

The background of the slide features the official seal of the University of Seville. It is a circular emblem with a central shield divided into four quadrants of red and yellow. Above the shield is a crown with three golden flowers. A white swan is positioned at the top, with its neck curved over the shield. The shield is surrounded by a circular border containing the Latin motto 'ANNO DOMINI MDCCLXXXIII' at the bottom and 'UNIVERSITAS COMPLUTENSIS' at the top. Inside the shield, there is a smaller circular emblem with a sunburst and the text 'LIBERTAS' and 'PERFVNDET'.

TEMA 3.4

**El ácido sulfúrico.
Aprovechamiento
de los sulfuros
metálicos**

**INGENIERÍA DE PROCESOS
CURSO 14/15**



TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

CONTENIDO

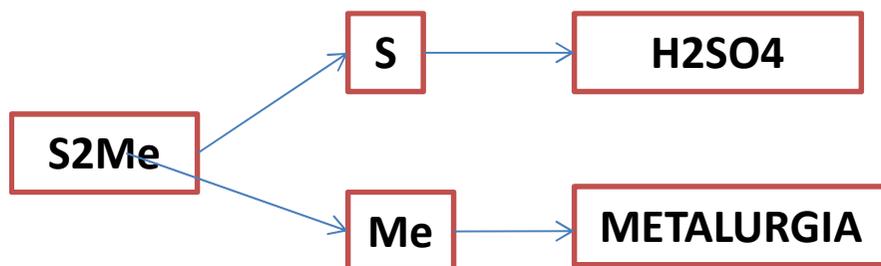
1. Materias primas: aprovechamiento integral de la pirita.
2. Proceso de tostación de piritas: Teoría y Hornos.
3. Aprovechamiento de los gases de tostación.
4. Fabricación de ácido sulfúrico.



TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

SULFUROS METÁLICOS



‡ Sulfuros metálicos más importantes.

Metal	Fórmula	Denominación	%S
Fe	S ₂ Fe	Pirita	53,3
	SFe	Pirrotita	36,7
Zn	SZn	Blenda	33
Pb	SPb	Galena	13,4
Hg	SHg	Cinabrio	13,8
Cu	SCu ₂	Calcosina	20,2
	SCu	Covellita	33,6
Cu, Fe	S ₂ CuFe	Calcopirita	35
	S ₃ Cu ₃ Fe	Bornita	28,1
As, Fe	SAsFe	Mispiquel	19,7

MATERIAS PRIMAS DE S

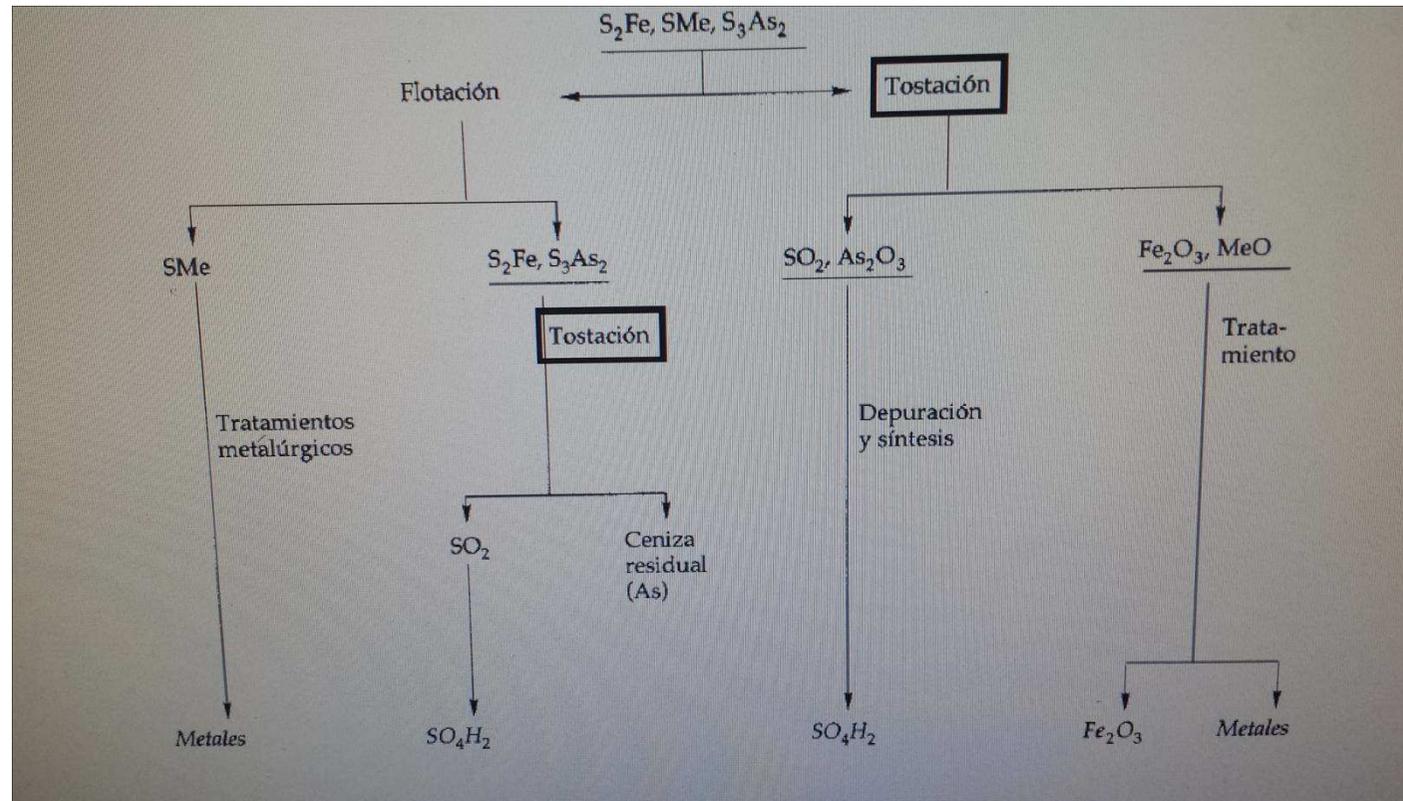
- Sulfuros metálicos (Pirita férrica-S₂Fe).
- Azufre elemental.
- Refinerías de petróleo.
- Gas natural.



TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

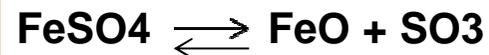
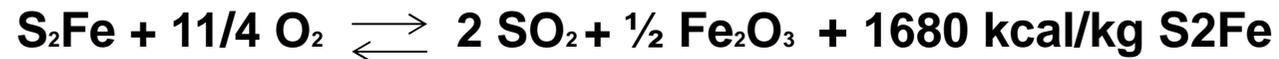
APROVECHAMIENTO DE PIRITAS: REACCIONES





TEMA 3.3
El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

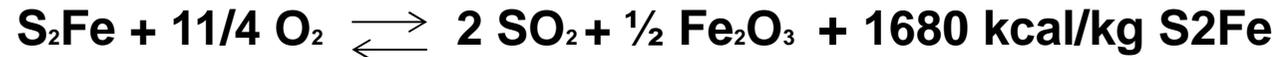
APROVECHAMIENTO DE PIRITAS: REACCIONES





TEMA 3.3
El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

APROVECHAMIENTO DE PIRITAS: HORNOS



Los hornos tienen que estar diseñados para:

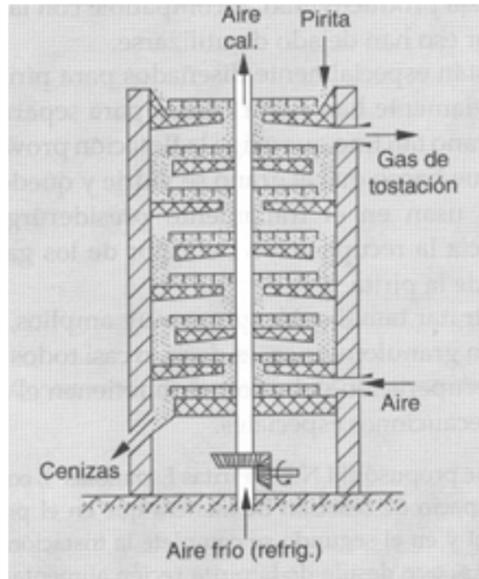
- Obtener gases
 - Obtener cenizas
 - Recuperar el calor de tostación
- **El diseño de los hornos viene determinado por:**
- Velocidad de reacción (tamaño de grano de la piritita)
 - Presencia de impurezas (As)



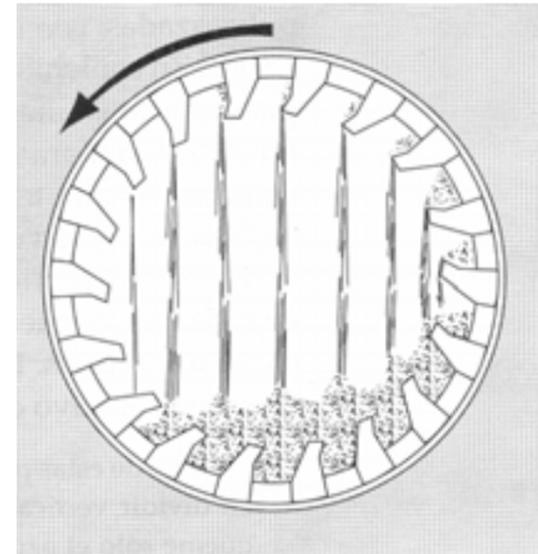
TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

