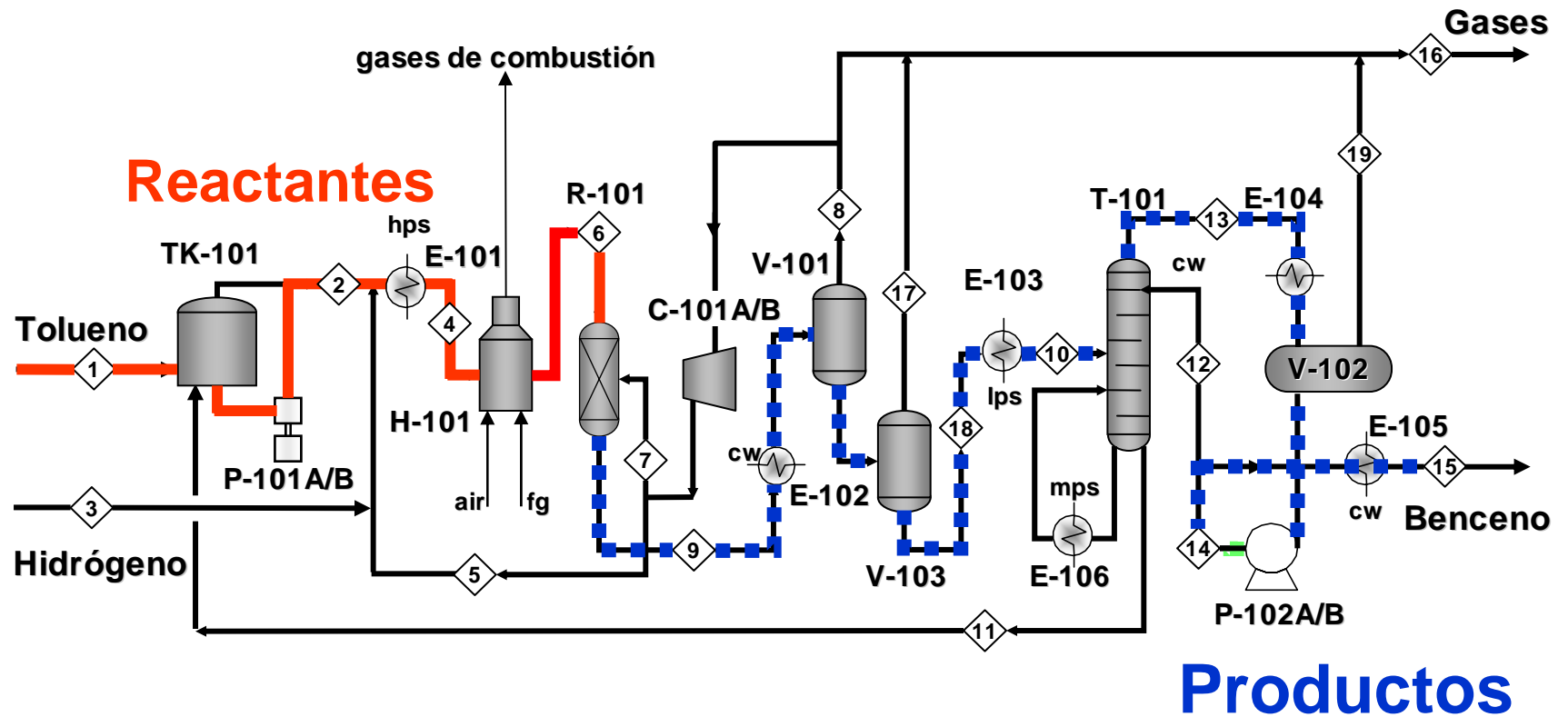
Seguimiento del camino de las especies

*Sólo en los reactores
se transforman las materias primas en productos.*





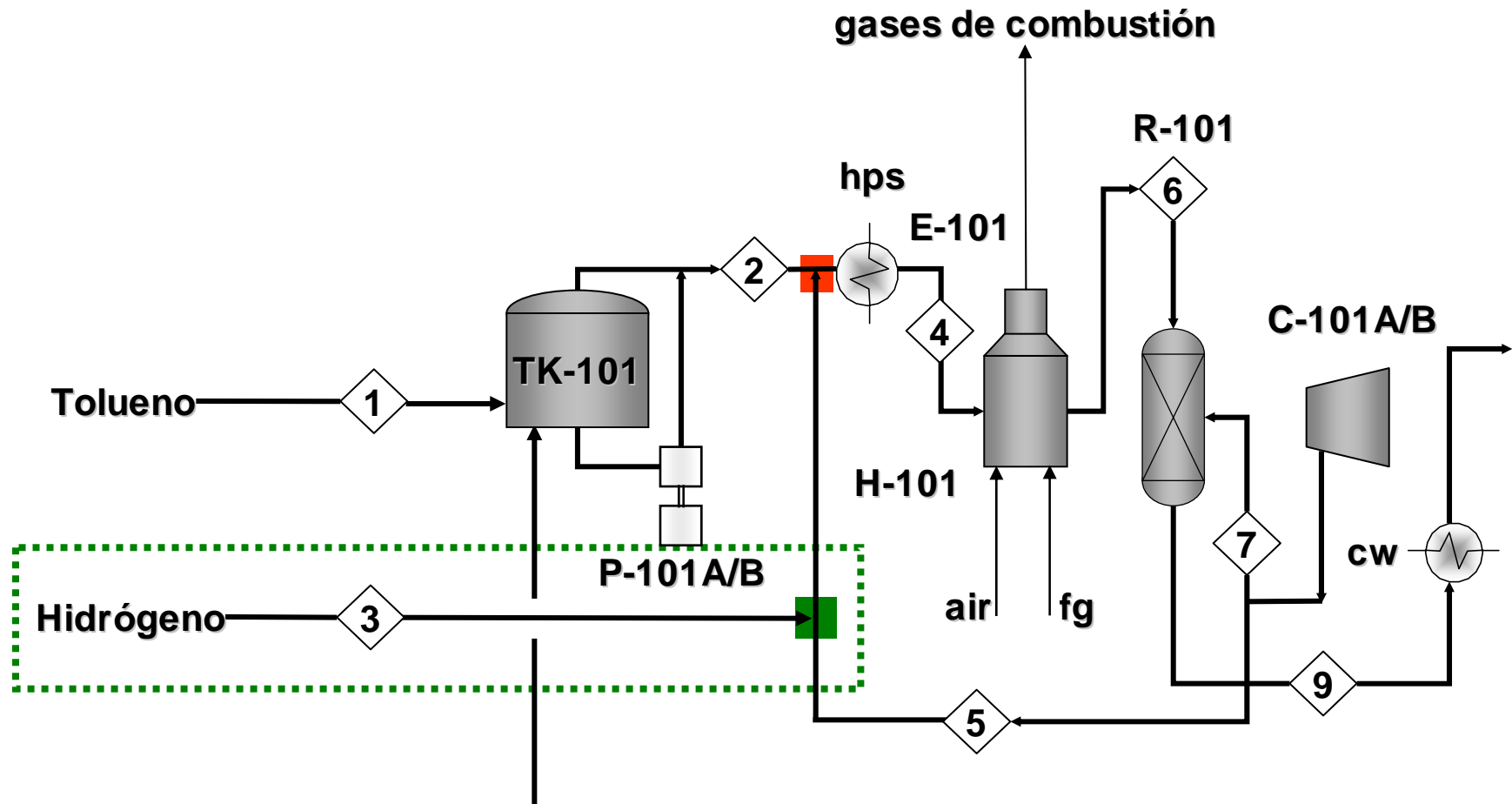
Seguimiento del camino de los químicos en el proceso de obtención del benceno por hidrodesalquilación del tolueno





