

Procesos Industriales. Ingeniería de Procesos

1) **Qué se entiende por Ingeniería. Aceleración del tiempo Histórico**
(profesión, se nutre de diversas disciplinas)

2) **Ingeniería Química.**

Ingeniería de Procesos?

(Diseño, proyectos, Operaciones de plantas)

3) **Análisis Prospectivo de la Ingeniería Química**

3.1) **Diseño de procesos**

(desde las primeras ideas, pasando por la ingeniería conceptual, la de detalle, hasta la etapa de la construcción)

3.2) **Gerenciamiento / Operaciones**

(arranque, parada, estado estacionario..Control y Supervisión)
Mantenimiento, Seguridad, Ambiente, Calidad..

1

1) **Qué se entiende por Ingeniería ? Cómo Evoluciona?**

La ingeniería, como profesión,
está íntimamente ligada a la
tecnología

Ingeniería y Tecnología

Es **ciencia** en conjunción o fusión con la **técnica**

La Tecnología es la herramienta por medio de la cual se transforma el mundo natural en artificial

2

La tecnología

- ▶ Evoluciona rápidamente, en una suerte de “aceleración histórica” cuyas consecuencias son difíciles de pronosticar.
- ▶ No es neutra como la ciencia. Tiene impactos sociales, culturales, económicos, políticos, militares, éticos, etc...
- ▶ Impacta sobre el medio natural, o sea, la naturaleza, el hombre, etc...

El ingeniero, es **hacedor o gestor** de tecnologías.

3

La tecnología

- ▶ **Es una actividad de conjunto. Multidisciplinaria**
- ▶ Son las empresas, públicas o privadas, o las instituciones, las que, siguiendo las reglas del mercado, o en el marco del mismo, producen, adaptan, compran y venden, tecnología.
- ▶ El mercado, es el veredicto, para que una tecnología sobreviva o sea reemplazada por otra.

4

La tecnología

▶ DESDE LA INVENCION a LA INNOVACION

- ▶ Se crea, se proyecta, se diseña
- ▶ Se construye, se usa (pone en funcionamiento),
- ▶ Se vende, se compra, se “alquila” o licencia...
- ▶ Es un bien más, transable en el mercado..

5

La tecnología

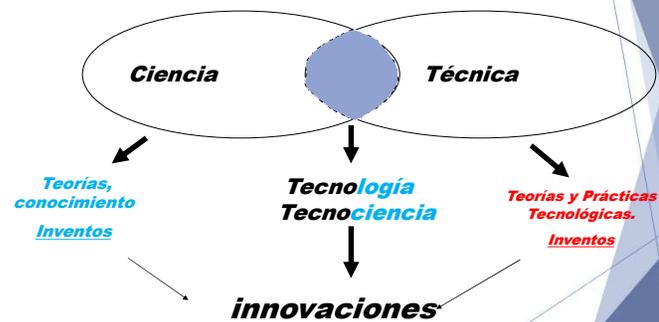
No existe una única tecnología para cada necesidad:

- según la cultura,
- la región geográfica,
- la disponibilidad de materias primas,
- el entorno,
- la organización social y política, entre otros factores.

Esto implica que existen tecnologías apropiadas para cada necesidad

6

La intersección que sustenta la tecnología



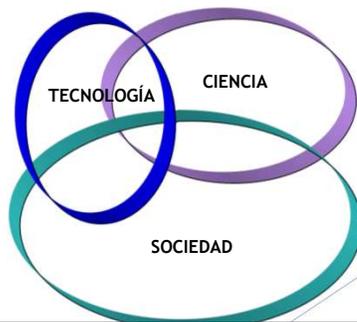
7

CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD cts

Una visión de la Tecnología (y por ende...de la ingeniería)

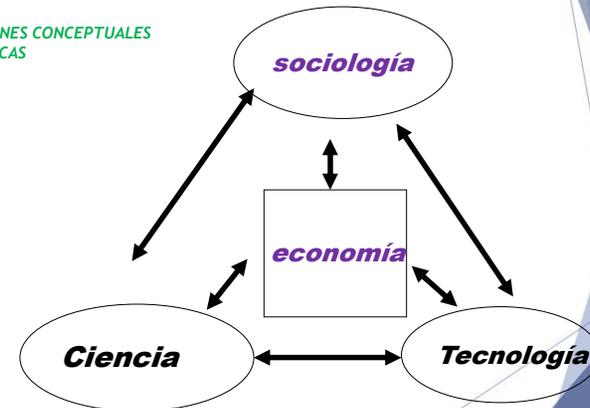
8

Pueden existir desequilibrios en cualquiera de los componentes de esta compleja relación



9

RELACIONES CONCEPTUALES Y FACTICAS



10

La tecnología

Existe consenso en que la "aceleración histórica", se debe a una fusión entre la ciencia y la tecnología,

Surge como consecuencia de conclusiones de distintas disciplinas tales como:

- ▶ Filosofía de la ciencia
- ▶ Filosofía de la tecnología
- ▶ Epistemología de la ciencia
- ▶ Epistemología de la tecnología
- ▶ Sociología de la ciencia
- ▶ Sociología de la tecnología
- ▶ Antropología

11

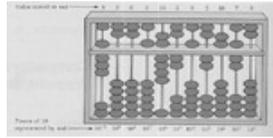
HISTORIA DE LA COMPUTACIÓN

Historia de la ciencia o de la técnica?

12

HISTORIA DE LA COMPUTACIÓN

Del ábaco a la primera computadora



ABACO (S. XII)

ENIAC - 1943- (Electronic an Numeric Integrator and Computer)



13

TENDENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

El avance de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) *revoluciona la forma en que se transmite, sistematiza, elabora y difunde la información y se organiza el trabajo,*

el modo en que se generan conocimientos, y se diseña la tecnología,

cómo crean los artistas, y de que manera se vislumbra la estética en el diseño.

Es una revolución de alcance global y social

14

TENDENCIAS

El fenómeno de la “aceleración” es compartido por las otras áreas de la ciencia y la tecnología, por ejemplo:

- **Genética (clonación,)**
- **Biología molecular**
- **Biotecnología (cultivo de células animales, tejidos, células madre.....)**
- **Neurociencias, nuevas drogas...**
- **Bioelectrónica, biomecánica, híbridos (biochip, cybors.....)**

15

Impacto sobre el trabajo

- ▶ **Revolución Industrial, reemplazo de la mano de obra por tecnologías que aumentan la productividad.**
- ▶ **Robótica. Reemplazo de trabajo humano por mecanismos automatizados**
- ▶ **En general, la historia muestra que no se pierden puestos de trabajo, aunque existe una dinámica en la creación de nuevos puestos que reemplacen a los destruidos por las nuevas tecnologías. Además, el ingreso medio de los nuevos trabajos es por lo general superior a los “puestos residuales”.**
- ▶ **Tendencia al día de hoy: Nuevos términos,**
 - ▶ **Telemigrants**
 - ▶ **RI (remote intelligence)**
 - ▶ **Machine Learning “Globotics”**

16

1) *Qué se entiende por Ingeniería. Aceleración del tiempo Histórico*
Conclusiones

La aceleración del “tiempo histórico” es un hecho indiscutible.

El “driver” o fuerza impulsora es el avance científico y tecnológico.

El impacto en la sociedad es crecientemente evidente, de difícil asimilación, y más aún, aunque incipientemente, de dificultoso manejo político, ético, moral, a escala global.

17

Ya no se trata de una opinión...

La ciencia, la tecnología, pueden modificar incluso la especie, la naturaleza humana, tal como la conocemos.....

No obstante, cuál sería el impacto sobre la ingeniería química?..Para una estimación o prospectiva, debemos primero realizar un repaso con perspectiva histórica..

18

2) y la Ingeniería Química y de Procesos?

Caracterización del Campo profesional y Tendencias de la Ing Qca

Introducción de Nuevos conceptos:

- ▶ Tipos de procesos y sus características básicas
- ▶ Componentes y representación de los procesos
- ▶ **Síntesis, Simulación y Optimización (Diseño de Procesos)**

19

2) y la Ingeniería Química y de Procesos?

Historia y tendencias

Contexto de la ingeniería química y de la Ingeniería de procesos

- ▶ Ingeniería de Procesos, Diseño de Procesos
- ▶ Gerenciamiento de Procesos (Operaciones)

20

Breves nociones históricas y tendencias Procesos e ingeniería química

- ▶ El hombre ha sido siempre un creador de técnicas para satisfacer sus necesidades.
- ▶ Si bien no se organizaban en forma estructural como un proceso (según lo que definimos hoy en día como tal), existía la agricultura, los molinos para procesar el grano, las maquinarias para obtención del papel, los métodos de producción por fermentación (vino, cerveza, alcohol, etc)

21

**Qué es un proceso? Cómo *se obtiene* o se adquiere?
Como se "licencia" un proceso químico?**

solo el "proceso" (los documentos que lo describen tales como planos, manuales), y/o también la planta construida, su instalación, incluyendo asesoramiento por parte del proveedor en la puesta en marcha y en la operación (el know-how).... o sin ello?

Qué significa el proceso entonces?

Será un listado de instrucciones y manuales, o bien planos tales como el diagrama de flujo, y los P+I+D junto a toda la documentación descriptiva...o tiene importancia el know-how)?

22

Documentación Pertinente, Respaldatoria, descriptiva?

- Manuales del sistema de instrumentación – y control,
- Manuales descriptivos del Proceso y los equipos,
- Manuales de puesta en marcha y parada,
- Manuales con los procedimientos de operación, mantenimiento crítico., etc
-

23

Puede ser que el vendedor solo transfiera los planos y manuales por un lado, y la construcción sea realizada por la empresa compradora, o encargada a un tercero?

Como se comunican entre sí?. Cual es la documentación oficial que se adopta?. Si son necesarias modificaciones?

Cuáles son las etapas o fases de un proyecto para la construcción e instalación de una planta nueva?

24

Qué cambia cuando agregamos una nueva planta a un sistema o polo ya existente (varios procesos vecinos funcionando?)

Servicios, interacciones, posible efecto dominó ante accidentes catastróficos (seguridad), etc.

Si modifico un proceso por cualquier motivo (ejemplo, mayor producción o revamping), las etapas del proyecto de diseño son distintas a las asociadas a un proceso nuevo?

25

**Historia de los procesos e ingeniería química
Hacia donde vamos?**

Ciertos precursores de las “operaciones unitarias”, ya existían hace siglos:

alambiques o destiladores tanto batch como continuos

Filtros,

Sistemas de bombeo

Sistemas de transferencia de calor

Sistema de mezclado,

Sistema de cribado, separación, clasificación..

Otros....

26

Historia de los procesos e ingeniería química

En el inicio, no existían procesos para obtener productos sintéticos (no se derivan directamente de la naturaleza).

De la industria extractiva a la de síntesis....

Las distintas profesiones comienzan a manifestarse, surge la ingeniería, la mecánica comienza a generar una rama (la química) cuando ciertos procesos imponen el conocimiento especializado no solo de los equipos contenedores o procesadores sino de los fluidos contenidos y sus transformaciones

27

Historia de los procesos e ingeniería química

Materiales Naturales

Necesidades

Siglo XII: obtención, manipulación y transformación de reactivos naturales como:

ácidos: Jugo de limón, vinagre, leche agria

álcalis: Carbonato de cenizas, Cal

Siglo XIV: Procesos para producción de:

HNO_3 , H_2SO_4 , Agua regia

Se inició la fabricación de sales inexistentes hasta entonces que sirvieron de MP para otros procesos

28

Historia de los procesos e ingeniería química

- 1791: carbonato de sodio, proceso Le-Blanc
- 1856: primer colorante sintético, Perkin
- 1866: carbonato de sodio, proceso Solvay
- 1891: extracción de azufre subterráneo, Frasch
- 1891: primera fibra artificial de nitrocelulosa, Chardonnet
- 1896: licuefacción del aire en escala industrial, Linde

29

Historia de los procesos e ingeniería química

- 1900: ácido sulfúrico por el método de contacto
- 1905: cianamida cálcica
- 1910: soda y cloro por electrólisis del cloruro de sodio, fibra artificial, rayón
- 1913: síntesis del amoníaco a partir de sus elementos, B.A.S.F., Oppau, Alemania

30

Historia

- ▶ 1895/96: Linde desarrolla su proceso para licuar aire
- ▶ 1908: se funda el Instituto Americano de Ingeniería Química (AIChE)

* www.pafko.com/history/h_time.html Copyright 2000, Wayne Pafko

31

Historia de los procesos e ingeniería química

Surge la Industria manufacturera, con grandes requerimientos de productos químicos.

Siglo XX: Uso de petróleo y gas natural no solo como fuente de energía sino también como MP en otros procesos (Industria Petroquímica)

- ✓ Plásticos
- ✓ Fibras
- ✓ Caucho sintético
- ✓ Productos farmacéuticos

32

Podríamos enumerar entonces a "procesos químicos típicos"... los siguientes....

Productos inorgánicos (sales, fertilizantes, ácidos, cerámicas, minería, siderurgia, metalurgia, cemento, etc,
Elementos puros, Hidrógeno, cloro, oxígeno, otros..
Electroquímica ..
Metalurgia / Siderurgia : Acero y aleaciones, metales.....
Materiales: cemento, cerámica, materiales de construcción, vidrio.....Papel y celulosa...
Alimentos: carnes, bebidas, harinas y aceites, pesquera (harina y aceite de pescado, conservas, etc.)..principios activos..
 Tratamiento de agua, efluentes y residuos....