APROVECHAMIENTO DE PIRITAS: HORNOS



Horno mecánico



Horno rotatorio

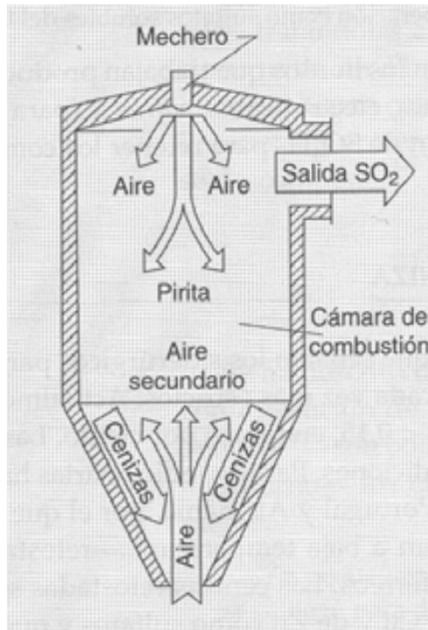
- Pueden tratar todo tipo de mineral (< 10-12 mm)
- Circulación en contracorriente de sólidos y gases



TEMA 3.3

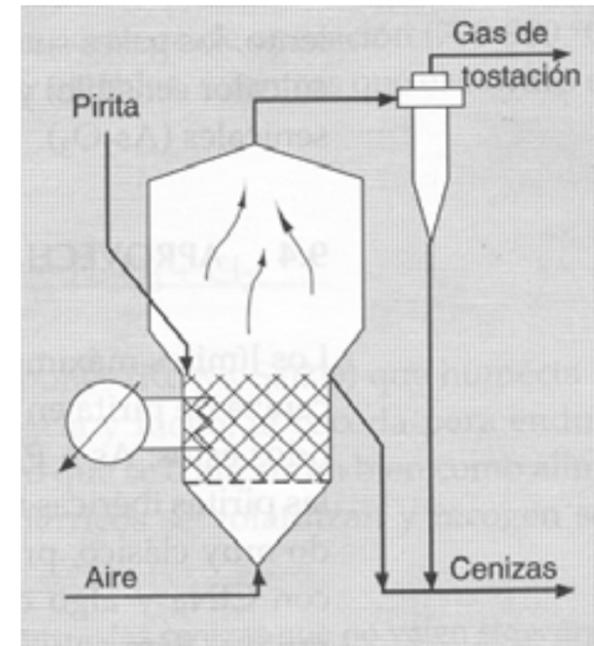
El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

APROVECHAMIENTO DE PIRITAS: HORNOS



Horno “flash”

- Piritas muy pulverizadas
- As en cenizas



Horno de fluidización

- Tamaños de grano muy amplios
- Buena recuperación de calor
- As en cenizas



TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

APROVECHAMIENTO DE PIRITAS: HORNOS

Clasificación de los hornos de tostación según la forma del contacto sólido-gas.

<i>Contacto</i>		<i>Tipo de horno</i>	<i>% SO₂ en los gases</i>	<i>Volumen de horno necesario para quemar 1 Tm mineral/d.</i>
<i>Forma</i>	<i>Calidad</i>			
<i>Los gases lamen la carga del mineral.</i>	<i>Mala, porque el sólido no puede ser muy fino. Turbulencia nula.</i>	Mecánicos (o pisos)	7-8	3,7
<i>Los gases pasan a través de un lecho estático de mineral.</i>	<i>Mala, por lo mismo de antes, y tanto peor cuanto más avanza la tostación.</i>	Cinta de sintetización. De cuba.	7-8	—
<i>El mineral pulverizado cae en el seno del gas, que a su vez se desplaza en contracorriente.</i>	<i>Buena, poca turbulencia.</i>	Rotatorio «Flash»	8-10 12-14	4
<i>Los sólidos y gases forman un lecho de turbulencia o fluidización.</i>	<i>Muy buena, gran turbulencia.</i>	De fluidización.	14-15	0,2



TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

APROVECHAMIENTO DE LOS GASES DE TOSTACIÓN

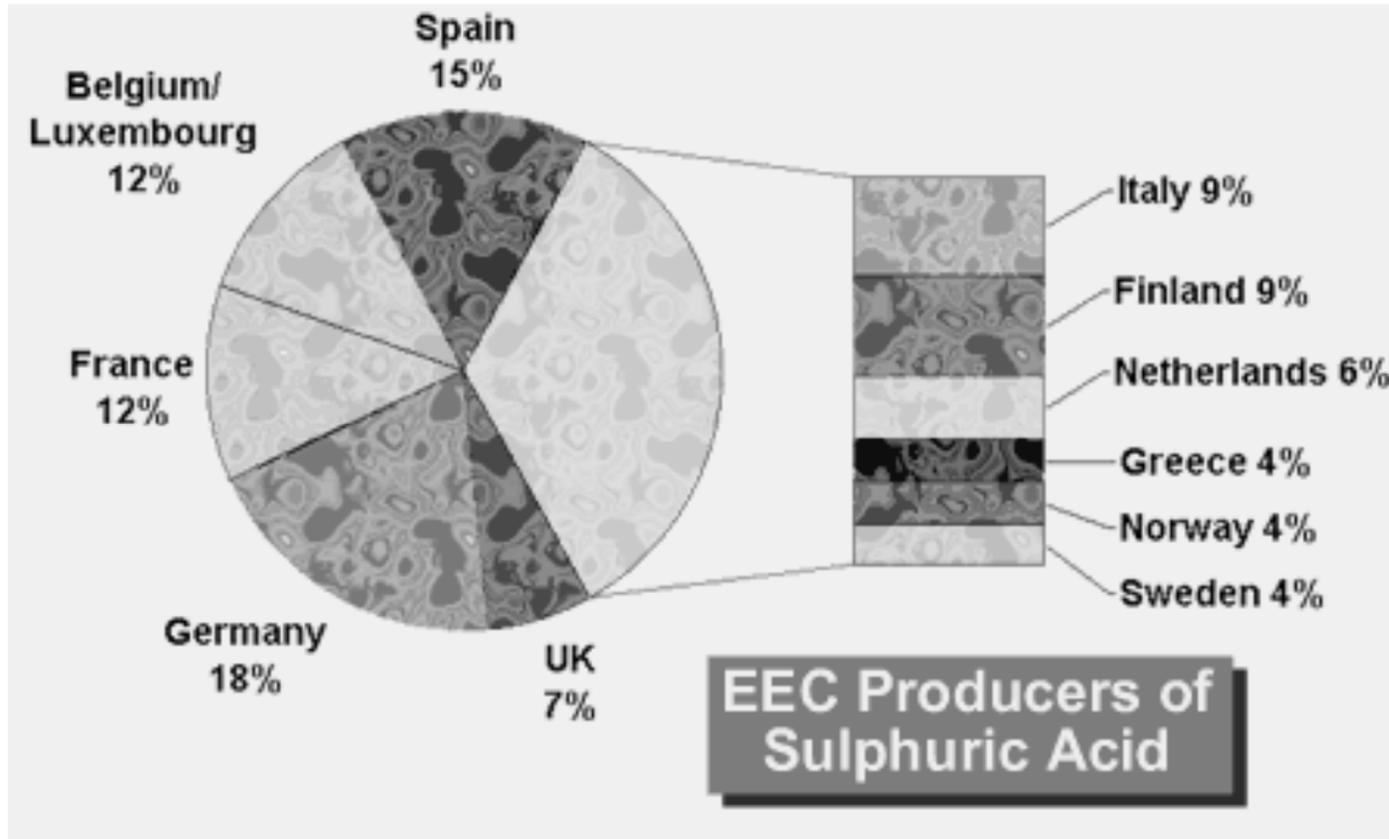
- Fabricación de ácido sulfúrico
- Gases sulfurosos concentrados: agente de blanqueo en la industria textil, desinfectante, disolvente en la industria petrolífera, sulfitado de mostos y frutas
- Obtención de S elemental por reducción: industria del caucho, insecticida, preparación de S₂C (extracción de grasas)
- Obtención de sulfitos y bisulfitos (Na, Ca): industria textil, papelera, caucho, fotográfica, antisépticos
- Obtención de hidrosulfitos o ditionitos: industria textil, conservación de frutos.
- Obtención de cloruros de sulfurilo y de tionilo: agentes de cloración en síntesis orgánicas en la industria farmacéutica y de colorantes.
- Obtención de sulfato amónico, como fertilizante.



TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

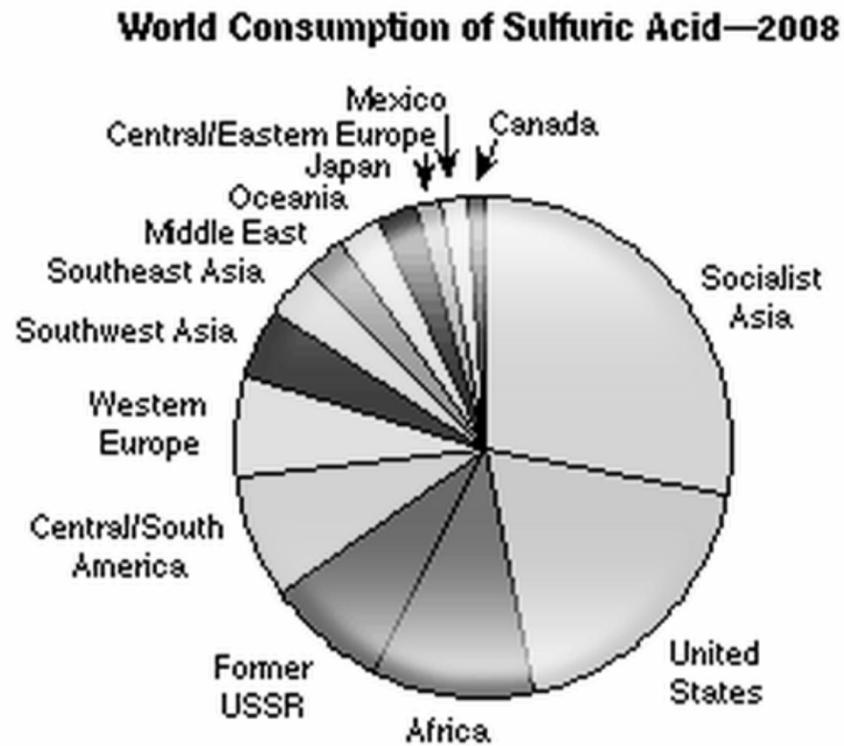
PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO EN EUROPA





TEMA 3.3
El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

CONSUMO MUNDIAL DE ÁCIDO SULFÚRICO

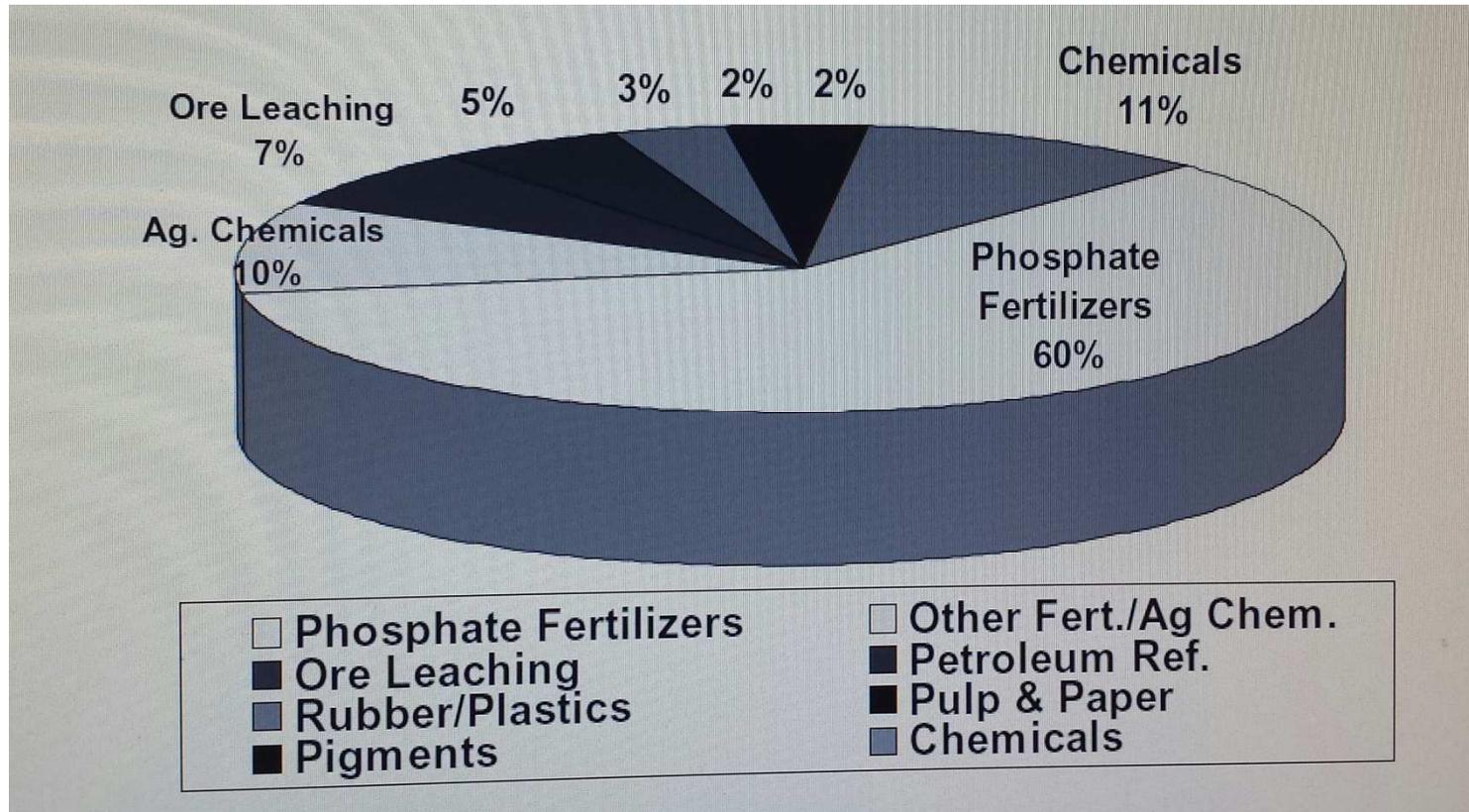




TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

USO FINAL DEL ÁCIDO SULFÚRICO





TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

RECUPERACIÓN DE AZUFRE DE GASES DE REFINERÍA Y GAS NATURAL

Reacción principal (Unidades Claus)