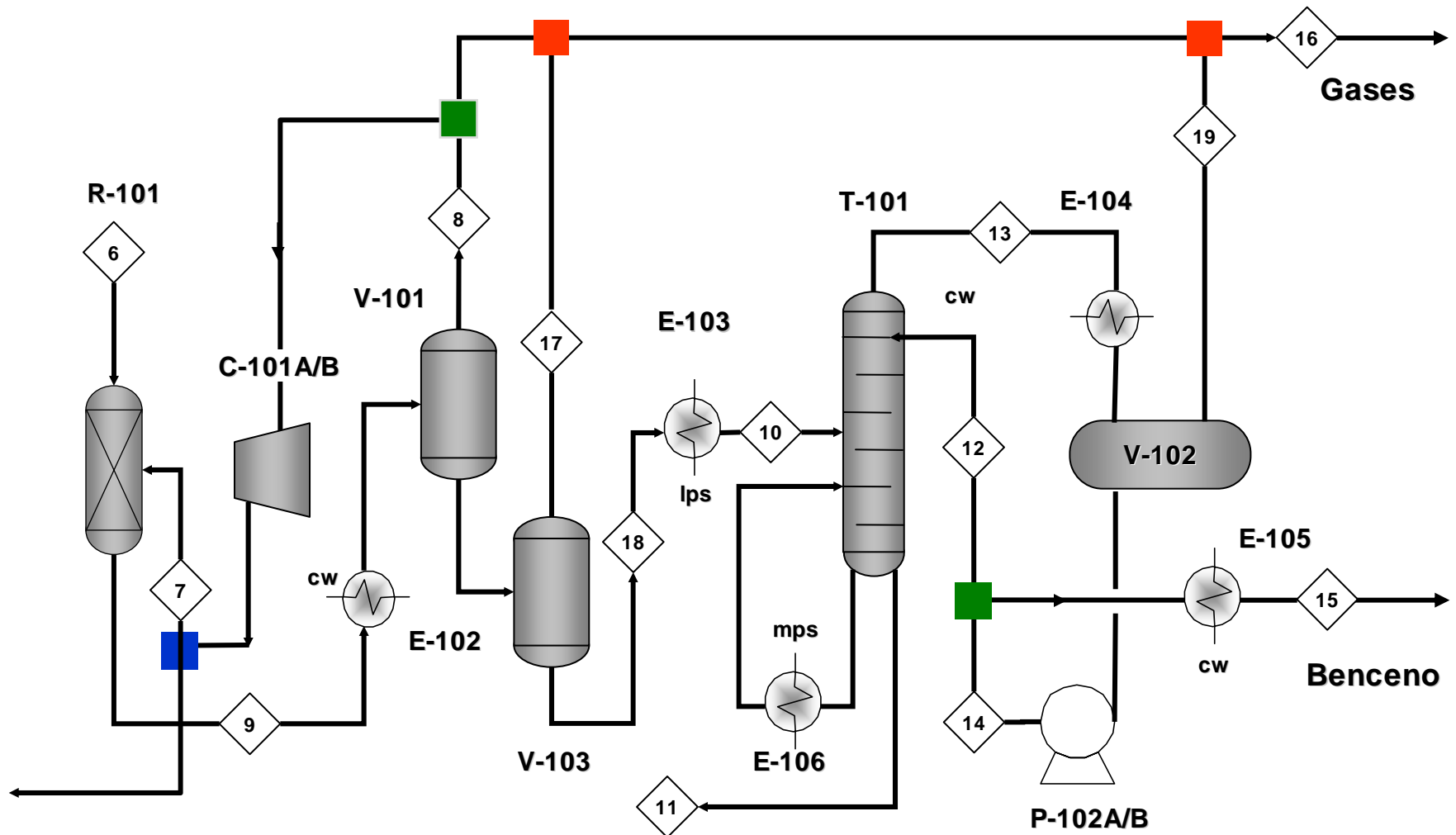
Identificación de puntos de mezcla y derivación.

Reciclo y preparación para la reacción.