33

Industrias de Procesos Químicos

Más recientemente, emergen tipos de procesos tales como la **Química Fina, de las especialidades, Oleoquímica, Bioprocesos, Biomasa, Biorefinerías...Biotecnología..**

Nuevos materiales,

Procesos en el ámbito de la Ingeniería Ambiental...

Industria farmoquímica.....etc..

Cómo sistematizar tanto la comprensión de los equipos de procesamiento como el espacio de materiales a procesar?

34

Y desde el punto de vista de la enseñanza de la ingeniería química, es decir de su consolidación como una profesión?

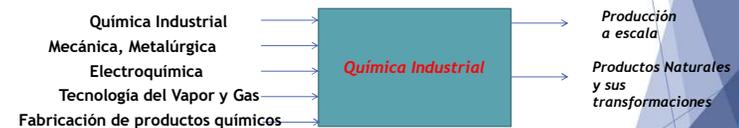
- ▶ Se desprende lentamente de la ingeniería mecánica para ir perfilando un campo disciplinar propio..
- ▶ Confluencia de un conjunto de saberes que conforman una **estructuración o sistematización de las disciplinas que confluyen y aportan a la profesión de ingeniero químico**

35

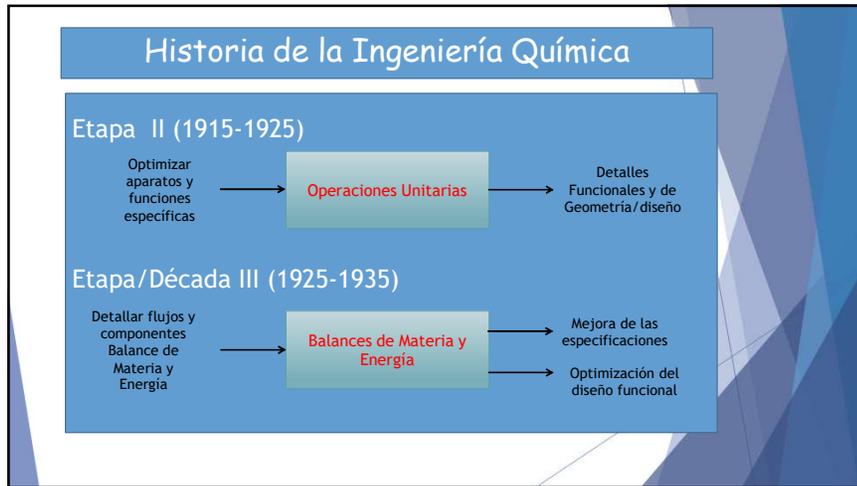
Historia de la Disciplina "Ingeniería Química"

- La currícula inicial consiste en cursos separados de Química e Ingeniería convencional

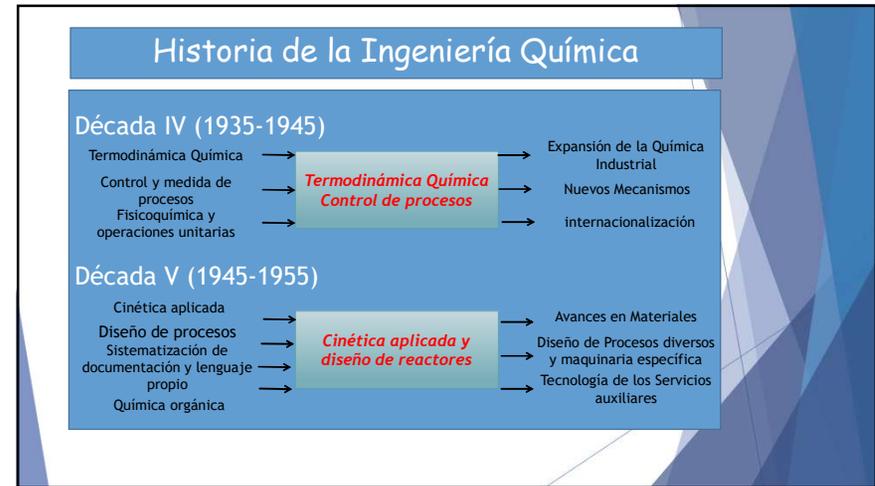
• Etapa I (1850-1915)



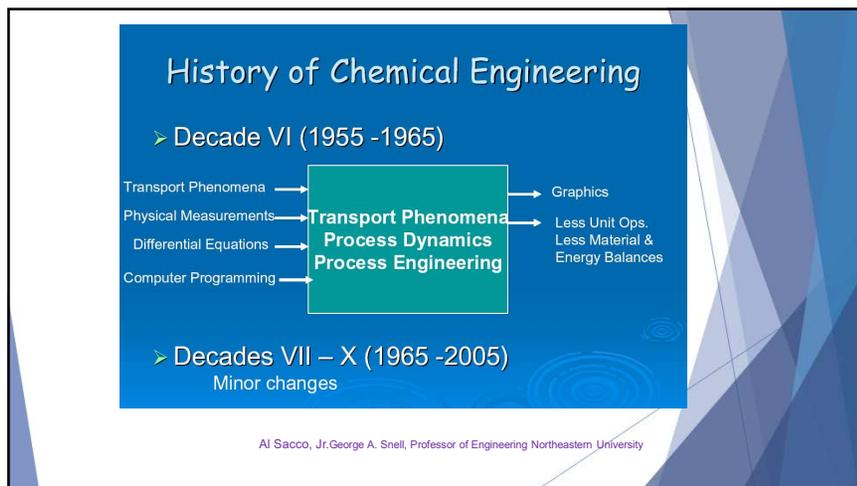
36



37



38

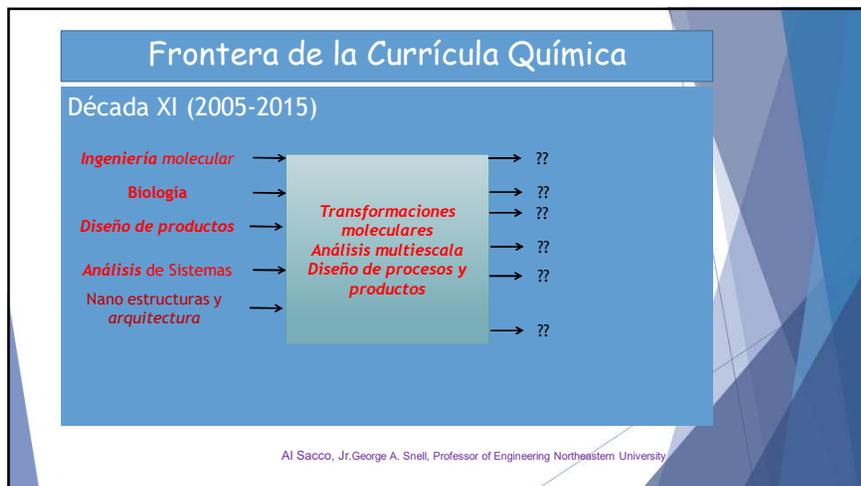


39

3) Análisis Prospectivo de la Ingeniería Química

Evolución de la Ingeniería Química?
Como profesión y sus métodos de enseñanza?
Disciplinas Necesarias?

40



41

Conclusiones

¿¿ La Ingeniería Química y el futuro ??

Optimizar los procesos existentes y expandir las fronteras en lo dimensional (productos a nivel muy pequeño...moléculas... "nano estructuras"..
los nuevos materiales.. La biotecnología...bio-sistemas ...ecosistemas... sistemas multi-escala...

¿Estamos Preparados?

42

Fortalezas...

- ✓ **Los Ingenieros Químicos tienen amplia formación en matemáticas y ciencias como para tomar una posición de liderazgo....**
- ✓ **en fenómenos de transporte**
- ✓ **en diseño (síntesis, simulación, optimización)**
- ✓ **habilidad para conducir y participar de equipos multidisciplinares**
- ✓ **Y además, en el pasado han demostrado habilidad para adaptarse...**

43

Optimización de los Procesos Existentes Departamento de Energía de EEUU y de British Petroleum)

Energía

Los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo difieren mucho en cuanto a sus fuentes de energía y en su consumo medio de energía per cápita.

La fuente suplementaria de energía más importante para los países en vías de desarrollo es la biomasa potencialmente renovable, especialmente la leña y el carbón hecho de leña

44



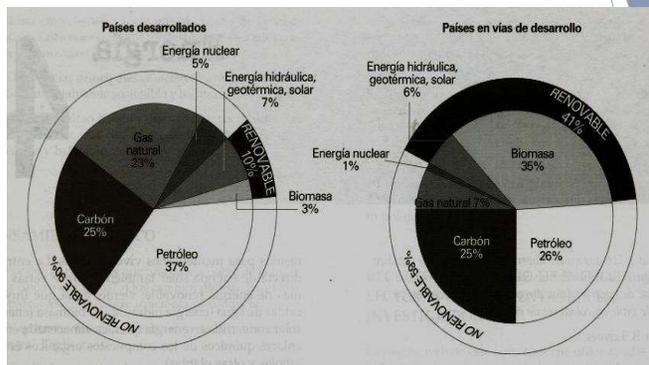
45

3.1) Diseño de procesos. Prospectivas de algunas áreas fundamentales

**Ingeniería Química y la Energía
Sustentabilidad, Sostenibilidad y Medio Ambiente
Diseño de Sistemas Energéticos**

46

Diferencias en la utilización de las fuentes de energía comercial en los países desarrollados y en vías de desarrollo.



47

Optimizar los procesos existentes. Energía e Ingeniería Química

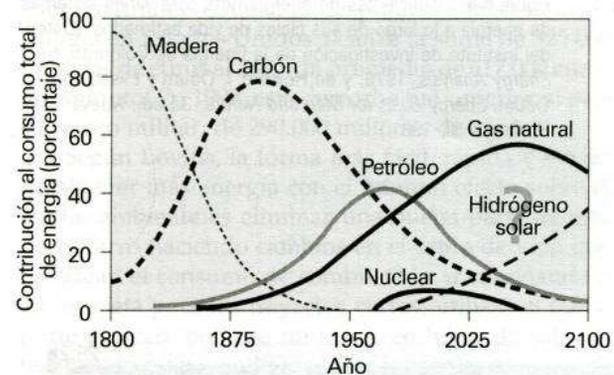
Cambios estimados en el consumo de fuentes de energía comercial en EEUU desde 1850, hasta 2100

El cambio de la madera al carbón y después del carbón al petróleo y al gas natural han llevado unos 50 años cada uno de ellos.

No tanto por la escasez de combustibles fósiles, pero sí por la sustentabilidad global, se estima que deberíamos hacer un nuevo cambio en nuestros recursos energéticos a lo largo de los próximos 50 años.

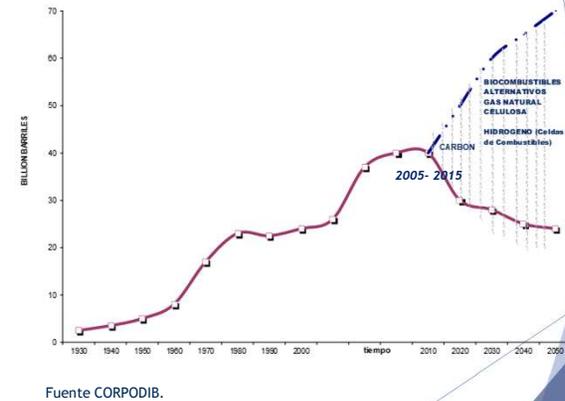
48

Cambios en el consumo de fuentes de energía comercial en EEUU desde 1850, con los cambios previstos hasta 2100



49

**Conclusiones desde otro estudio prospectivo:
CONSUMO DEL PETRÓLEO**



Fuente CORPODIB.

50

Conclusiones:

El petróleo y el gas natural seguirán siendo las fuentes de energía primaria durante las décadas venideras.

El petróleo y el gas no convencionales se volverán cada vez más importantes.

51

¿Qué sucede en EE. UU.?

Cuenta con cantidades considerables de recursos maduros y no convencionales para moderar las disminuciones en la producción interna de petróleo y gas.

Es posible que sean suficientes para terminar con la dependencia de petróleo y gas importados (tendrá capacidad exportadora)

52

¿Qué sucede en Argentina?

Contamos con cantidades considerables de recursos maduros y no convencionales para la producción de petróleo y gas.

serían suficientes para lograr nuestra independencia de petróleo y gas importados a largo plazo.

Se podría exportar energía y productos petroquímicos

53

Es importante remarcar que la disponibilidad de Petróleo no solo importa como fuente de energía

Se lo considera "industria de industrias"

Arboles de productos (rama de industrias) de la petroquímica...

Existen otras alternativas (compiten) como La carboquímica..que debe minimizar su impacto ambiental negativo, las Biorefinerías, alcoquímicas...bioenergéticas, oleoquímica, química verde....