Reacciones de combustión



Desactivación del catalizador



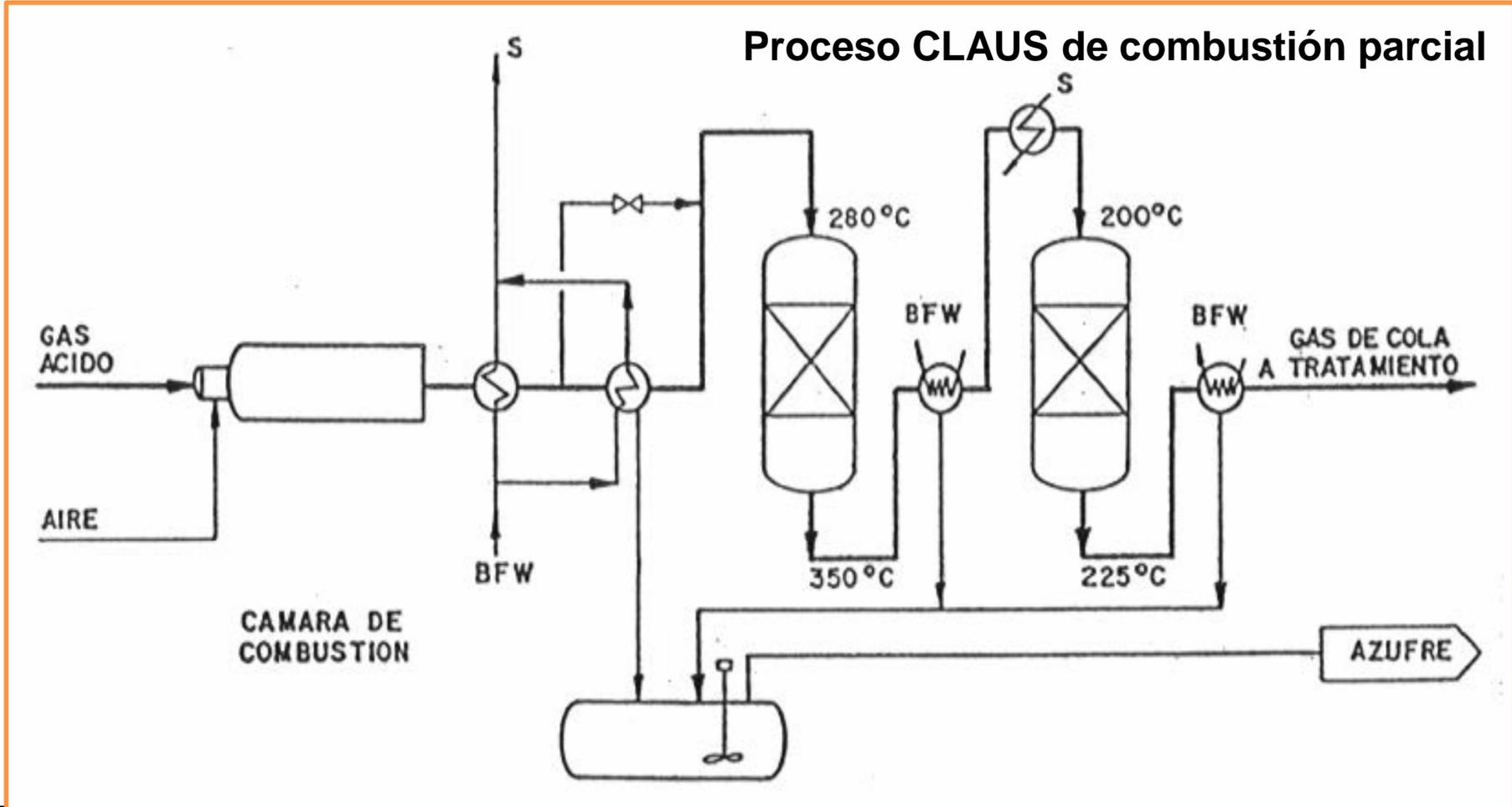
Reacciones secundarias e hidrólisis





TEMA 3.3
El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

RECUPERACIÓN DE AZUFRE DE GASES DE REFINERÍA Y GAS NATURAL

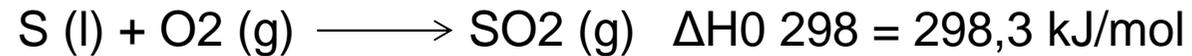




TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

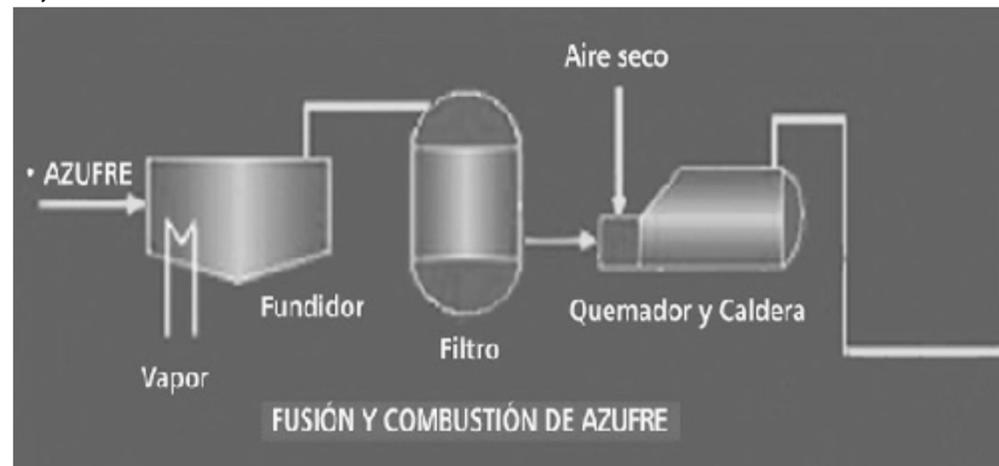
OXIDACIÓN DE AZUFRE ELEMENTAL A SO₂



- El azufre elemental puede alimentarse fundido a través de unas boquillas pulverizadoras, semejante a un quemador de fuelóleo
- Sólido, en polvo, a través de un sistema de alimentación con aire, semejante a un quemador de carbón