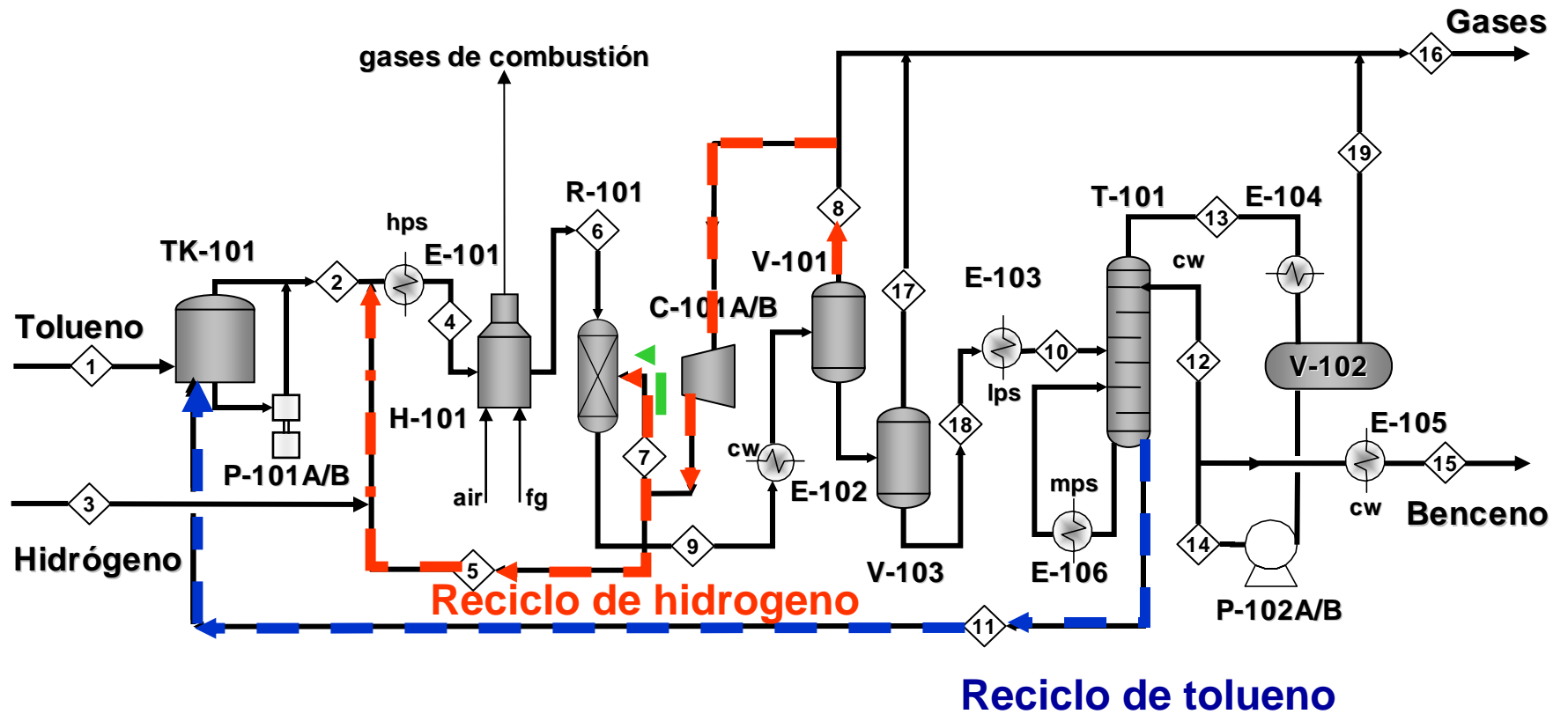


Identificación de puntos de mezcla y derivación en el Sistema de Separación



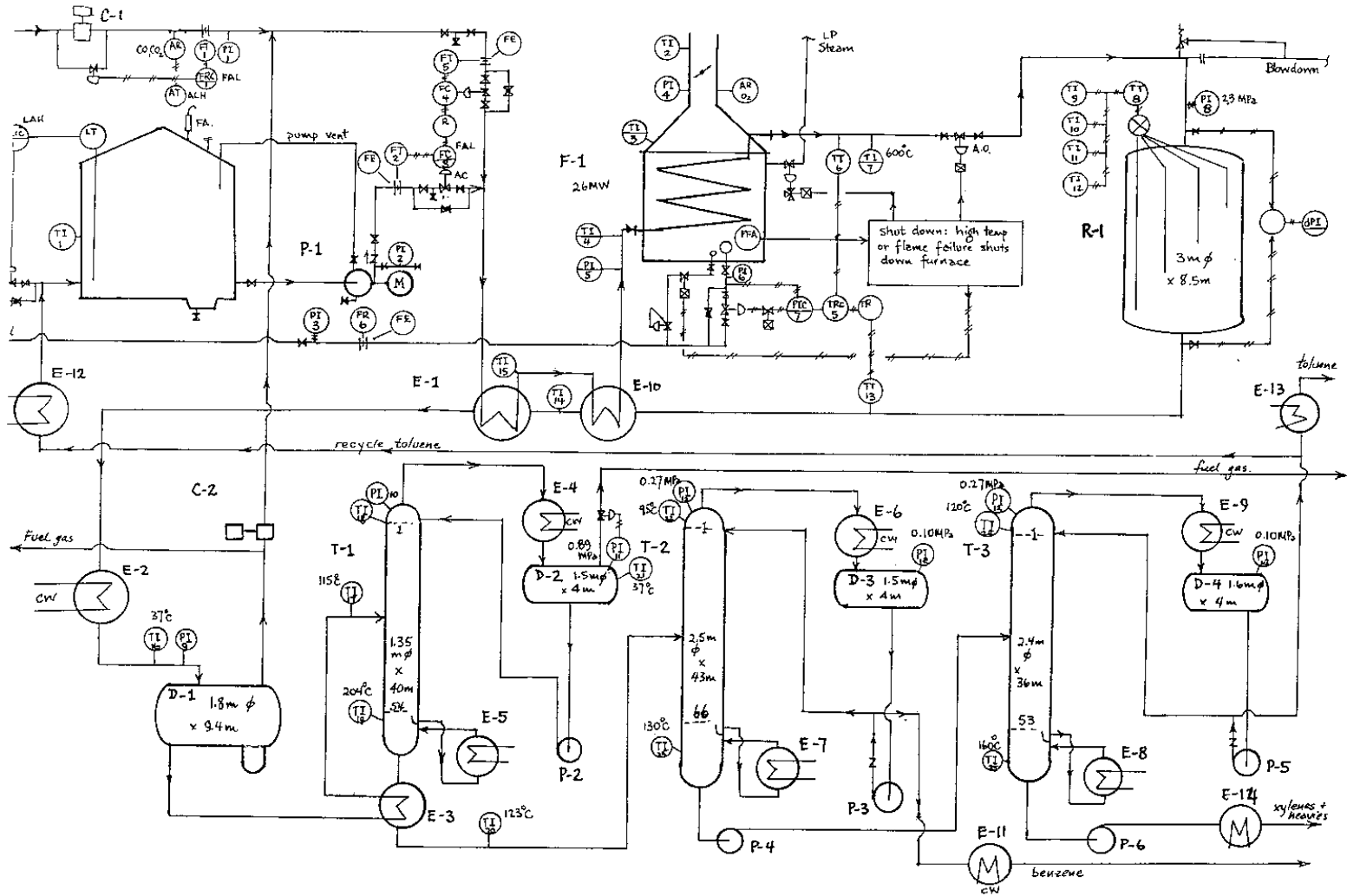


Identificación de reciclos y bypass