54

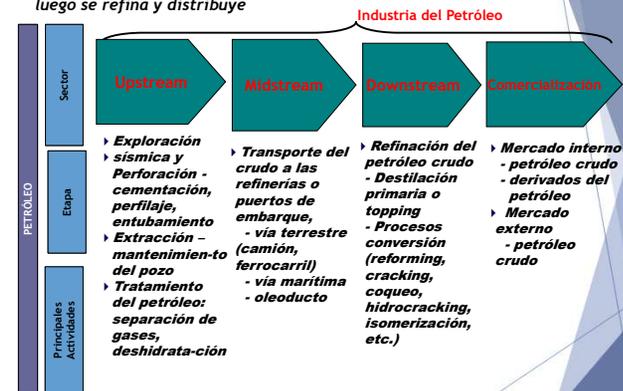
Qué es un Arbol de productos / industrias / procesos?

Está relacionado con la cadena de valor, la cadena de suministros, logística, de una rama de la industria, o de la actividad productiva en general...

Se utiliza para visualizar la cadena de valor, o la a cadena de suministros, etc, de una rama de la industria, o de la actividad productiva en general.....

55

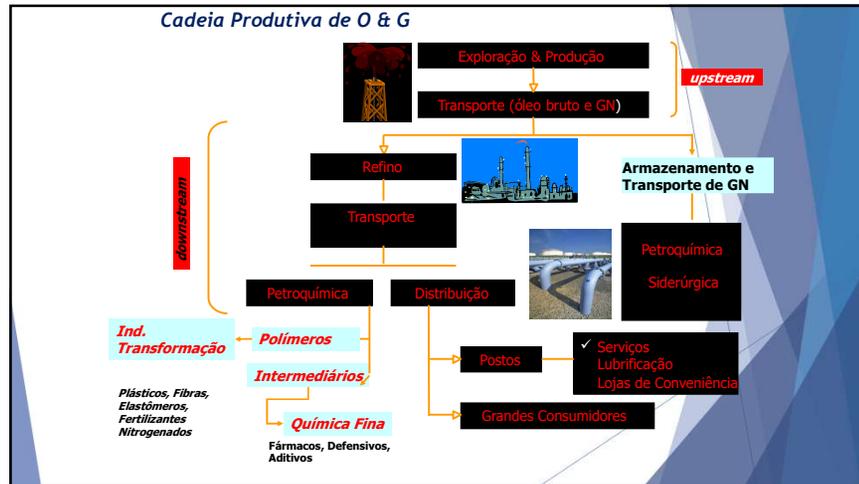
4 etapas, en las cuales se explora y extrae el hidrocarburo, se transporta y luego se refina y distribuye



¿ Industria del Gas Natural ?

Fuente: Análisis propio en base a entrevistas

56



57

Síntesis, Simulación, Optimización de Procesos

- ▶ *La necesidad de diseño relacionada con la explosiva cantidad de alternativas de procesos que surgen del árbol de la petroquímica ha sido la gran impulsora de esta rama de la ingeniería de procesos.. o "Process System Engineering" ..(Diseño Sistemico de Procesos?)*
- ▶ *Los simuladores de procesos, los modelos de equipos, los modelos para estimación de propiedades fisicoquímicas, su ampliación a otros procesos, han sido impulsados por esta industria, y su evolución explosiva en la segunda mitad del siglo pasado....*

58

3.1) Diseño de procesos. Prospectivas de algunas áreas fundamentales

- ▶ **Ingeniería y Sustentabilidad**
- ▶ **TODOS LOS PROCESOS DEBEN AHORA SER DISEÑADOS TENIENDO EN CUENTA LOS ASPECTOS AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD, FUNDAMENTALES PARA LA SUSTENTABILIDAD.**
- ▶ **Impacto en tratamiento de efluentes y emisiones**
- ▶ **Seguridad ante accidentes tecnológicos (seguridad y medio ambiente, Ingeniería de la confiabilidad)**
- ▶ **Ingeniería Ambiental. Impacto Ambiental**
- ▶ **Energía y Sustentabilidad**
- ▶ **.....**

59

Ingeniería y Sustentabilidad

Dentro de la disciplina ecológica, la sustentabilidad se refiere a los sistemas biológicos que pueden conservar la diversidad y la productividad a lo largo del tiempo.

En 1987, (Informe Brundtland, Naciones Unidas), se la definió como la capacidad de satisfacer necesidades de la generación humana actual sin que impida a las generaciones futuras satisfacer las necesidades propias.

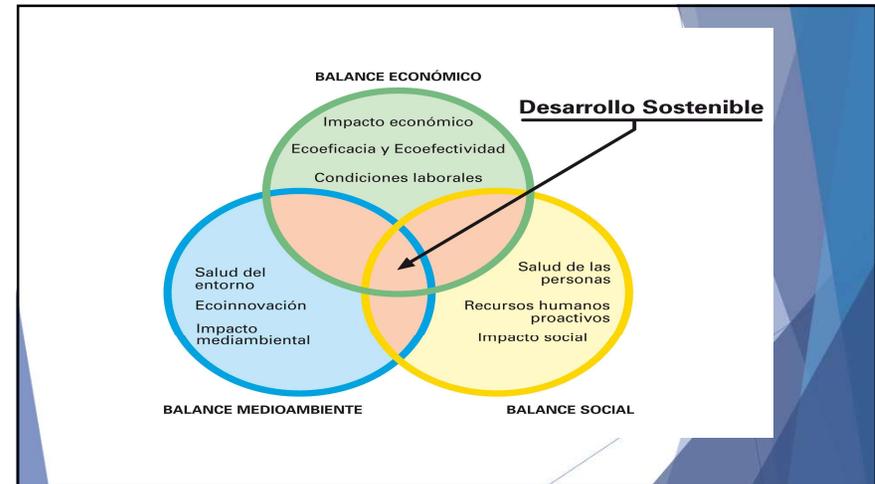
60

Sustentabilidad, Sostenibilidad

la sostenibilidad está muy ligada al concepto de desarrollo o de desarrollo humano.

En sí, el desarrollo humano supone una visión de desarrollo sostenible. Sin embargo, muchas veces también se habla de desarrollo sustentable

61



62

Evolución del sector Energía (Tecnología y Ambiente)

La energía sustentable (renovable) es aquella que, a diferencia de la tradicional, se puede obtener de fuentes naturales ("inagotables") prácticamente infinitas como

el sol,

el aire (eólica)

Hidráulica (ríos y oleaje a los mares y océanos..)

Geotérmica..

Y renovables.... Tales como

Biomasa....

63

Energía sustentable (renovable)

Biomasa

se obtienen a partir de la materia orgánica natural, desechos de cosecha, residuos urbanos.. o cultivos específicos

si bien en zonas rurales de países en desarrollo la materia residual se utiliza directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), maíz, soja, sorgo, caña de azúcar, etc etc...

El uso relevante es como materia prima para la transformación en:

Bioetanol...biodiesel...

Biogás...

64

Energía sustentable / renovable

Para la transformación de la materia orgánica

Se utilizan diversos procesos de fermentación, destilación (ejemplo etanol),

O bien de gasificación (materia orgánica como carbón, desechos)

Para la obtención de biodiésel, en cambio, se utilizan reacciones de transesterificación

65

Ejemplos de Energía Solar (calentador solar)



66

Generación de electricidad

Se puede generar electricidad a partir de la energía solar por varios procedimientos.

la energía solar se usa para convertir agua en vapor en dispositivos especiales.

se usan espejos cóncavos que concentran el calor sobre tubos que contienen aceite. El aceite alcanza temperaturas de varios cientos de grados y con él se calienta agua hasta ebullición.

Con el vapor se genera electricidad en turbinas clásicas.

Con algunos dispositivos se consiguen rendimientos de conversión en energía eléctrica del orden del 20% de la energía calorífica que llega a los colectores

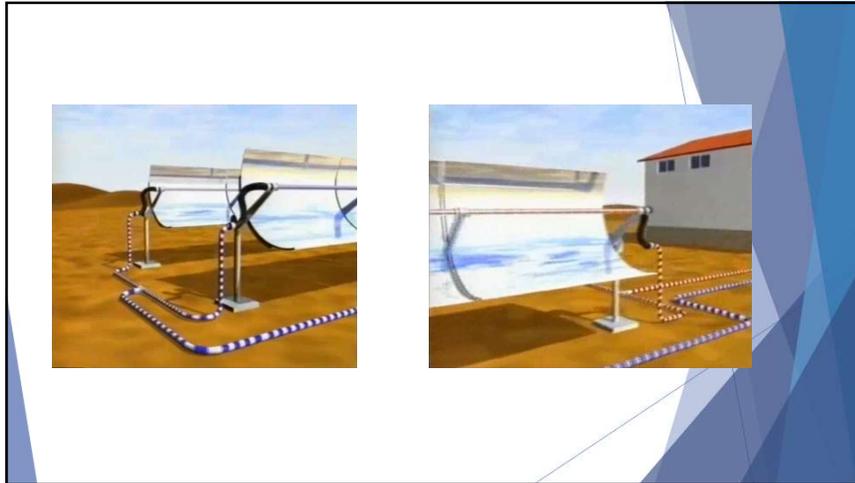
67

Sistema a media temperatura (90-200°)

concentradores solares, para concentrar la radiación solar sobre una superficie mucho menor que la de los paneles planos.

La eficacia de los concentradores solares depende de un sistema de orientación que las mueva para seguir la trayectoria solar.

68



69



70

Sistema a altas temperaturas
(+200°C)

Se utilizan más espejos y de mayor tamaño para concentrar aún más la radiación.

Estos enormes espejos, helióstatos, son orientables para seguir la luz del Sol.

Su mayor aprovechamiento, se produce mediante una alta torre con una caldera, hacia donde confluyen los rayos solares.

71

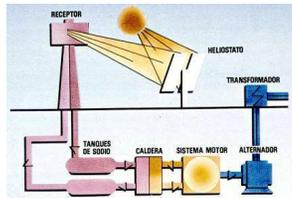
DESAFIO

Incrementar la generación de electricidad con fuentes de energía eólica, geotérmica, hidráulica y solar, que sean técnica, económica, ambiental y socialmente viables.

Desarrollar la producción de vapor con energía solar

72

Central solar térmica



Existen diversos tipos de centrales solares de tipo térmico, pero las más comunes son las de tipo torre, con un número grande de heliostatos.

Para una central tipo de solo 10 MW, la superficie ocupada por los heliostatos es de unas 20 Ha.

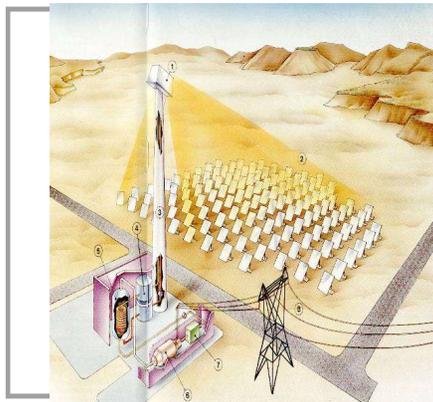
73

Plato parabólico



74

Partes de un central solar térmica



1. Caldera
2. Campo de heliostatos
3. Torre
4. Almacenamiento térmico
5. Generador de vapor
6. Turbo-alternador
7. Aero-condensador
8. Líneas de transporte de energía eléctrica

75



76



77

Energía solar fotovoltaica



78

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

las primeras celdas solares estaban construidas de material selenio.

En 1950 las celdas fotovoltaicas se desarrollaron de silicio monocristalino, que mejoró la masificación y eficiencia de la industria fotovoltaica.

La evolución es constante....

79

Procesos Industriales. Ingeniería de Procesos

1) Qué se entiende por Ingeniería. Aceleración del tiempo Histórico
(profesión, se nutre de diversas disciplinas)

2) Ingeniería Química.

Ingeniería de Procesos?

(Diseño, proyectos, Operaciones de plantas)

3) Análisis Prospectivo de la Ingeniería Química

3.1) Diseño de procesos

(desde las primeras ideas, pasando por la ingeniería conceptual, la de detalle, hasta la etapa de la construcción)

3.2) Gerenciamiento / Operaciones

(arranque, parada, estado estacionario..Control y Supervisión) Mantenimiento, Seguridad, Ambiente, Calidad..

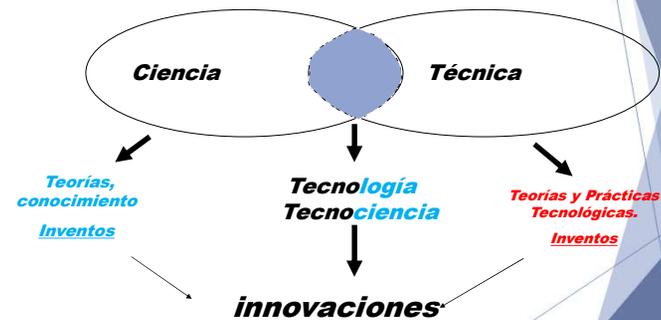
80

Habiendo llegado a este punto, recordemos las preguntas iniciales....

- ▶ Tendencias de la Ingeniería, su relación con la tecnología..
- ▶ La Ingeniería química como profesión... prospectiva..
- ▶ La ingeniería de Procesos, componente fundamental de la Ingeniería Química, su futuro?
- ▶ Definiciones de Proceso contemplando la tendencia evolutiva y la aceleración del tiempo histórico...
- ▶ Tendencias de las herramientas liminares:
- ▶ Modelado, Resolución Numérica, Simuladores de Procesos, Optimización....