El horno de combustión es similar al hogar de una caldera de vapor.

- Por ser más puro y prácticamente sin residuos sólidos, la depuración de gases es menos exigente, basta un lavado con ácido





TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

FABRICACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO: ETAPAS

1ª) Depuración de los gases

2ª) Catálisis: $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$

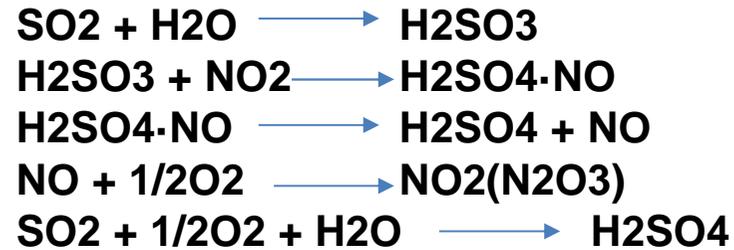
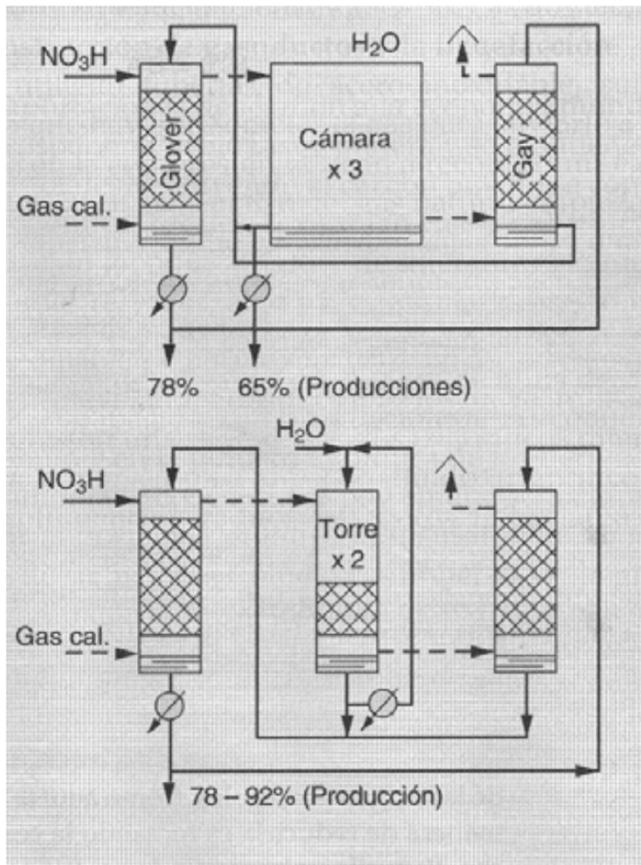
3ª) Absorción del SO_3 : $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$