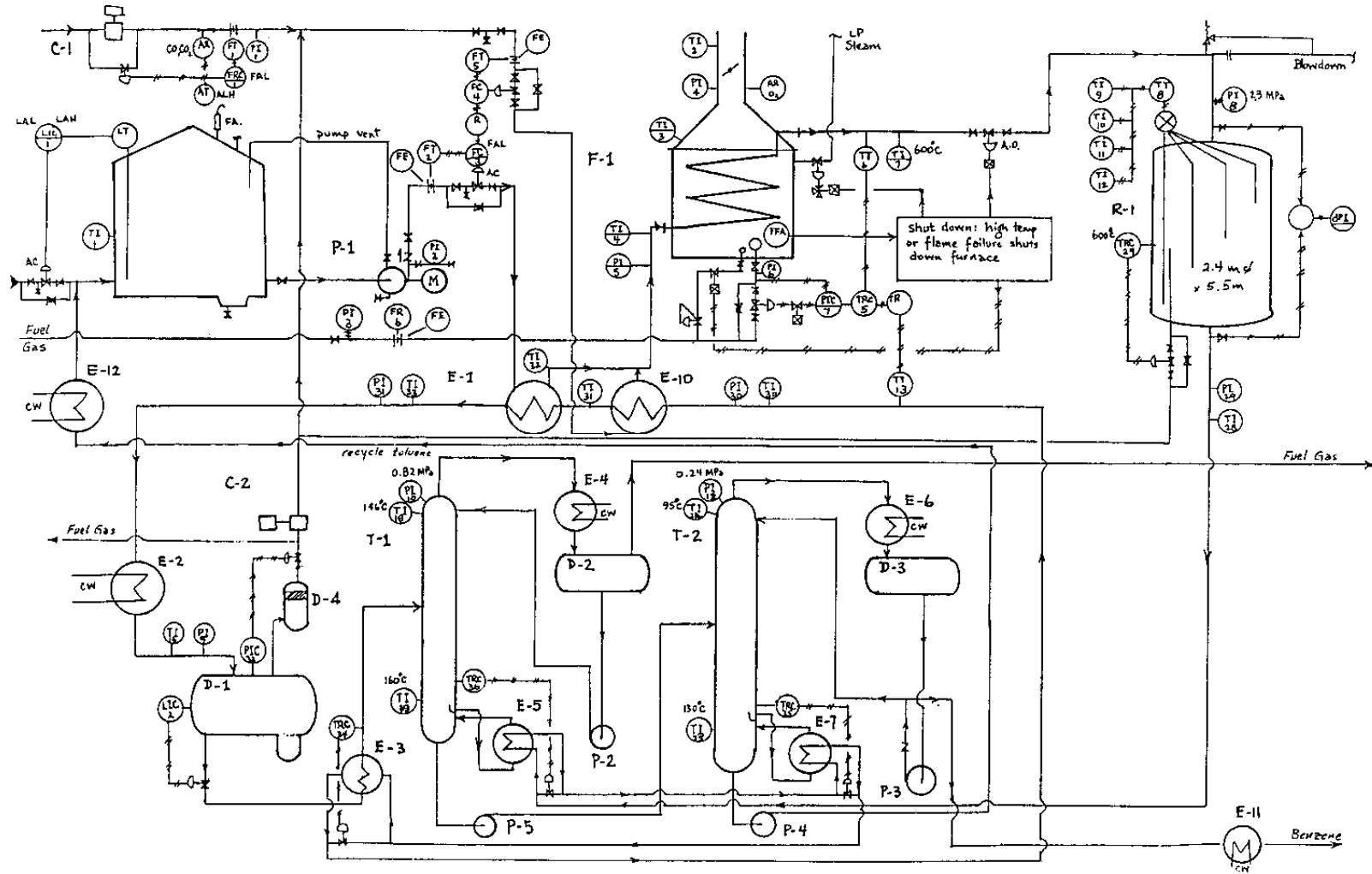


Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno



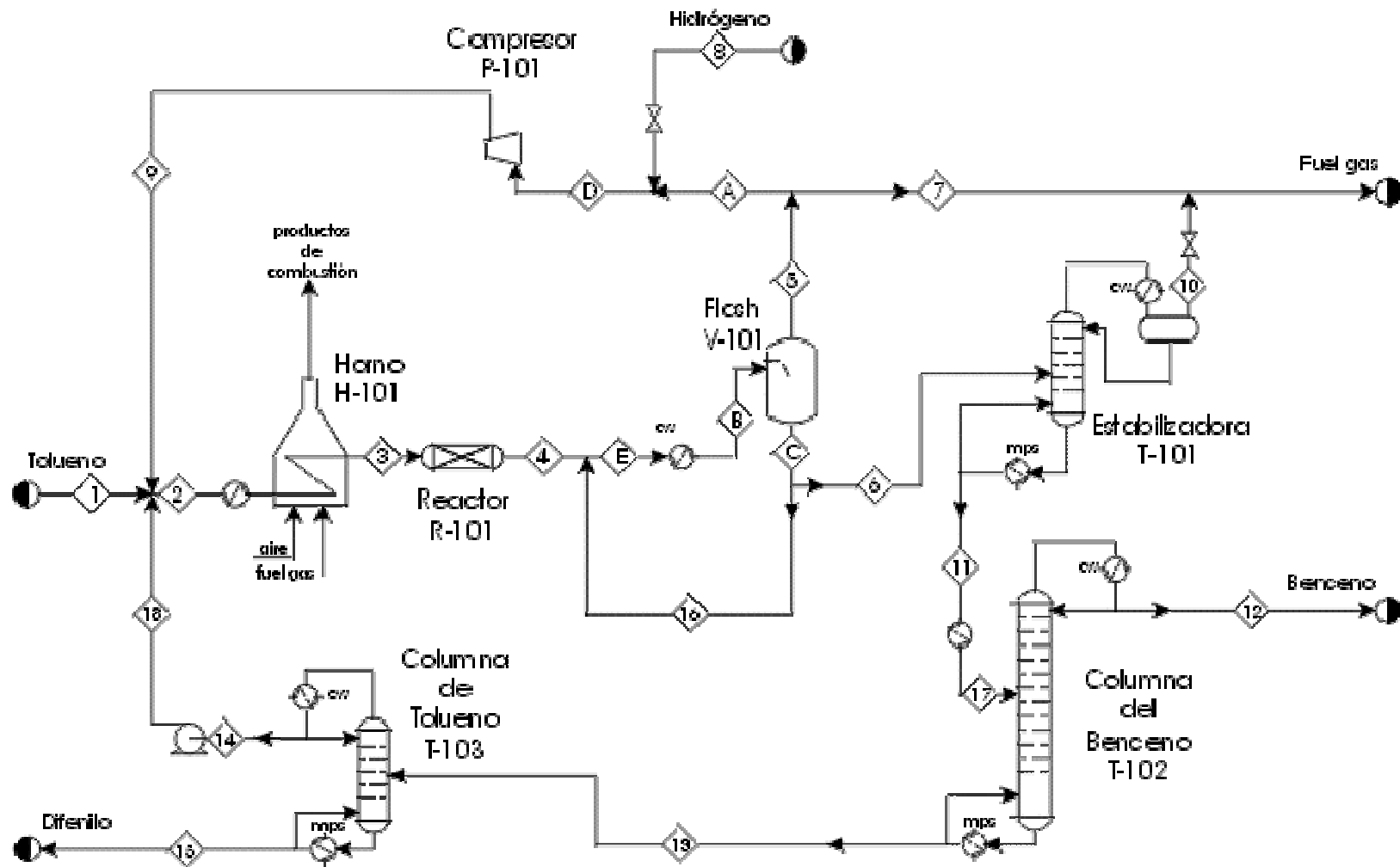


Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno.