81

La intersección que sustenta la tecnología



82

La tecnología

- ▶ **DESDE LA INVENCION a LA INNOVACION**
- ▶ Se crea, se proyecta, se diseña
- ▶ Se construye, se usa (pone en funcionamiento),
- ▶ Se vende, se compra, se "alquila" o licencia...
- ▶ Es un bien más, transable en el mercado..

83

Impactos de la Tecnología

Robótica, Globotics, IA, Genética (clonación) Biología molecular, Biotecnología (cultivo de células animales, tejidos, células madre..), Neurociencias, nuevas drogas...Bioelectrónica, biomecánica, híbridos (biochips, cybors.....)

Dentro de este contexto temporal, disciplinar, enfocado en múltiples dimensiones y multidisciplinario..

¿¿ Qué es (será) un "proceso químico" ??

84

**Evolución de la Ingeniería?. Aceleración del tiempo Histórico
Relación con la Tecnología....**

Análisis Prospectivo de la Ingeniería Química.....?

Existe una aceleración de la acumulación del conocimiento. En lo que va del año.. se duplicó el conocimiento acumulado en la historia de la humanidad....

Impacta en el diseño y operación de todas las tecnologías, y por lo tanto en la Ing Qca.

Hemos solo explorado resumidamente el sector petroquímico y energético, a modo de ejemplo..

Los procesos en general son optimizados y modificados permanentemente, y con frecuencia creciente, disruptivamente

85

**Análisis Prospectivo de la Ingeniería
Química**

**Evolución de la Ingeniería Química?
Como profesión y sus métodos de
enseñanza?
Disciplinas Necesarias?**

86

Procesos Industriales. Ingeniería de Procesos

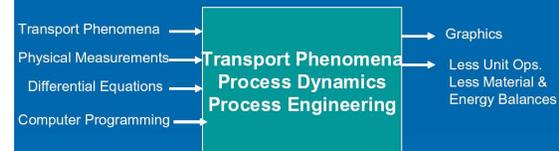
**3.1) Diseño de procesos. Ingeniería de
Procesos**

**(desde las primeras ideas, pasando por la
ingeniería conceptual, la de detalle, hasta la
etapa de la construcción)**

87

History of Chemical Engineering

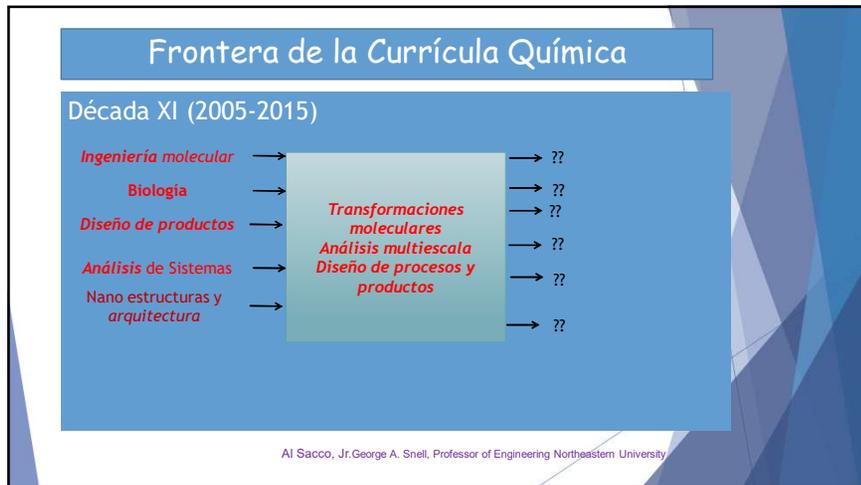
➤ Decade VI (1955 -1965)



➤ Decades VII – X (1965 -2005)
Minor changes

Al Sacco, Jr. George A. Snell, Professor of Engineering Northeastern University

88



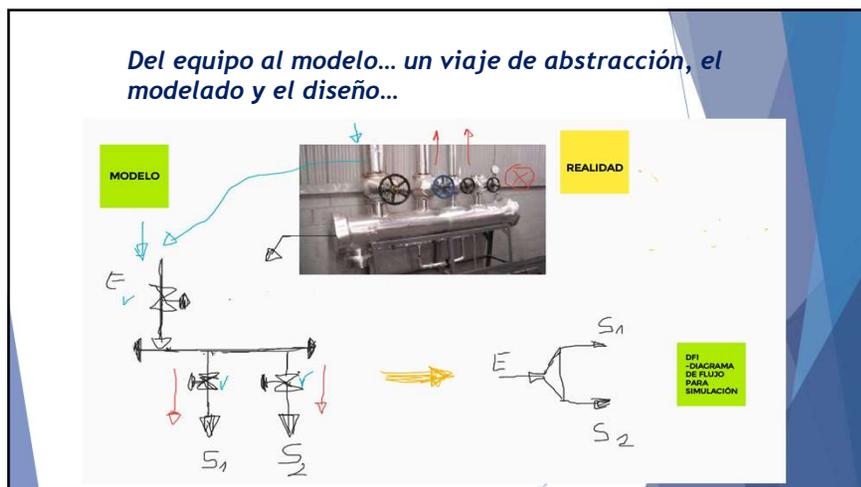
89

Process System Engineering Síntesis, Simulación, Optimización de Procesos

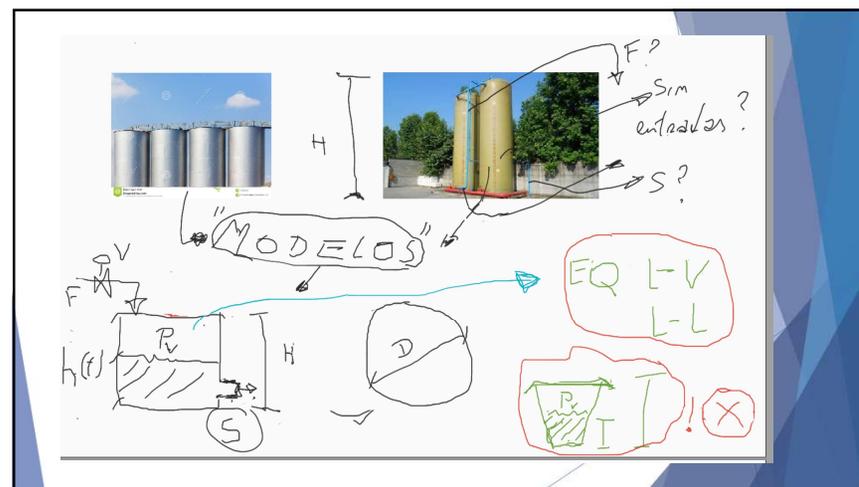
► Los simuladores de procesos, los modelos de equipos, la estimación de propiedades fisicoquímicas, se desarrollaron para procesos "típicos" de la ingeniería química...

Y... serán también aplicables a los "nuevos" procesos que surgen de la evolución científico-tecnológica?

90

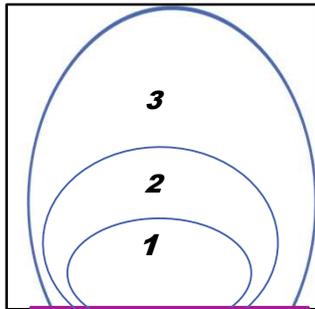


91



92

Modelado



- ▶ **1 = "Modelado hidráulico".** Condiciones para el transporte. Características del Recipiente contenedor. Configuración. Cantidad de Movimiento (presiones)
Masa. Entradas, Acumulación y Salidas. Balance Global y Componentes.
Energía. Entradas, Acumulación y Salidas. Balance Global.
- ▶ **2 = Equilibrio de Fases. Inertes.**
- ▶ **3 = Reacción Química. Interacción con el medio**

93

En la actualidad, existen operando industrialmente una variedad muy grande de procesos. No todos pueden representarse fácilmente mediante simuladores comerciales.

- ▶ **Procesos continuos**
- ▶ **Petroquímica, destilaciones, manejo de fluidos**
- ▶ **Sistemas y Procesos de obtención de Energía**
- ▶ **Procesos biotecnológicos, biogás, biocombustibles, entre otros**
- ▶ **Bioreactores, Reactores complejos,**
- ▶ **Procesos metalúrgicos, siderúrgicos,**
- ▶ **Alimentos, Aceite por extracción / prensado , Ambientales, etc..**
- ▶ **Procesos Batch**
- ▶ **Procesos Nucleares, Procesos muy específicos....**

94

Análisis Prospectivo de la Ingeniería Química
BIOCOMBUSTIBLES

**¿QUE SON?,
VENTAJAS,
INCONVENIENTES**

95

Perfeccionamiento/Optimización de Procesos.
Tendencia en biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles que se obtienen a partir de biomasa, es decir, de organismos recientemente vivos (como plantas) o sus desechos metabólicos (como estiércol).

96

VENTAJAS

- ▶ **Su utilización disminuye el consumo de petróleo o gas (no renovables)**
- ▶ **Los combustibles fósiles, además de ser altamente contaminantes para la atmósfera y tóxicos**
- ▶ **Se genera más puestos de trabajo en el campo, impactan benéficamente en la economía de determinada región o país.**

97

beneficios ecológicos (bioeconomía)

- ▶ **Sin emisión neta de CO₂ (efecto invernadero)**
- ▶ **Sin emisión de SO₂ (lluvia ácida).**
- ▶ **No emite aromáticos cancerígenos**
- ▶ **Pueden procesarse residuos (basuras, grasas animales, aceites usados, restos de materia agrícola)**

98

ciclo cerrado: el CO₂ emitido en la combustión se ha consumido durante el crecimiento de la biomasa. no hay emisión neta



6

99

CRISIS DE ALIMENTOS EN BIOCOMBUSTIBLES



Fuente: <http://www.caglecartoons.com>

CORPODIB

100

INCONVENIENTES

- ▶ *Destruir ecosistemas y aumentar los precios de los alimentos básicos.*
- ▶ *Provocar que muchas tierras de cultivo de alimentos se destinen a cultivos energéticos.*
- ▶ *Provocaría un grave impacto medioambiental en forma de la pérdida de fauna y flora y el posible desequilibrio en el clima.*
- ▶ *Enormes costos sociales derivados de su producción y el daño ambiental.*

101

SE ESTIMA QUE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LOS PROXIMOS 20 AÑOS SUSTITUIRÁN ENTRE EL 10 al 20% DEL PETRÓLEO CRUDO.

LOS BIOCOMBUSTIBLES SERÁN UNA GRAN AYUDA EN LA CRISIS ENERGÉTICA PERO NO SERÁN LA SOLUCIÓN

102

BIOCOMBUSTIBLES

En general son obtenidos del agro.

- Bioalcohol** (Maíz, Caña de Azúcar, Remolacha Azucarera, etc.)
- Biodiésel** (Palma Africana, Jatropha, Soya, Colza, etc.)

Para ser usados puros o mezclados con los combustibles fósiles tradicionales, gasolina y diésel.

103

Biodiesel

Es un combustible obtenido a partir de grasas de animales o aceites vegetales. Los ésteres que forman parte de las grasas y aceites, llamados triglicéridos (ésteres de glicerina), reaccionan con metanol (CH_3OH), obteniéndose ésteres metílicos (biodiésel) y glicerina. Se emplea hidróxido de sodio (NaOH), u otra base similar, como catalizador.

Se pueden emplear también otros alcoholes, aunque generalmente es metanol. El biodiésel presenta algunas ventajas comparado con los combustibles fósiles,

La materia prima de la que se obtiene (biomasa) es un recurso renovable

En la combustión sólo se emite CO_2 y agua, mientras que los combustibles fósiles emiten además SO_2 y residuos sólidos.

Por otra parte, la glicerina que se obtiene como subproducto se puede emplear en otros procesos industriales.

104

BIOETANOL

- ▶ **El bioetanol**, también llamado etanol de biomasa, se obtiene a partir de **maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha....** Brasil es el principal productor de Bioetanol.
- ▶ En Brasil desde hace muchos años, se produce etanol a gran escala a partir de melazas de caña de azúcar o pulpa de mandioca.
- ▶ Este biocombustible se mezcla aproximadamente al 20% con la gasolina que utilizan los automóviles



105

UNA DESVENTAJA RELEVANTE

- ▶ **El uso del suelo para cultivo alimenticio entra en competencia con la agricultura destinada a cultivos energéticos.**

10

106

GENERACIONES DE BIOCOMBUSTIBLES

- BIOCOMBUSTIBLES DE PRIMERA GENERACION (1r G)**
CULTIVOS
Alcohol de caña de azúcar, maíz, remolacha azucarera, etc.
Biodiesel de palma africana y Jatropha
- BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACION (2da G)**
MATERIALES LIGNO-CELULOSICOS (Residuos agrícolas)
procesos en desarrollo.....
- BIOCOMBUSTIBLES DE TERCERA GENERACION (3r G)**
MICROALGAS (Laboratorio)
productividad mayor que los de primera generación.....

107

Celulosa. Desechos industria maderera, paja, material celulósico..

Los estudios prospectivos concluyen en la posibilidad de un gran desarrollo de la obtención de alcohol de 2ª generación a partir de la celulosa.

