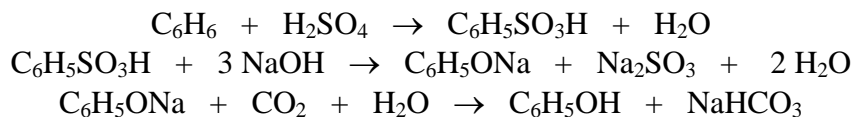


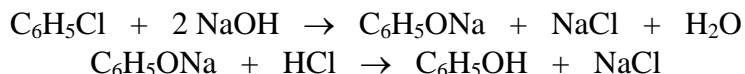
## ASIGNACIÓN ESPECIAL SÍNTESIS DE PROCESO QUÍMICO

1. Tal como se discutió en clase, la producción de fenol puede lograrse utilizando diversas rutas de reacciones como base. A continuación se describen cinco (5) de ellas, que pueden producir fenol a partir de diferentes materias primas

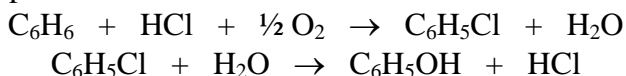
- Proceso de sulfonación: El benceno reacciona con ácido sulfúrico para formar ácido benceno-sulfónico, el que por posterior reacción con hidróxido de sodio fundido (temperaturas por encima de los 300°C) se convierte en óxido fenólico de sodio. La masa fundida se trata con agua para separar por filtración el sulfito de sodio, mientras que el óxido fenólico se convierte en fenol al colocarlo en medio ácido.



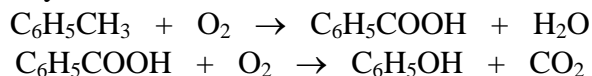
- Proceso de clorobenceno: En una solución de hidróxido de sodio a 500 psi y 350°C el clorobenceno se convierte en óxido fenólico de sodio y posteriormente el óxido se acidifica para formar el fenol.



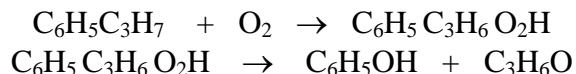
- Proceso catalítico: En fase vapor y a 200°C el benceno reacciona catalíticamente con ácido clorhídrico para producir clorobenceno, el cual se convierte posteriormente en fenol mediante reacción en fase de vapor a 500°C sobre un catalizador de Cu/Cu-Fe.



- Proceso de oxidación del tolueno: Utilizando sales de cobalto como catalizador, el tolueno se oxida parcialmente a ácido benzoico, que en presencia de catalizadores de sales de Cu y Mg se oxida para producir fenol y dióxido de carbono.



- Proceso del cumeno: Comienza con la oxidación en fase de vapor del cumeno para producir hidroperóxido de cumeno, el que seguido de una reacción de acidificación permite la formación del fenol y acetona.



Con base en esta información, responda a cada uno de los siguientes planteamientos:

- a) Aplique los distintos criterios discutidos en clase para la selección del camino de la reacción y comente la pertinencia de cada uno de ellos como herramienta para la selección de un camino de reacción para este caso.
- b) Suponiendo que sólo existe mercado para el fenol, aplique el criterio de “economía del proceso” y jerarquice los distintos procesos propuestos para la producción de fenol. Consulte para ello fuentes de precio de sustancias químicas en Chemical Marketing Reporter incluidas al final de este enunciado u otra fuente confiable.

- c) Considerando que algún subproducto pudiese tener mercado potencial indique cómo se modificaría la respuesta dada en el punto anterior.
- d) Para la ruta más promisoría según el criterio de “economía del proceso”, realice la asignación de especies con el balance de masa y diagrama de bloque correspondiente; luego discuta sobre las necesidades de separación y realice la síntesis de los proceso de separación para finalmente proponer el diagrama de flujo para este proceso.
- e) Repita el procedimiento anterior para la siguiente alternativa más promisoría y compare los diagramas de flujo resultantes de cada caso.

Tabla 2.3 Precios de productos químicos.			
Especie \ Año	1986	1996	1999
Acetaldehído	37	46	46
Acetona	25	39	40
Acetato de butilo	52	54	62
Acetato de etilo	41	57	60
Acetato de vinilo	39	44	45
Ácido acético	25	36	38
Ácido acrílico	67	87	87
Ácido adípico	57	70	70
Ácido clorhídrico	65	265	265
Ácido tereftálico	n.d.	37	29
Acrilamida	74	80	80
Acrilonitrilo	40	53	53
Anhídrido acético	43	48	50
Anhídrido maleico	55	51	53
Anilina	40	49	49
Benceno	10	12	9
Butadieno	26	19	13
Butanol	34	50	50
i-Butanol	29	50	50
Ciclohexano	14	17	15
Ciclohexanol	52	83	83
Ciclohexanona	56	73	73
Cloruro de etilo	26	33	33
Cloruro de vinilo	28	21	14
Cumeno	15	19	15
Dicloroetano	n.d.	n.d.	17
Estireno	21	34	22
Etanol	15	38	22
Etilbenceno	22	25	25
Etilenglicol	31	28	19
Etileno	18	24	21
Fenol	25	35	39
Hexano	17	15	15
Hidróxido de sodio	95	113	170
Isopropanol	20	32	34
Metanol	7	7	4
Metil etil cetona	24	46	46
Metil isobutil cetona	35	63	63
Óxido de etileno	35	52	48
Óxido de propileno	48	64	64
p-Xileno	20	35	14
Propanol	42	52	55
Propileno	17	21	12
Tereftalato de dimetilo	65	76	77
Tolueno	18	10	9
Tricloroetano	41	70	100
Xilenos	16	9	10

Nota: Precios dados en ¢/lb (¢ = centavos de dólar).

Fuente: *Chemical Marketing Reporter*, valores correspondientes a mediados de cada año.

2. El fenol también puede obtenerse a partir las siguientes tres reacciones:

- $C_6H_6 + Cl_2 \rightarrow C_6H_5Cl + HCl$   
Reacción que tiene lugar a  $60^\circ C$  y 3 atm, con 90% de conversión.
- $C_6H_5Cl + NaOH + 2 H_2O \rightarrow C_6H_5ONa + NaCl + 2 H_2O$   
Reacción que ocurre a  $360^\circ C$  y 400 atm, con 90% de conversión.
- $C_6H_5ONa + HCl + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + NaCl + H_2O$   
Reacción que ocurre a  $25^\circ C$  y 1 atm con un 100% de conversión.

Adicionalmente se debe tener en cuenta la siguiente información relevante:

- Sólo se permite benceno y cloro en la alimentación a la primera reacción.
- Sólo se permite clorobenceno, hidróxido de sodio y agua en la alimentación a la segunda reacción.
- Se permite  $C_6H_5ONa$ ,  $HCl$ ,  $H_2O$ ,  $NaCl$ ,  $C_6H_5Cl$  y  $NaOH$  en la alimentación a la tercera reacción.

Con base en la información suministrada, proponga tres (3) alternativas de distribución de especies para el proceso de obtención de fenol basado en estas tres reacciones y compare las dificultades de separación de los componentes.