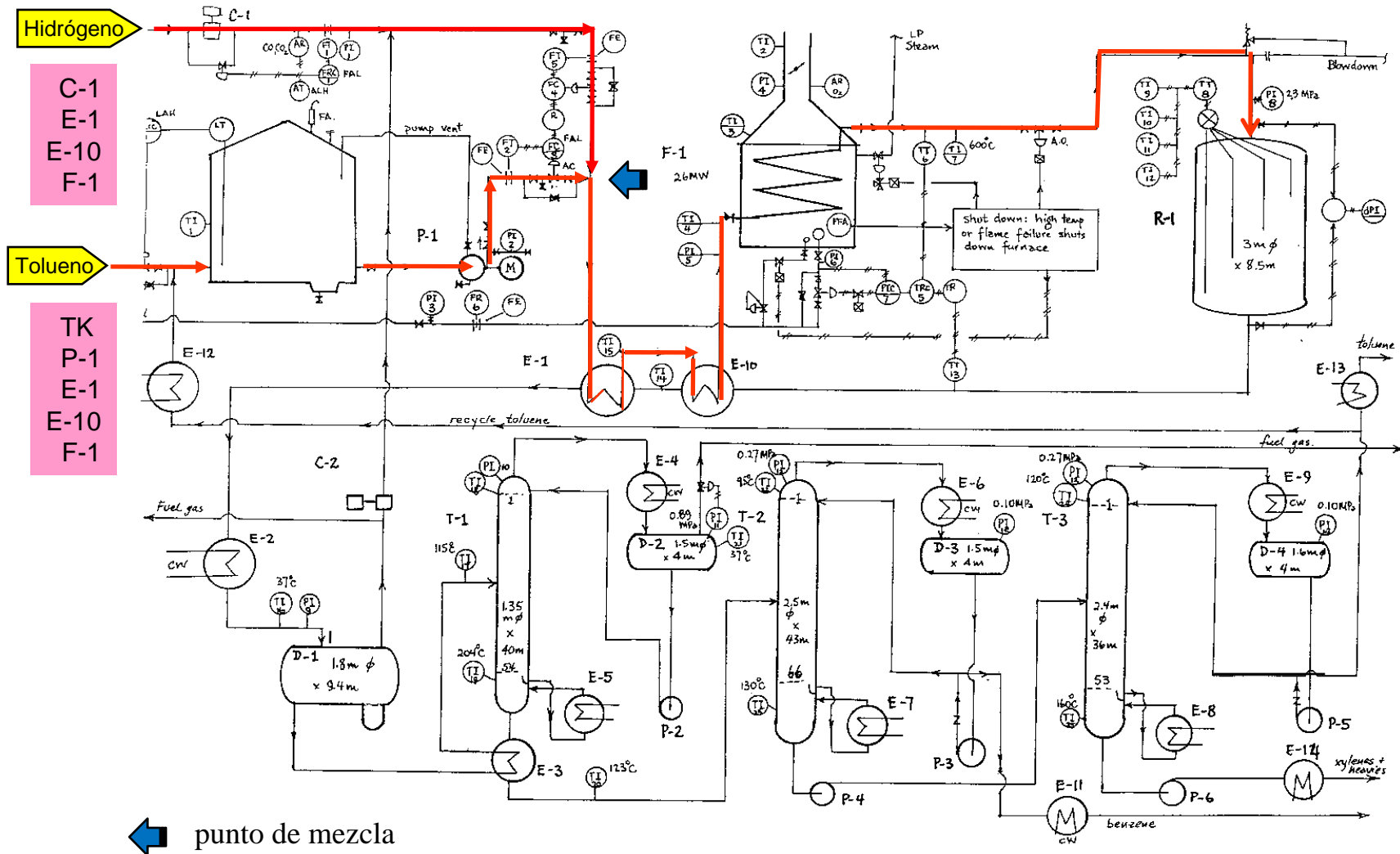


PFD hidrodésalquilación del tolueno



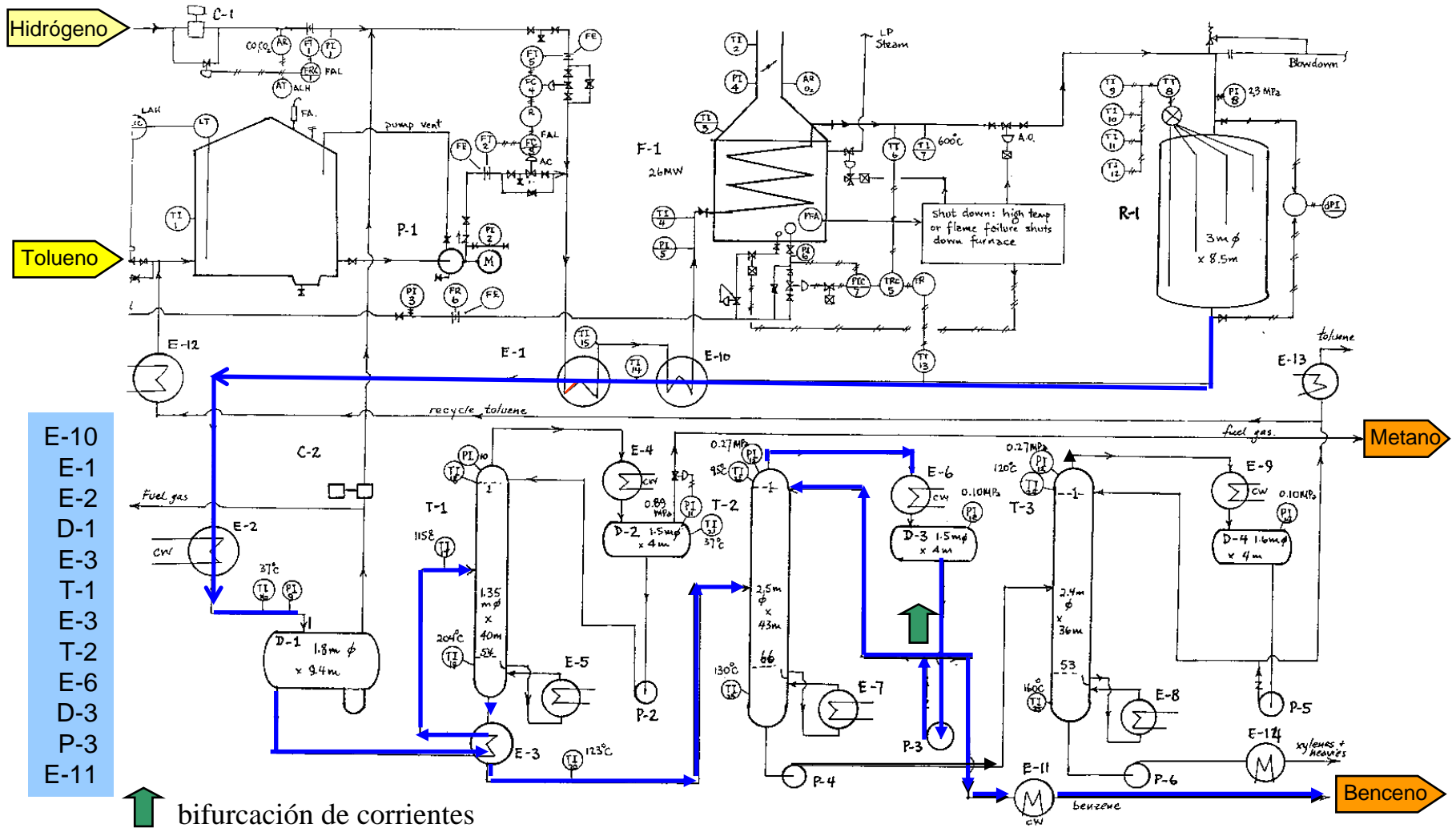


Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno. *Camino de reactivos*





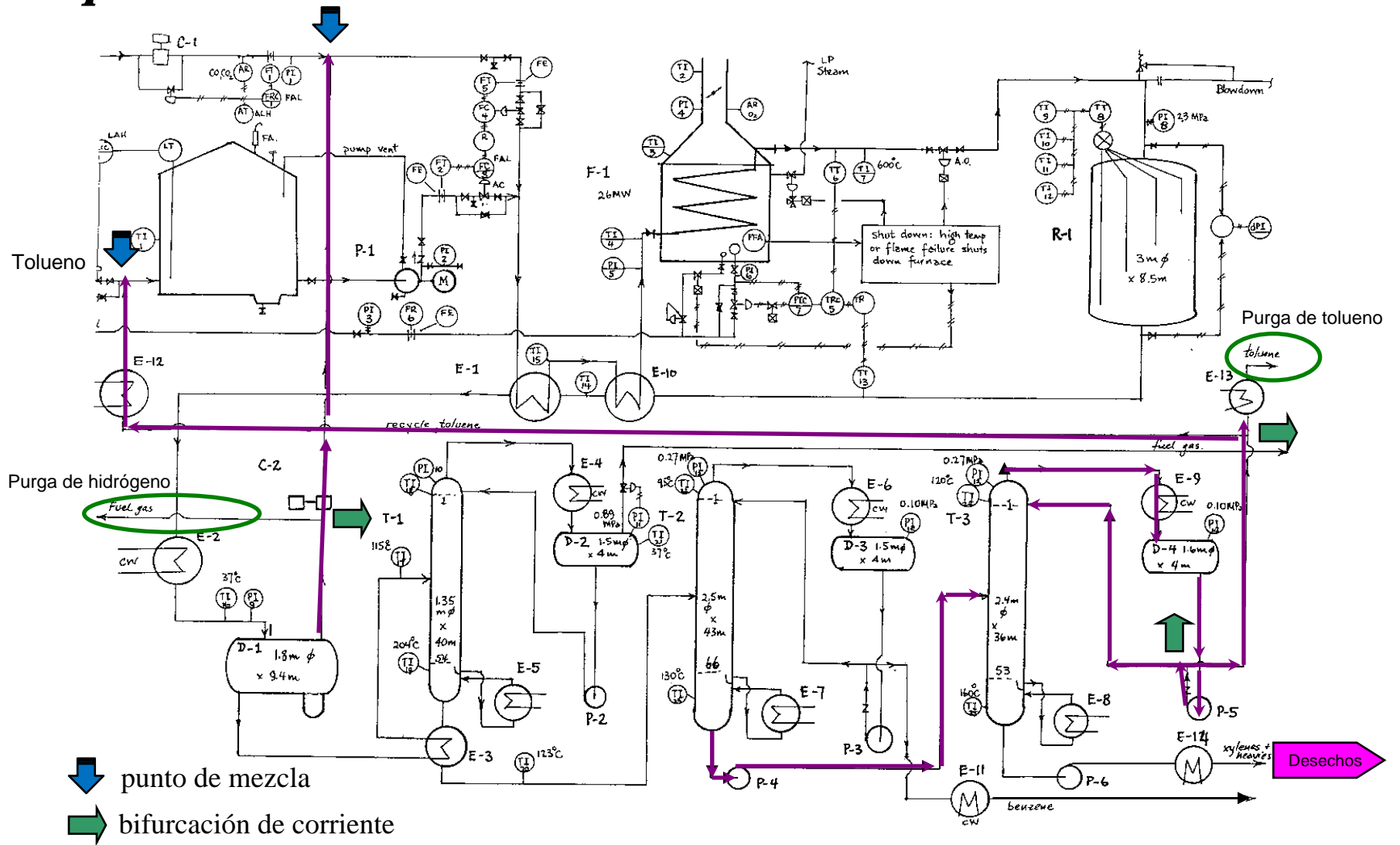
Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno. Camino de productos