108

I + D +(i)

► **Ciencia:**

Biocombustibles 3G.
Herramientas (modelos matemáticos) que ponderen el uso del suelo y el balance energético y de CO₂ de los diferentes tipos de biocombustibles.

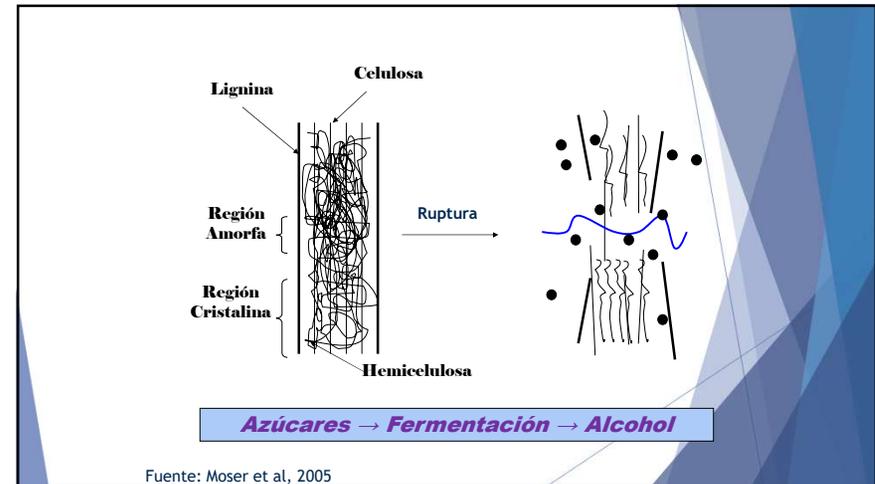
► **Tecnología:**

-Escalar e Industrializar los procesos de obtención de biocombustibles 2G y 3G.

-Diversificar aplicaciones, por ejemplo biocombustibles en aeronáutica.

24

109



110

Biocombustibles 3G

- **tercera generación (algas, fitoplacton).**
- La segunda y tercera generación ofrecen mejores perspectivas energéticas, medioambientales y económicas
- La UE destina miles de millones de euros a la I+D en biocombustibles 2G. Se necesita 1000 veces más de suelo con 1G que con 2G y 3G

14

111

Industria actual de los Biocombustibles

En la actualidad, el Agro es el único sector en condiciones para asegurar una actividad acorde con la demanda.

Esto es, proveer materia prima con todos los requisitos técnicos para su elaboración, calidad en los volúmenes demandados para uso extendido y continuo por un mercado masivo como el de combustibles.

112

MATERIAS PRIMAS

- ▶ **PALMA ACEITERA**
- ▶ **ALGODÓN**
- ▶ **Granos más utilizados:**
 - SOJA: es la más importante fuente de aceite**
 - Maiz...etanol**
- GIRASOL**
- COLZA O ACEITE DE CANOLA**
- ▶ **.....**

113

113

Bioetanol



114

Fermentación.



- ▶ **La fermentación es un proceso un proceso catabólico realizado por microorganismos bajo condiciones anaerobias transformando la glucosa en etanol (bioetanol).**
- ▶ **Este proceso es aplicado de dos maneras para la producción de biocombustibles.**
- ▶ **La hidrólisis enzimática.**
- ▶ **La biodigestión.**

115

Biogás



El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos, (bacterias metanogénicas, etc...), y otros factores, en ausencia de aire (esto es, en un ambiente anaeróbico) en biodigestores.

116

Simulación de Algunos Procesos Representativos

- ▶ Dadas la evolución en general, y en cada sector en particular, los procesos existentes se optimizan para ganar eficiencia,
- ▶ Mientras que surgen otros cuyas características son disruptivas respecto a la generación anterior.
- ▶ En cualquier caso, el Modelado, y su posterior implementación en algoritmos computacionales, será posible, aunque con un grado de esfuerzo que depende de la rigurosidad de la representación deseada y de la naturaleza de los fenómenos involucrados en el proceso.

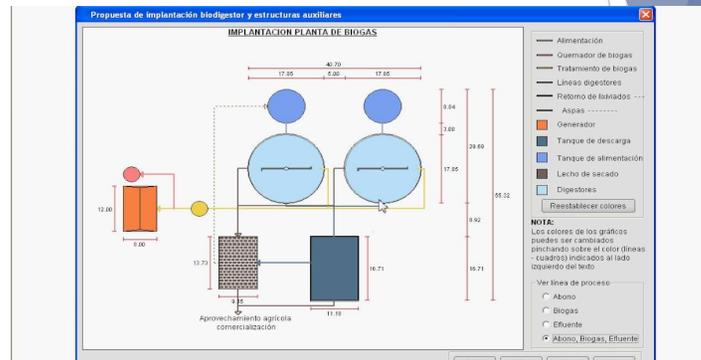
117

Bioreactores. Biogas



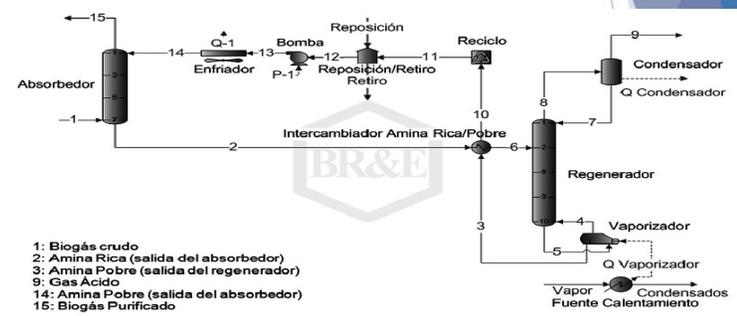
118

Software Biodigestor-pro para el dimensionamiento y diseño conceptual de biodigestores que se construyen sobre tierra (tanques) o bajo tierra (tipo laguna). El programa permite el ingreso de hasta 5 tipos de estercoles mezclados con otros tipos de biomasa y aguas residuales <https://www.aqualimpia.com/software-biodigestor/>.

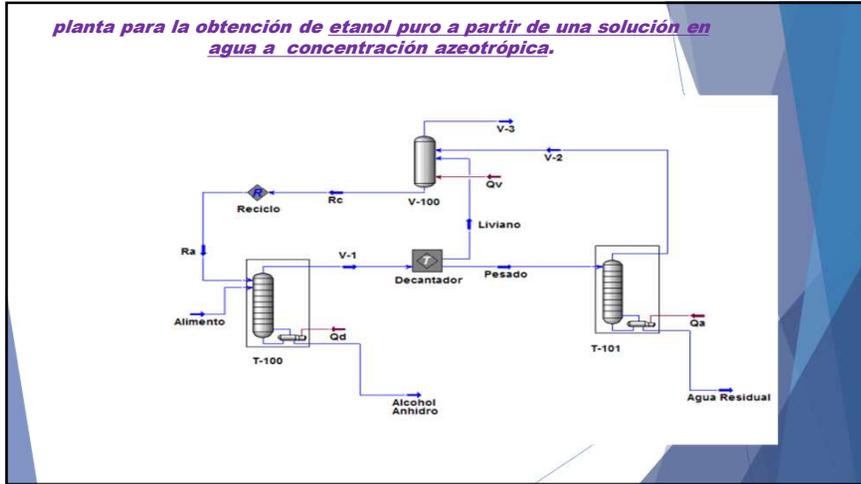


119

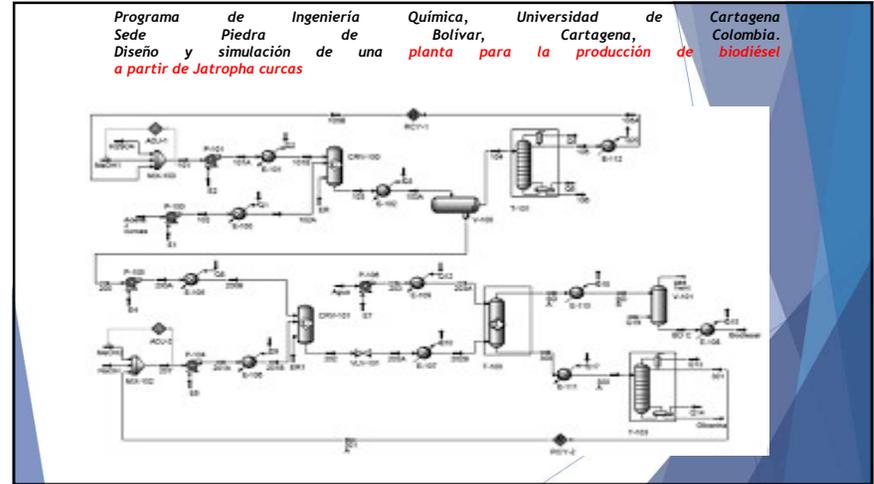
Esquema del proceso convencional de absorción-desorción para la purificación de biogás. Simulación del Proceso de Absorción Química con Soluciones de Aminas para la Purificación de Biogás. Betzabet Morero, Enrique A. Campanella



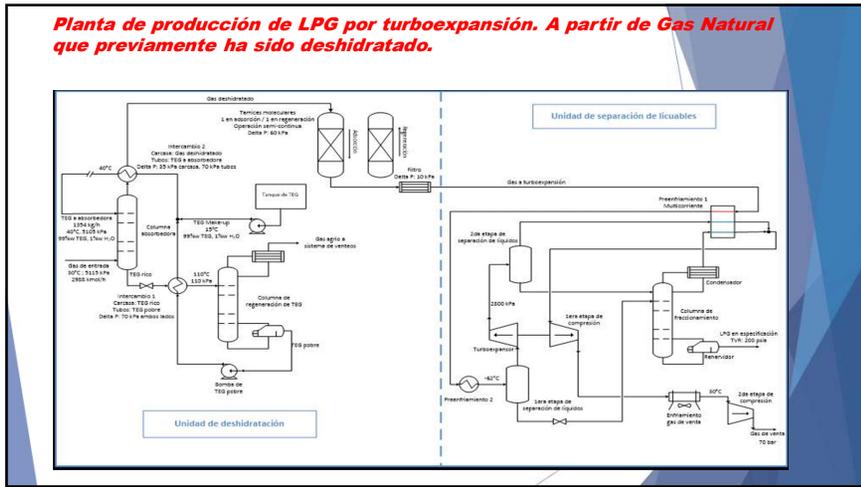
120



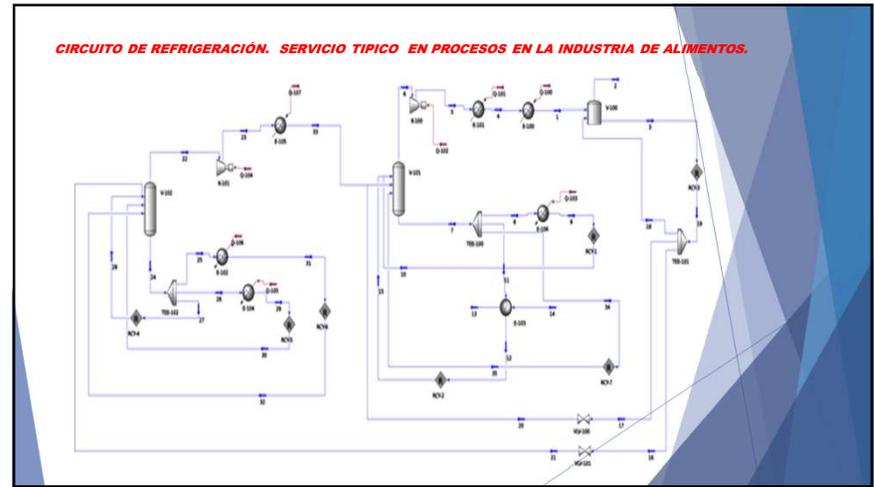
121



122

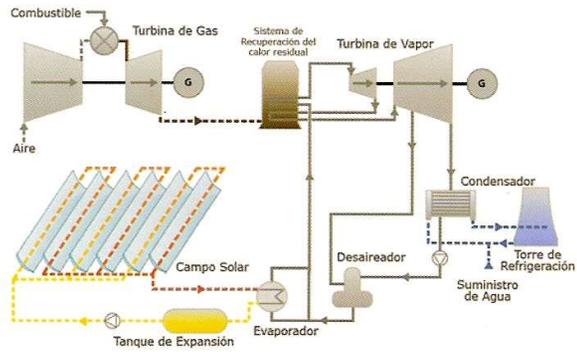


123



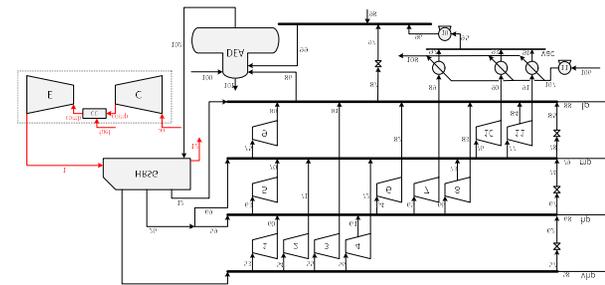
124

Planta híbrida de ciclo combinado



125

Sistema de Cogeneración



126

Qué es un proceso?

se describe mediante documentos tales como planos, manuales de distinto tipo, que se corresponden con la planta construida, instalada. Se necesita además asesoramiento por parte del proveedor en la puesta en marcha y en la operación (el know-how)....