- Catálisis homogénea (óxidos de nitrógeno): Método de las cámaras de plomo y Método de torres. 80% de H_2SO_4
- Catálisis heterogénea (Pt, óxidos metálicos, V_2O_5): Métodos de contacto. Ácidos concentrados y oleum

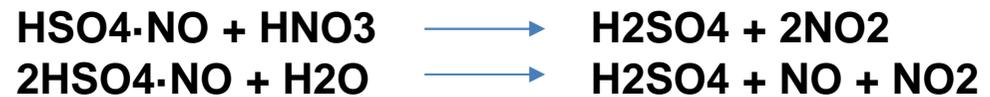


TEMA 3.3
El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

FABRICACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO: CÁMARAS DE PLOMO Y TORRES



GLOVER



GAY





TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

FABRICACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO: MÉTODO DE CONTACTO

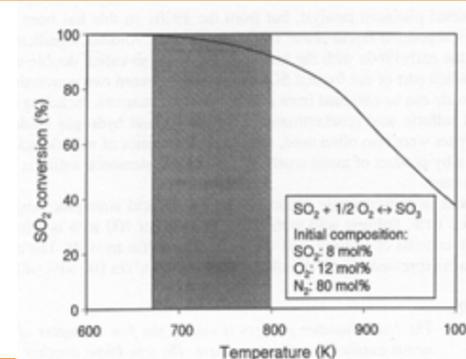


Catalizador:

- Composición:
 - Fase activa: V_2O_5 (4-9%)
 - Soporte: sílice, como gel, diatomeas, zeolitas ...
 - Promotor: sulfatos alcalinos
- Propiedades:
 - Actividad
 - Estabilidad térmica
 - Vida útil
 - Resistencia mecánica

Fundamentos termodinámicos y cinéticos:

- La conversión en equilibrio aumenta cuando disminuye la temperatura
- La velocidad de reacción aumenta cuando aumenta la temperatura

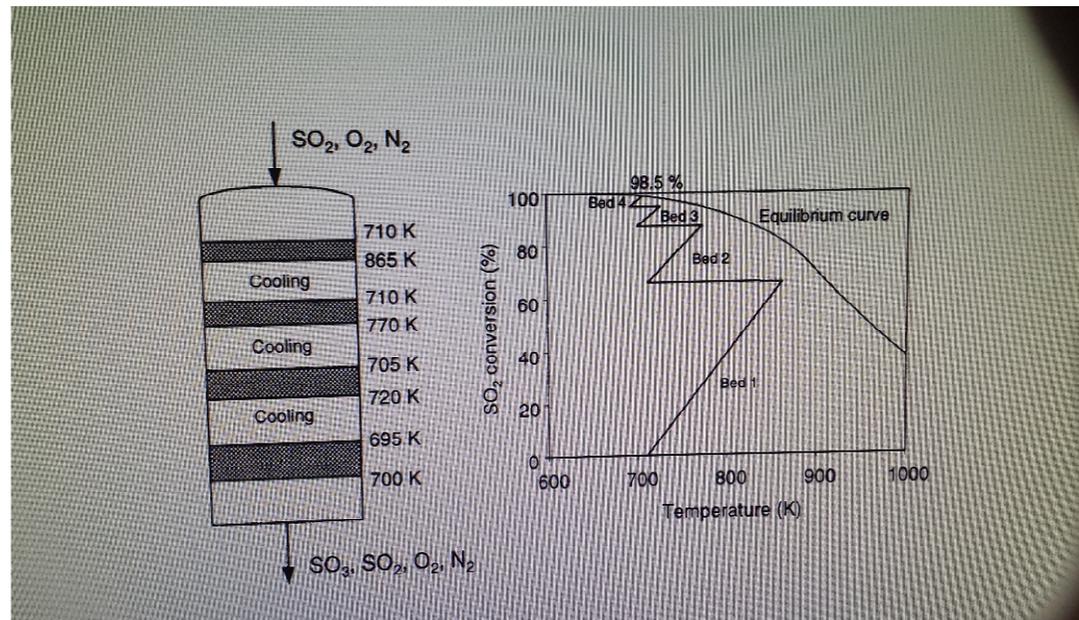




TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

FABRICACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO: MÉTODO DE CONTACTO





TEMA 3.3

El ácido sulfúrico. Aprovechamiento de los sulfuros metálicos.

FABRICACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO: MÉTODO DE CONTACTO

Absorción



Es fuertemente exotérmica. Si se lleva a cabo con agua, se produciría la evaporación del agua que reaccionaría con $\text{SO}_3 (\text{g})$ formando nieblas de ácido muy persistentes. Por ello, se efectúa con ácido concentrado para obtener $\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ (oleum)