↑ bifurcación de corrientes

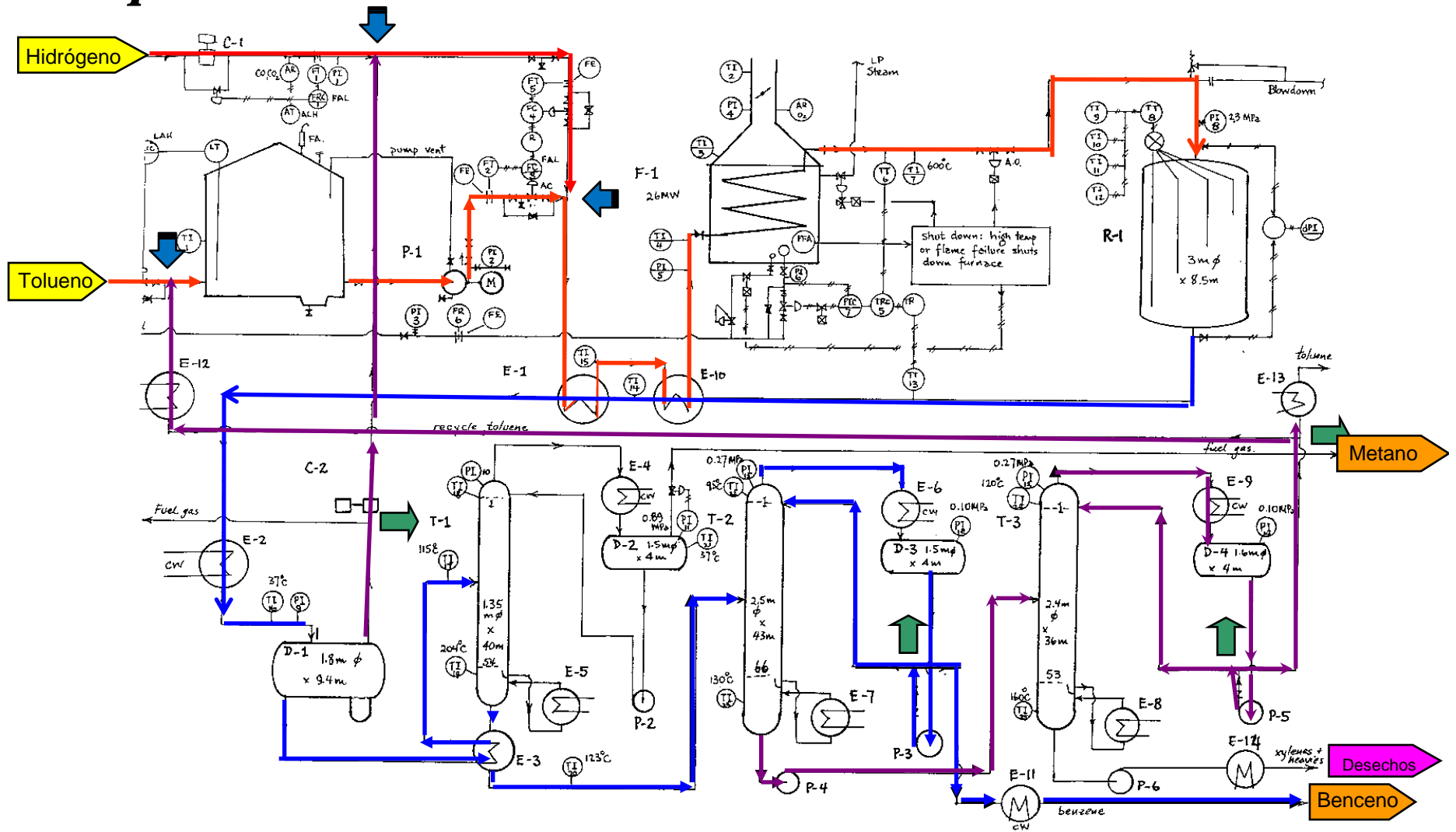


Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno. Lazos de reciclo



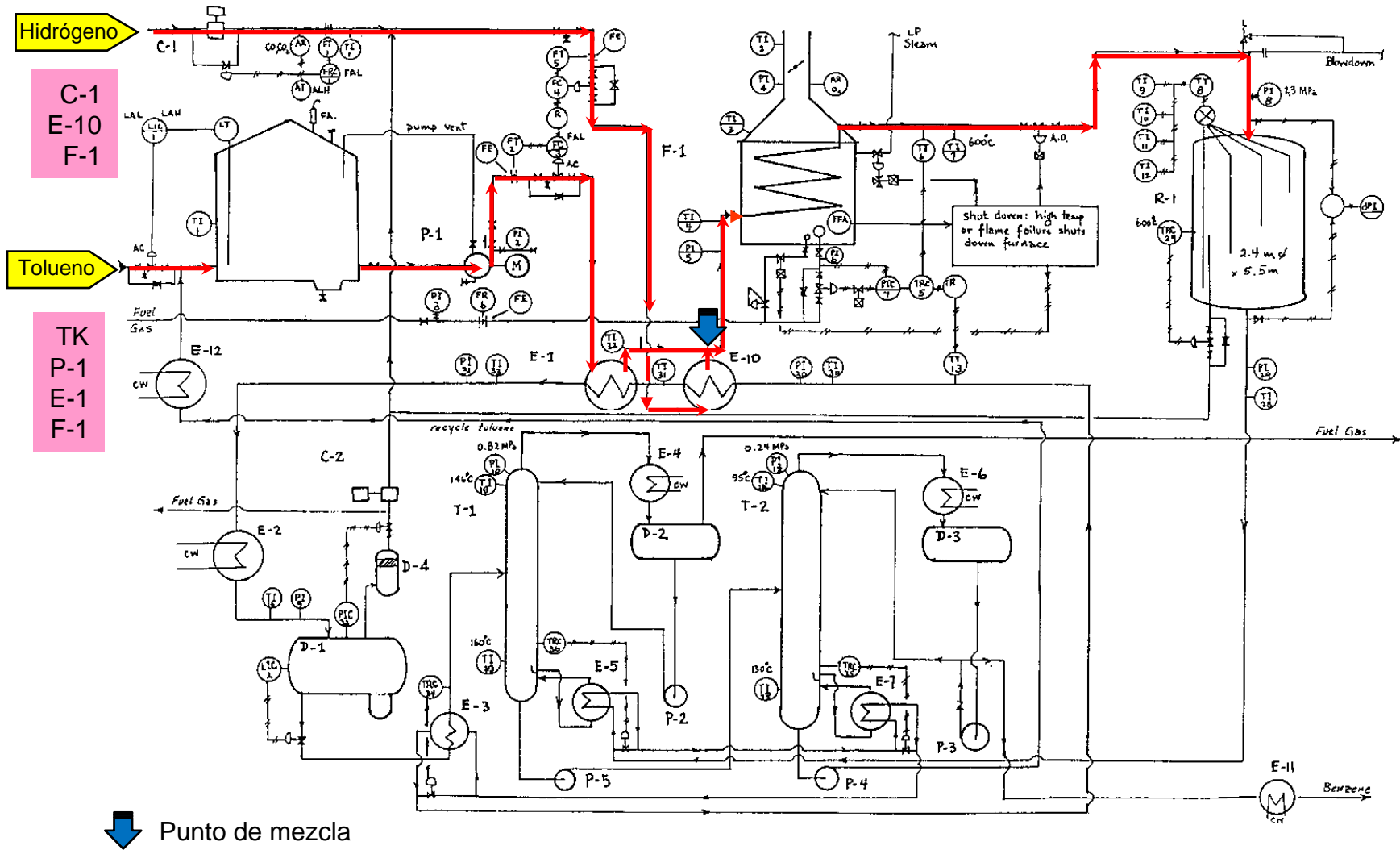


Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno



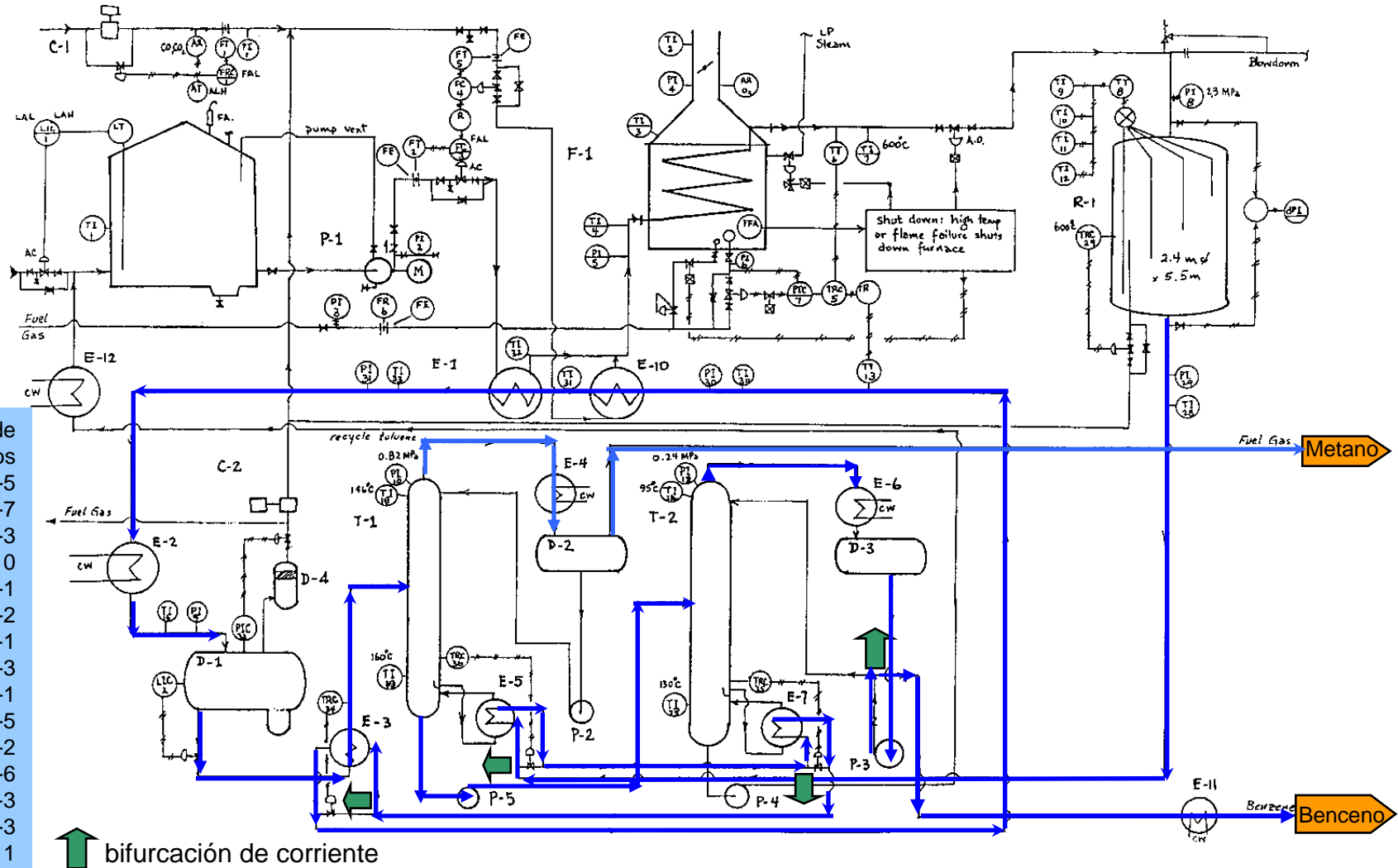


Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno. *Camino de los reactivos*





Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno. Camino de productos



- Camino de productos
- E-5
 - E-7
 - E-3
 - E-10
 - E-1
 - E-2
 - D-1
 - E-3
 - T-1
 - P-5
 - T-2
 - E-6
 - D-3
 - P-3
 - E-11