Qué se asocia a un proceso entonces?

Un listado de instrucciones y manuales, planos tales como los P+I+D, el piping, detalles de equipos, entre otros, layout, y demás documentación descriptiva...

y las instrucciones para su operación, que integralmente podemos denominar el know-how correspondiente a dicho proceso...

127

Una visión Sistémica. Proceso químico

Conjunto de etapas o fases de procesamiento, dispuestas según una estructura, que permiten transformar materias primas en productos y subproductos, en general demandando servicios auxiliares, con el objetivo de agregar valor a los materiales de partida.

128

Proceso químico

Sistema formado por “dispositivos” (operaciones unitarias), interconectados en forma tal, que inducen cambios físicoquímicos, biológicos, electromagnéticos o de otra índole, a escala macro, micro o nano, para lograr productos o sistemas de interés.

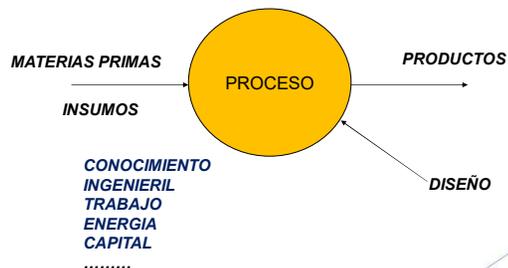
129

Visión Sistémica de la Ingeniería de Procesos

- ▶ *Proces System Engineering (Diseño Sistémico de Procesos?)*
- ▶ *Estudio sistémico, integral de los procesos*
- ▶ *Síntesis de procesos (variable estructural), Simulación de Procesos (resolución de balances de materia y energía), diseño óptimo de procesos (optimización)...*

130

¿Cómo presentamos a un Proceso químico Industrial?



131

Materias Primas e Insumos

Elementos de origen natural y/o artificial, que incorporados a un proceso, mediante transferencia de energía, de materia o cantidad de movimiento, son transformados en los productos deseados (con la producción eventual de distintos subproductos), efluentes, desechos....

132

Servicios auxiliares

- Elementos/dispositivos necesarios para poder transformar la MP en Productos y subproductos.
- Aguas de refrigeración
- Vapor de baja, media, alta
- Energía en diversas formas
- Etc.

133

Energía

- ✓ **Eléctrica, Energía alternativas o sustentables**
- ✓ **Energía mecánica (vapor como fuerza motriz), otras..**
- ✓ **Química (combustible, calor de reacción)**
- ✓ **Potencial (diferencias de altura, gradientes en sistemas a presión..etc)**
- ✓ **“Energía humana” (operación, control, supervisión)..Sistemas Robotizados?**

134

“Nuevos” Requerimientos

- ✓ **Sustentabilidad. Amigable con el ambiente (tratamiento de efluentes, evitar contaminación, operación correcta, Análisis de Ciclo de vida, etc.)**
- ✓ **Calidad**
- ✓ **Confiabilidad. Mantenimiento adecuado - Disponibilidad (diseño inherentemente seguro, diseño basado en riesgos)**
- ✓ **Requerimientos normativos**
- ✓ **Buena práctica ingenieril**
- ✓ **.....**

135

Ingeniería de Procesos

Diseño de Procesos Industriales

- ▶ Ingeniería Conceptual
- ▶ Ingeniería de Detalle

136

Diseño de Procesos Industriales. Ingeniería Conceptual y de Detalle

- Inq Conceptual
- diagramas de flujo donde se especifique corrientes y sus propiedades, diagramas en bloque
- balances de masa y energía con y sin reacción química, fenómenos de transporte y operaciones unitarias, Diseño de sistemas de servicios, tratamiento de efluentes, otros..
- evaluación y análisis de condiciones técnico-económicas, de seguridad y desempeño ambiental...layout, otros.
- **Planos Detallados P+I+D => Base para Construcción...**
- Inq de Detalle
- Detalles Constructivos de cada equipo, servicios, instrumentación y control, piping, fundaciones, etc..

137

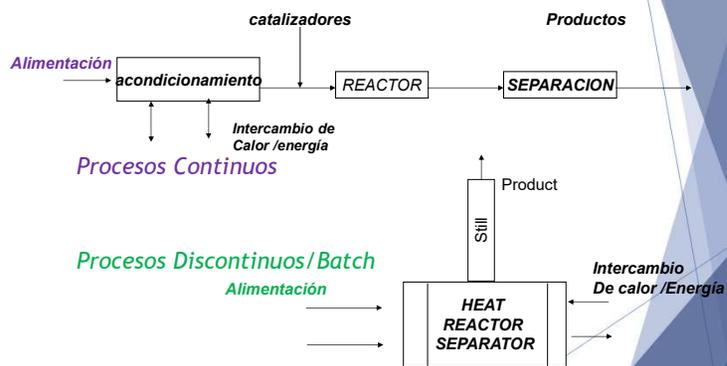
Diseño de Procesos Industriales

Tipos de Procesos:

Continuo / Discontinuo (batch)

138

Diseño de Procesos Industriales



139

Diferencias entre Proceso continuo y Batch

- ▶ **Diagrama de procesos diferentes**
- ▶ **Modelado diferente**
- ▶ **Simuladores distintos**
- ▶ **Representación de la información diferente**
- ▶ **Importa además de la representación estructural, la planificación temporal de las etapas de producción, o "Receta".**

140

Supongamos un caso genérico, proceso "típico" basado en una reacción química, y separación de productos con reciclo.

Producción de los productos PC y PD,

A partir de la transformación de las materias primas de partida (A y B). La reacción es la indicada en la figura.

El proceso estacionario propuesto es deducible de modo general con observar el diagrama de flujos, en el cual se indican los recipientes de almacenamiento de los reactivos A y B, las líneas de alimentación al reactor y los elementos de bombeo para A, B, y además para R, el reciclo, que involucra a los reactivos sin reaccionar, dado que la reacción es reversible.

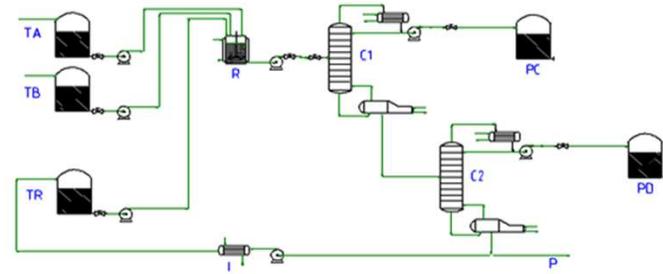
La salida del Reactor R se alimenta al tren de separación de destilación, C1 y C2.

Por el tope de la primera se obtiene el producto C, y la corriente del fondo se alimenta a la columna C2. En ella, por tope se obtiene el producto D, y por fondo la mezcla no reaccionante se recicla al tanque TR y al reactor.

El reciclo es acondicionado térmicamente, previo al depósito en el tanque TR. También se indica una corriente de purga, para evitar la acumulación de inertes en el proceso (P).

141

Proceso Continuo (estado estacionario)



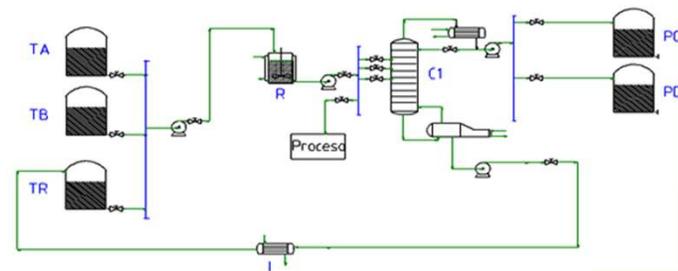
142

Cómo sería el mismo proceso, en modo Batch?

Se realiza etapa de procesamiento (operación) a etapa...secuencialmente, según una receta de producción dada...

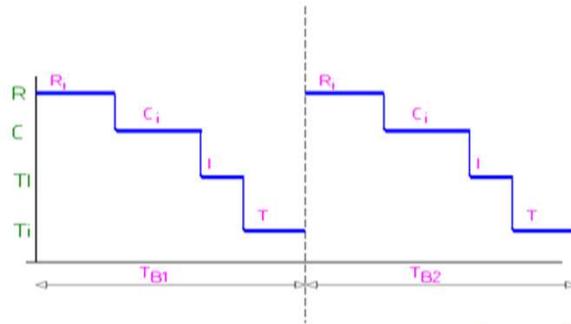
143

Proceso Batch



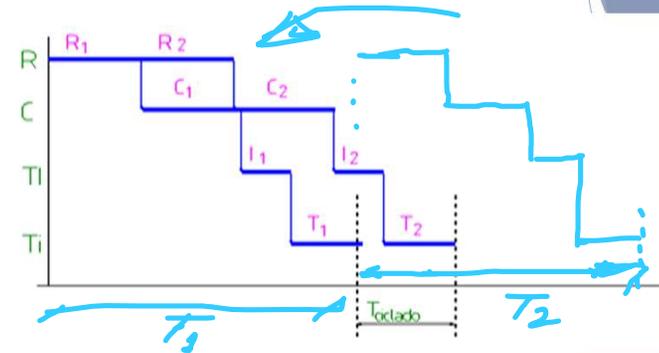
144

Diagrama de Gant (secuencia temporal de tareas)



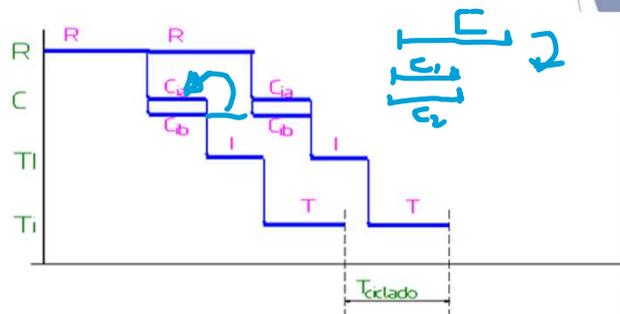
145

¿Cómo reducir el tiempo de ciclado?. Mediante el solapamiento entre etapas o tareas



146

Dividir en 2 etapas en paralelo la operación destilación. implica que en la planta debe de haber disponible una nueva columna



147

Monoproducto - Multiproducto - Multipropósito

La planta analizada es monoproducto, en el sentido que solo produce C y D como consecuencia de la única receta de producción establecida.

Sin embargo, al optimizarla en función del horizonte de tiempo para la producción, aprovechando los recursos existentes, también se complica la operación del proceso y se ocupan más equipos/recursos en simultáneo.

Mientras se produzca en serie cada campaña (receta de producción), una planta multiproducto no agregaría más complejidad operacional, salvo la multiplicidad de recetas a conocer por los operadores, la lógica de control y procedimientos operativos, etc.

Finalmente, no podemos decir lo mismo en un modo de producción multipropósito, ya que al necesitarse superponer el uso simultáneo de los recursos (recetas simultáneas), y complicar los modos de producción para cada caso en particular –optimizando su horizonte de tiempo individual–, se comprende la magnitud del problema de optimización del programa de producción de plantas batch (tiempo del horizonte total de producción de la planta), y de cada uno de los productos / recetas en particular, que además cambia según la demanda puntual de cada producto, con frecuencia variable...

148

Procesos Estacionarios Vs Batch. Características/diferencias según la producción o el mercado

Escala de producción: Batch (gramos...hasta-Kg) .. Los productos de la química de las especialidades/ química fina, cuya escala de producción es mucho menor, tienen un precio de elevado a muy elevado por tonelada producida.

Continuos, toneladas..a miles de toneladas anuales. Generalmente la producción masiva (petroquímica, alcohol, materias primas a granel) tienen un precio bajo por unidad de producto (tonelada)

149

Proceso continuo

- ▶ **Condiciones de operación estacionarias**
- ▶ **Gran escala de Producción**
- ▶ **Cada equipo realiza una operación o función específica.**
- ▶ **Flujos importantes**

Proceso discontinuo (Batch)

- ▶ **Funcionamiento intermitente/cíclico, discontinuo**
- ▶ **Ciclos de operación**
- ▶ **Pequeña escala de producción**
- ▶ **Plantas flexibles, multiproducto y multipropósito**
- ▶ **Grandes tiempos de procesamientos o residencia**
- ▶ **Flujos pequeños**

150

Proceso continuo

- ▶ **Calidad del producto constante**
- ▶ **Velocidad de producción constante**
- ▶ **Poca mano de obra**
- ▶ **Alta automatización**

Proceso discontinuo (Batch)

- ▶ **Productos de calidad variable**
- ▶ **Velocidad de producción variable**
- ▶ **Mayor mano de obra Relativa**
- ▶ **Procedimientos de síntesis complejos**
- ▶ **Condiciones de control muy estrictas**
- ▶ **Mas complejos de automatizar.**

151

OPERACIONES BATCH EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.