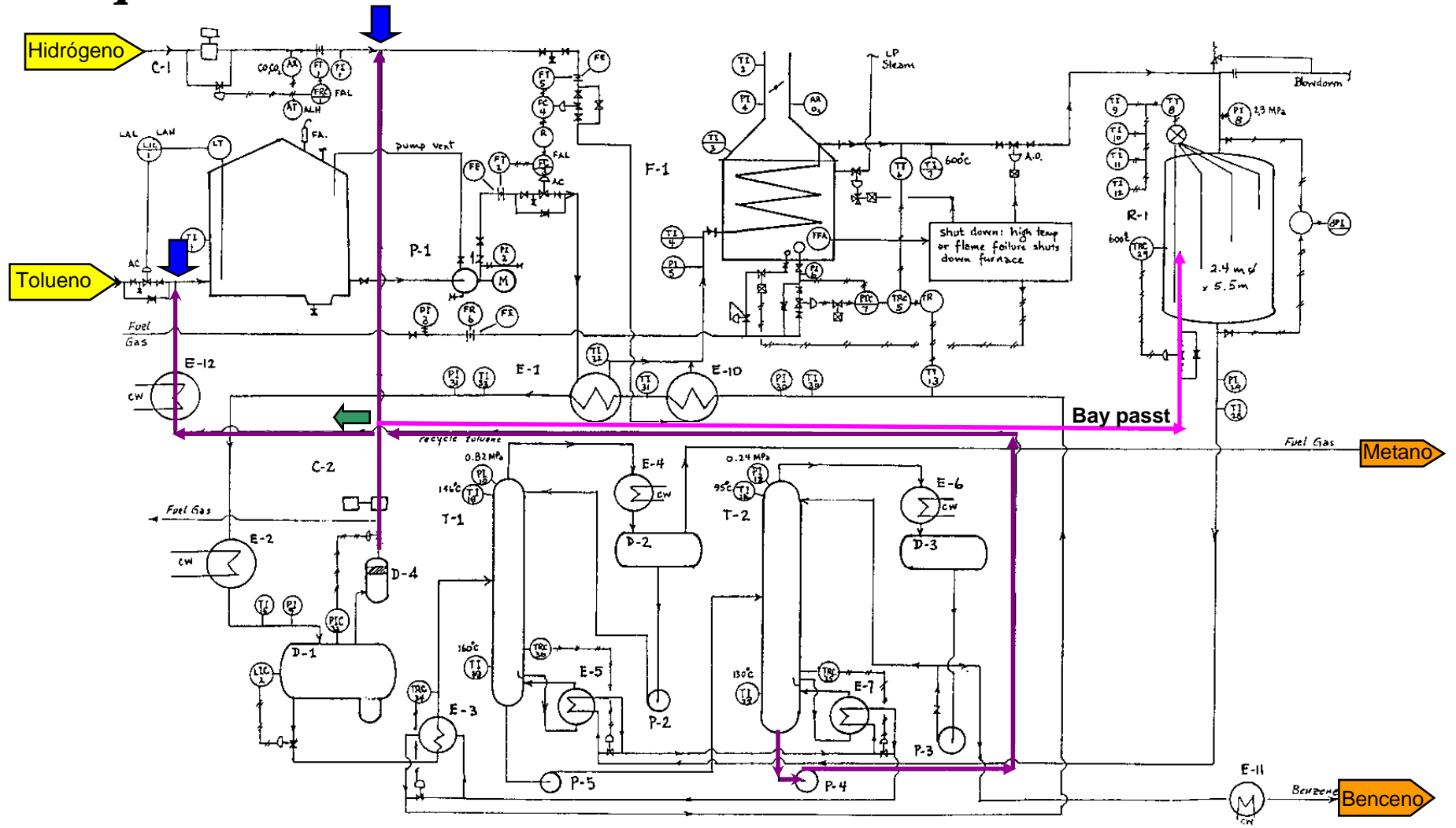
↑ bifurcación de corriente

Fuel Gas → Metano

Benzene → Benceno



Hidrodessalquilación del tolueno para producción de benceno. Lazos de reciclaje



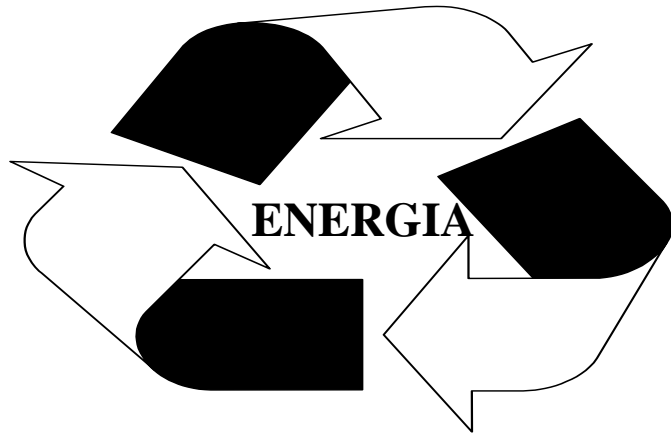
Algunas relaciones importantes de recordar para el Ingeniero de Procesos.

Categoría	desde	Unidades	hasta	Unidades
Masa	1	kg	2,2	lbm
	1	TM	1000	kg
Presión	1	atm	1	bar
	1	atm	101	kPa
	1	atm	10	m H ₂ O
	1	atm	14,7	psi
	1	atm	760	mmHg
Temperatura	0	K	-273	°C
	0	°R	-460	°F
	1	ΔR	1,8	ΔK
	1	ΔK o ΔR	1	ΔC o ΔF
Volumen	1	bbbl	42	US gal
	1	M ³	6,3	bbbl
	1	M ³	35	pie ³
Capacidad Calorífica	1	Btu/lbm °F	1	cal/g °C
Energía	1	Btu	1055	joules



Correspondencias energéticas en sistemas de procesos.

Es comúnmente aceptado que por cada lb de vapor generado se requiere un consumo energético de 1000 Btu, esto está basado en que el calor de vaporización de agua es de aproximadamente 1000 Btu por libra



Esto	Equivale a...
1 lb de vapor generado	1000 Btu (Δh_{vap})
1 lb fuel oil	20.000 Btu (Δh_{comb})
1 lb carbón	10.000 Btu (Δh_{comb})
1 ft ³ gas natural	900 Btu (Δh_{comb})
1 ft ³ gas de refinería	750 Btu (Δh_{comb})
1 bbl fuel oil	6 MM Btu

■■■■ *Ordenes de magnitud*

Categoría	Orden de Magnitud
Densidad	62,4 lbn/pie ³ agua
	1 000 kg / m ³ agua
	1 gr / cm ³ agua
Viscosidad del agua	1 cpoise cond. normales
Viscosidad hidrocarburos	de diez - miles cpoise
Viscosidad de gases	Menor a 0,1 cpoise



Algunas eficiencias relacionadas con aprovechamiento energético.

Equipo	% Eficiencia Típico
Motor Eléctrico	90
Turbina de Vapor	35
Compresor Politropico	77
Bomba Centrífuga	80-
Hornos	
Sección de Radiación	60
Calor Total Transferido	88

Para una Turbina de Vapor, una eficiencia del 35% significa que si se utiliza 1 lb de vapor solo el 35% será energía aprovechable, lo que se traduce que de los 1000Btu necesarios para generar la libra de vapor solo se recuperan 350 Btu



Algunas propiedades importantes al tratar con hidrocarburos.

En refinación y petroquímica son de utilidad el uso de aproximaciones como las listas en la tabla siguiente:

	Gas de refinería	Propano	Butano	Nafta	Diesel	Gasoil
Peso molecular	11	44,1	58,1	114	230	350
Punto de Ebullición @ 1 atm (°F)		- 43,75	31,08	243,9	550	800
Gravedad específica @ 60°F		0,507	0,584	0,7243	0,825	0,922
Presión de Vapor @ 100°F (psia)		188,6	51,7	0,798	--	--
C _p _{vap} @ 60°F y 1 atm (Btu/lb °F)	1,5	0,3885	0,3950	0,3678	0,35	0,33
C _p _{liq} @ 60°F (Btu/lb °F)		0,6200	0,5701	0,4997	0,45	0,40
ΔH _{vap} (Btu/lb)		183	166	125	95	75
ΔH _{comb} @ 77°F (Btu/lb)	750*	19,918	19,657	19,093	19,000	18,900

* Btu/scf

■■■■ *Tomando decisiones rápidas y oportunas.*

Ejemplo:

En un proceso se desea calentar 8.000 bpd de diesel que se encuentra a 60°F. Para ello se dispone de 5.000 lb/h de vapor saturado a 300°F; también se cuenta con un intercambiador de 1.200 ft² de área.

Se desea saber cuanto puede calentarse el diesel y si el intercambiador disponible es adecuado para garantizar este servicio.





- Hipótesis: No hay pérdidas de calor.
- Una rápida respuesta a este planteamiento pasa por las siguientes etapas:
 - Verificar cuál es la disponibilidad energética, y a partir de ella establecer la temperatura máxima a la que puede calentarse el diesel.
 - Chequear si el área del intercambiador puede garantizar este servicio.





Del balance de energía...

$$\begin{aligned}\text{Energía disponible} &= 5.000 \text{ lb/h (1.000 Btu/lb)} \\ &= 5 \cdot 10^6 \text{ Btu/h.}\end{aligned}$$

Esta es la energía que podremos utilizar para calentar el diesel, así que la temperatura que este puede alcanzar es:

- Del flujo de diesel:

$$8.000 \text{ bpd} \frac{350,5 \text{ lb agua}}{1 \text{ bbl}} \frac{0,825 \text{ lb diesel}}{\text{lb agua}} \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} = 96.000 \text{ lb diesel / h}$$

Para este flujo de diesel, la temperatura máxima que puede lograrse es:

Dado que el diesel está en fase líquida (Pto Ebullición normal = 550°F)

$$C_{p \text{ Diesel}} = 0,45 \text{ Btu / lb } ^\circ\text{F}$$

$$q = mC_p\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Btu / h}}{96.000 \text{ lb/h} \cdot 0,45 \text{ Btu / lb } ^\circ\text{F}} = 116^\circ\text{F} \Rightarrow T_{\text{final}} = 60 + 116 = 176^\circ\text{F}$$





Podemos ahora abordar la verificación del diseño (área) del intercambiador...

$$Q = U A \Delta T_{\log} \text{ con } \Delta T_{\log} = \frac{(300-60)-(300-176)}{\ln \frac{240}{124}} \cong 176^{\circ}F$$

$$A = \frac{Q}{U \Delta T_{\log}} \cong \frac{5000000 \text{ Btu/h}}{(30 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^{\circ}F)(176^{\circ}F)} \cong 950 \text{ ft}^2$$

Área requerida < Área disponible



El equipo puede suplir el servicio