Las tres fases principales para la manufactura de productos farmacéuticos son:

1. Síntesis
2. Purificación
3. Formulación/dosificación

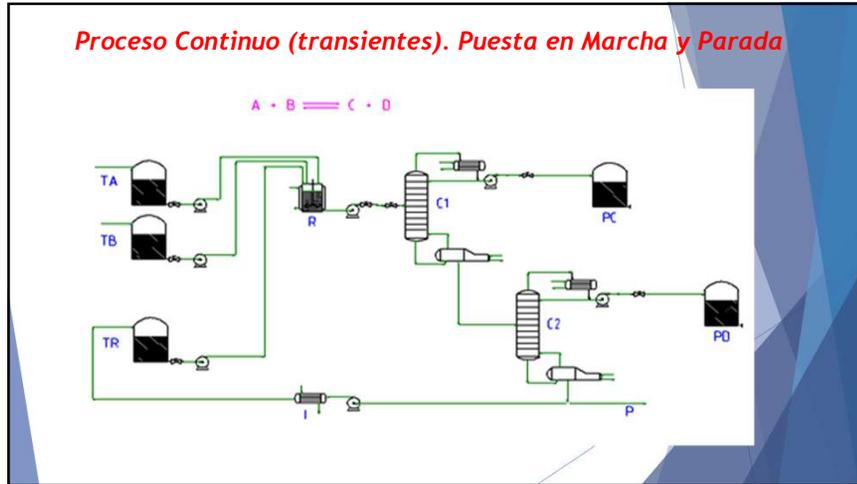
La etapa 1 y 2 en general, desde el punto de vista productivo, conforman la farmoquímica

Las industrias farmacéuticas emplean un conjunto de operaciones batch en plantas multipropósito

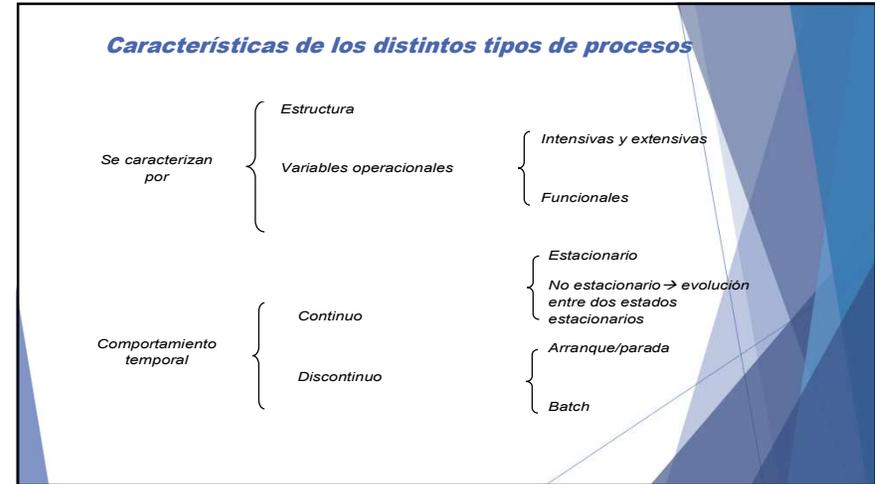
Cada producto es generalmente fabricado por campañas, durante la cual una o mas líneas son usadas por semanas o meses para fabricar la cantidad de la demanda proyectada.

Luego de la limpieza de los equipos, los equipos estándares/existentes pueden ser usados para fabricar otro producto usando otras materias primas de acuerdo a la "receta" de producción batch.

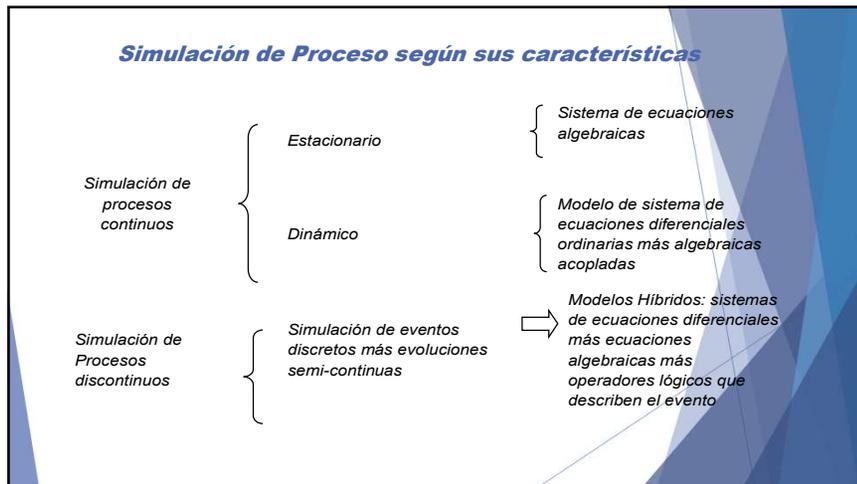
152



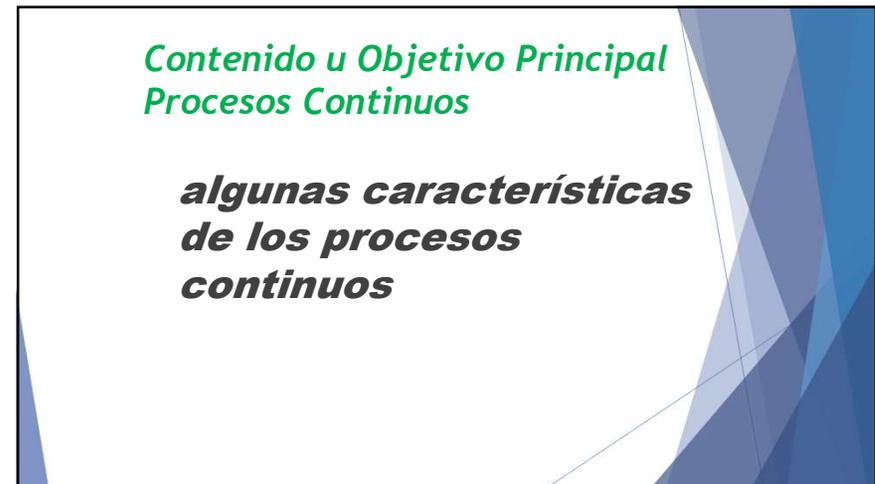
153



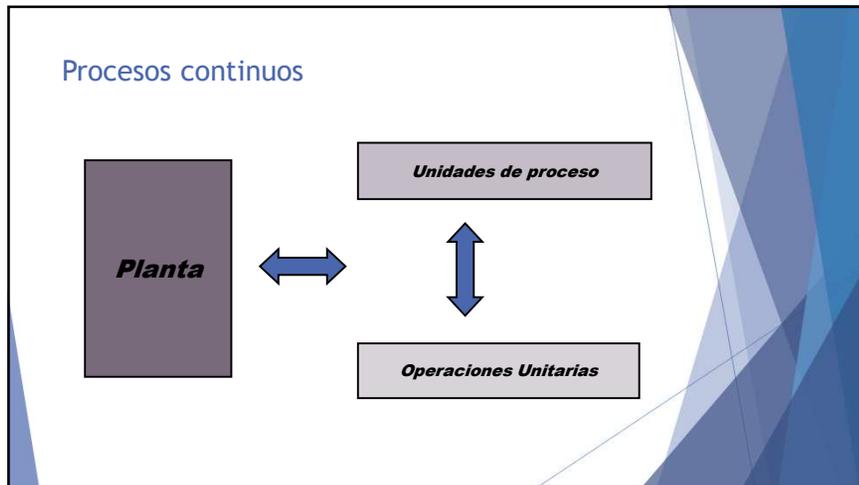
154



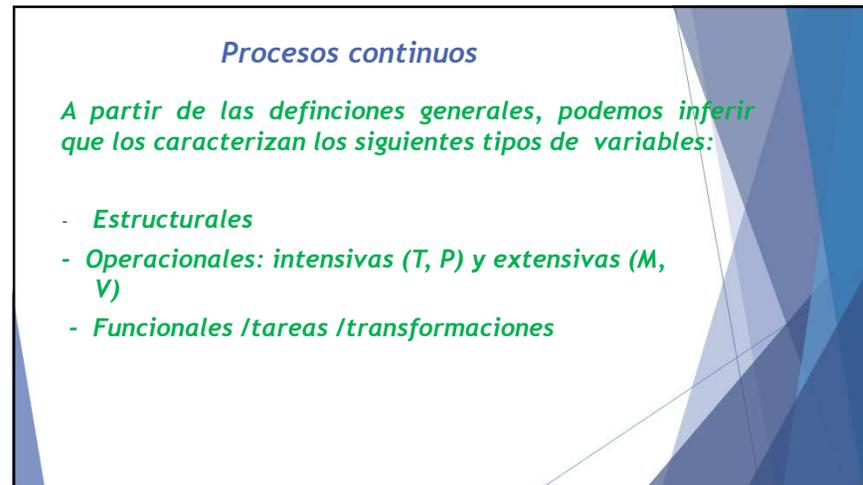
155



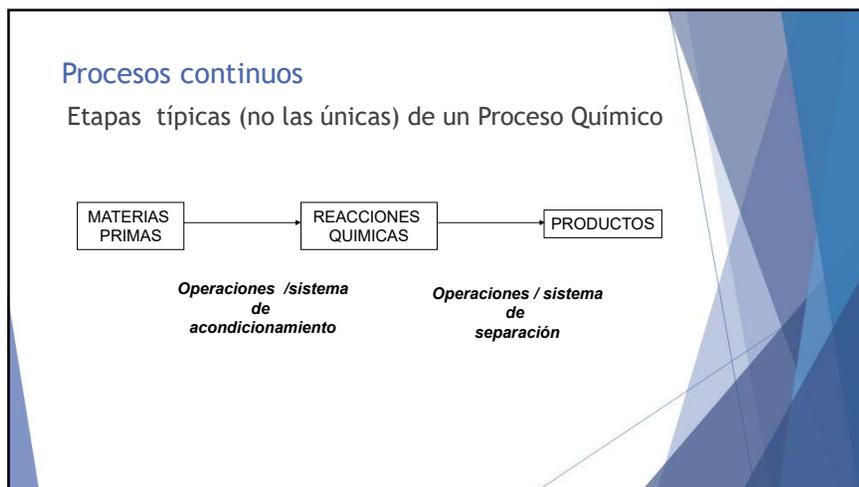
156



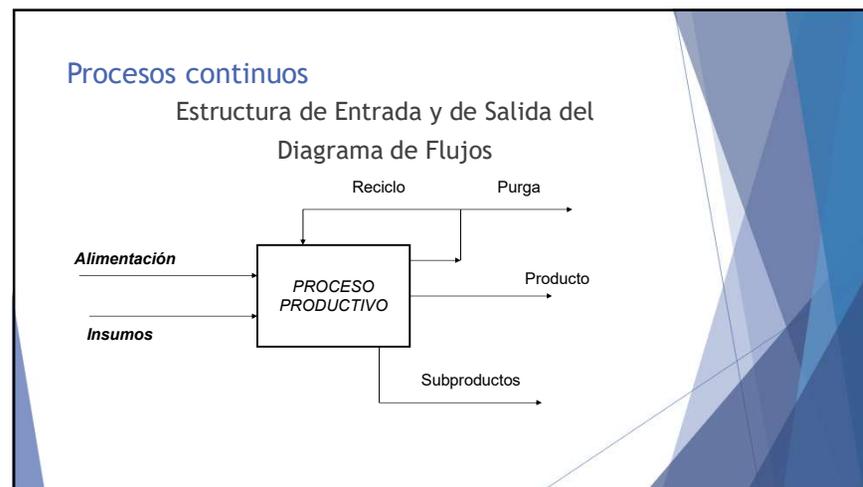
157



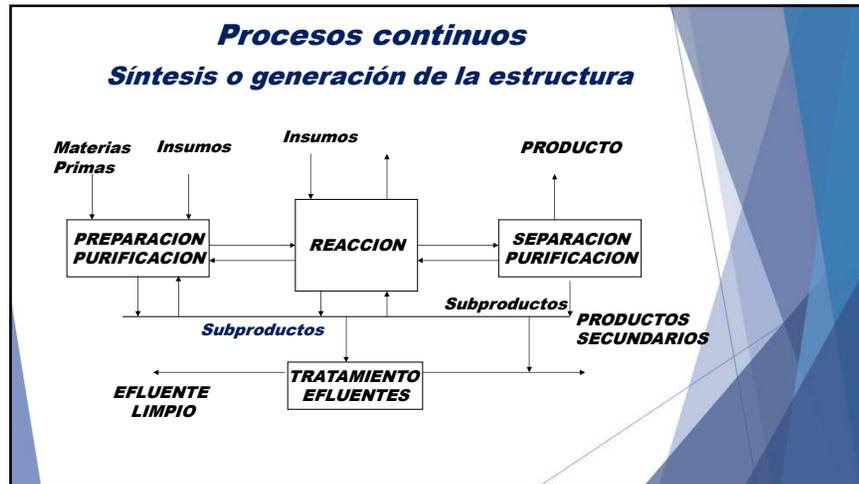
158



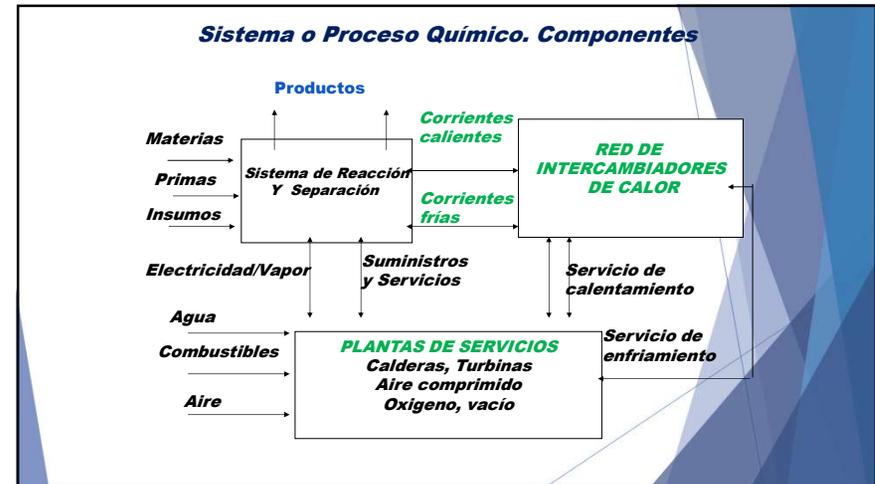
159



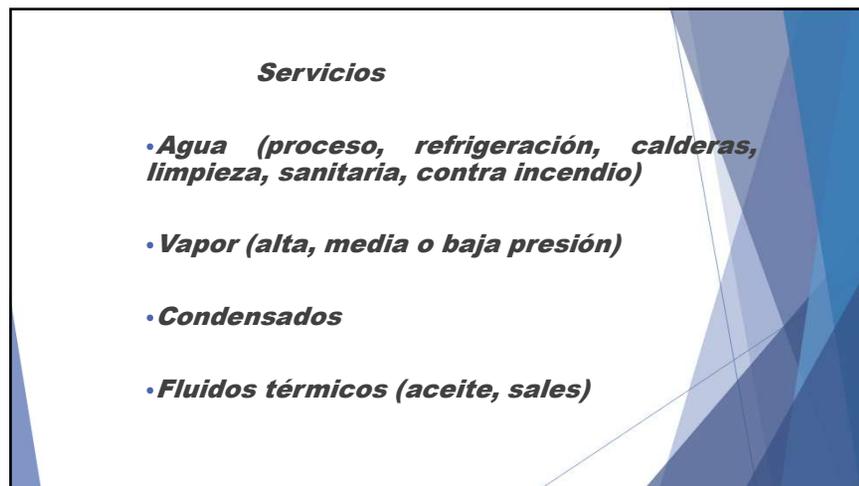
160



161



162



163



164

Representación de los procesos químicos

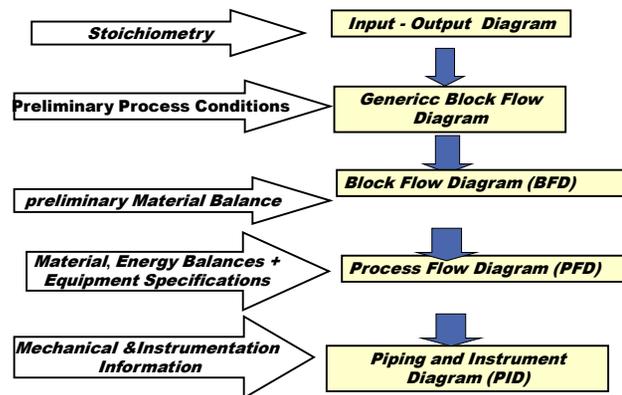
165

¿ Como se representa un proceso químico?

- ▶ *Mediantes planos que tienen distintos grados de complejidad y de profundidad de detalle*
- ▶ *Diagrama de bloques (BFD)*
- ▶ *Diagrama de Flujo de Procesos (PFD)*
- ▶ *Diagrama de Cañerías e Instrumentación (P+I+D)*
- ▶ *Diagrama Isométricos (cañerías y equipos)*

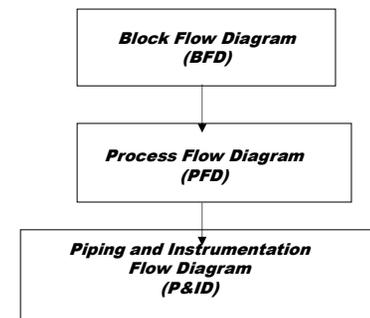
166

Chemical Process Diagrams

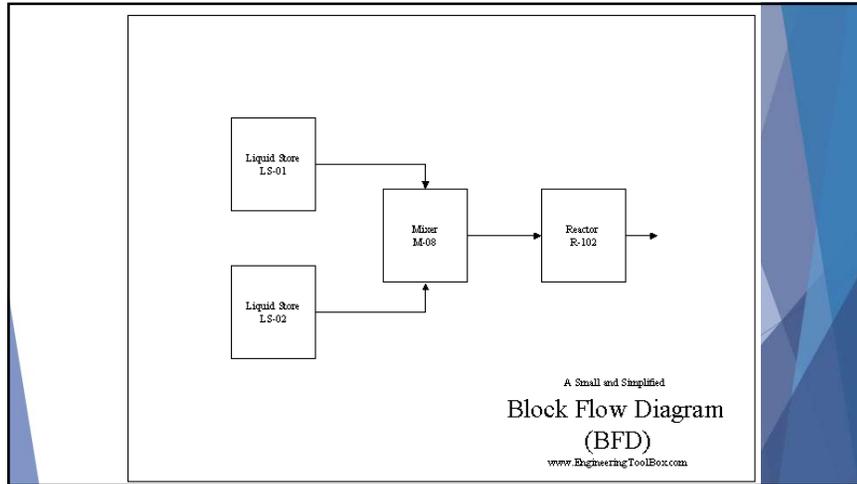


167

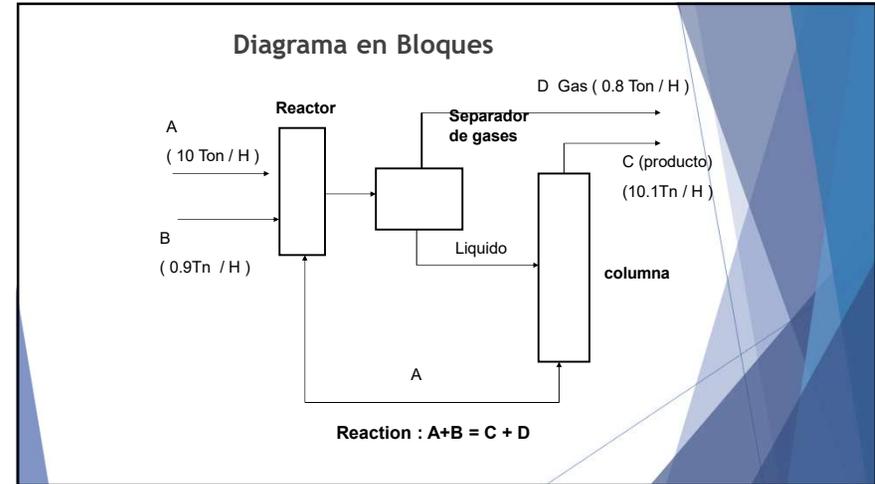
Sequence of Process Design



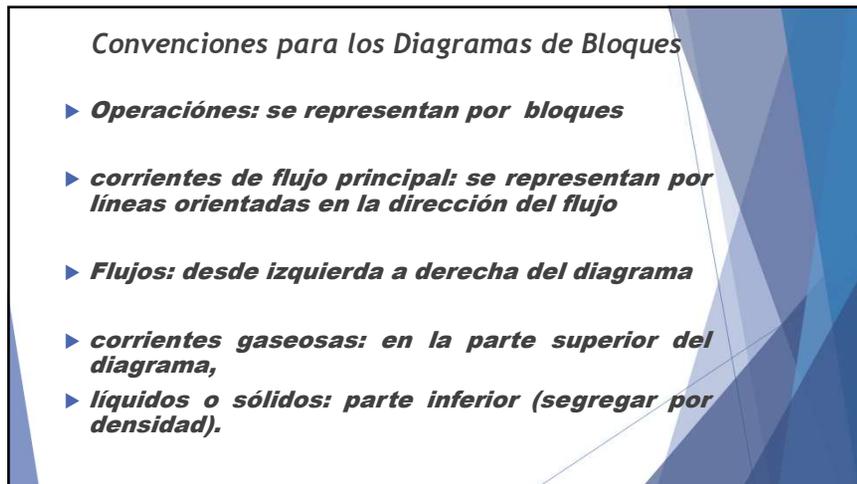
168



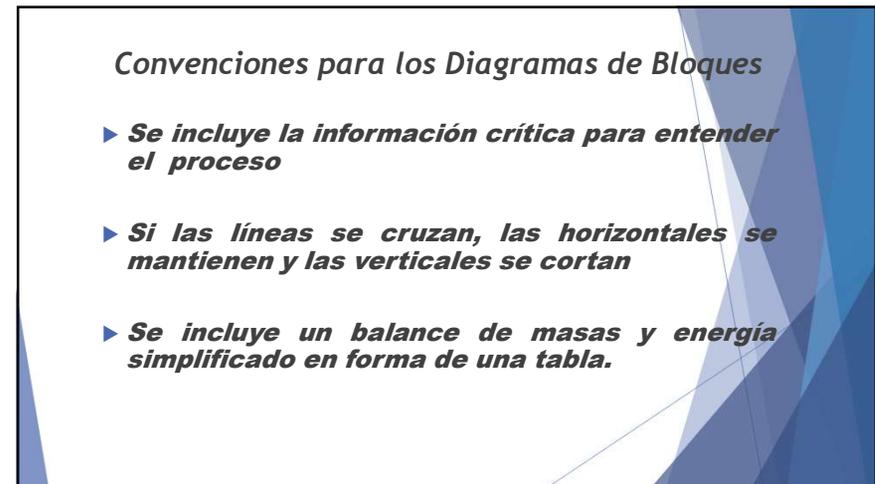
169



170



171



172

DIAGRAMA DE FLUJOS

173

Convenciones

- ▶ **Se deben representar TODAS las corrientes de servicios (vapor, aire, calefacción, etc.) que se alimentan a cada producto de alimentación.**
- ▶ **Se deben representar los lazos de control básicos que aseguran la estabilidad de las condiciones del proceso durante la operación normal.**

174

Convenciones

Se representan TODOS los equipos junto con su descripción. NUMERARLOS Y NOMBRARLOS

- ▶ **NUMERAR las corrientes de proceso**
- ▶ **incluir las condiciones (temperatura, presión), flujos y composición química ya sea en el diagrama o en una TABLA adjunta.**

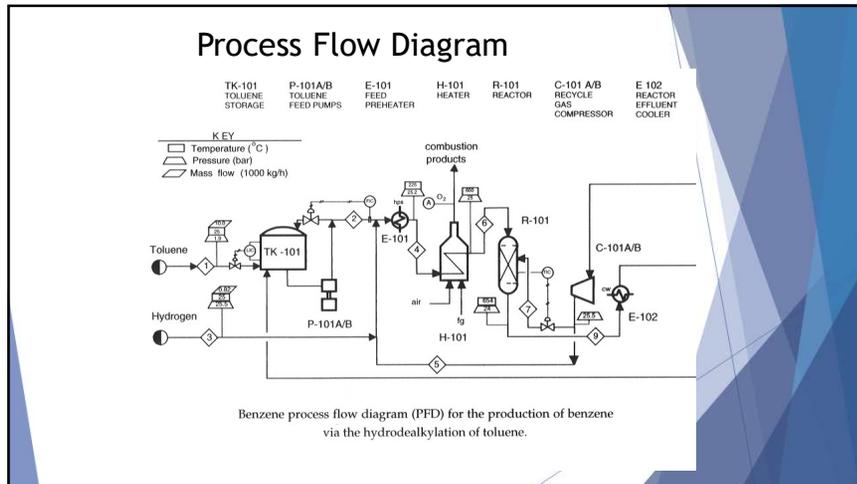
175

Convenciones

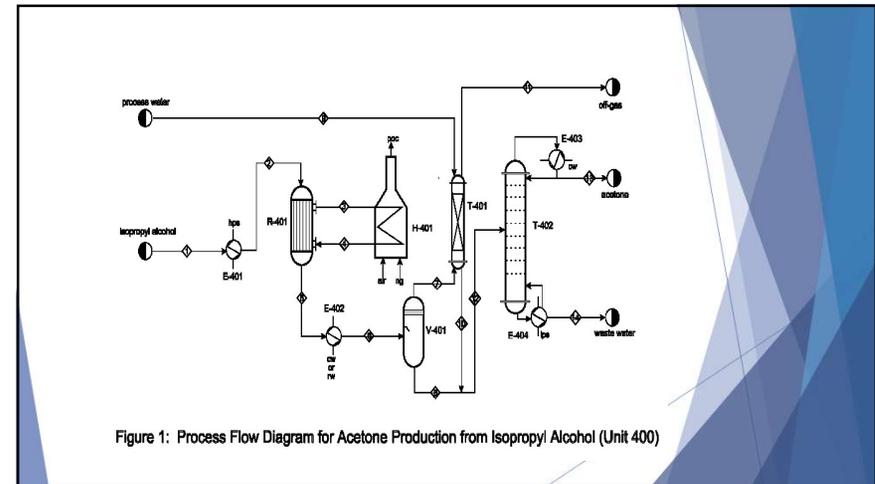
Definir las estrategias básicas de control, e indicar los lazos. Identificarlos

- ▶ **Indicar todos los servicios y las líneas asociadas. Condiciones**

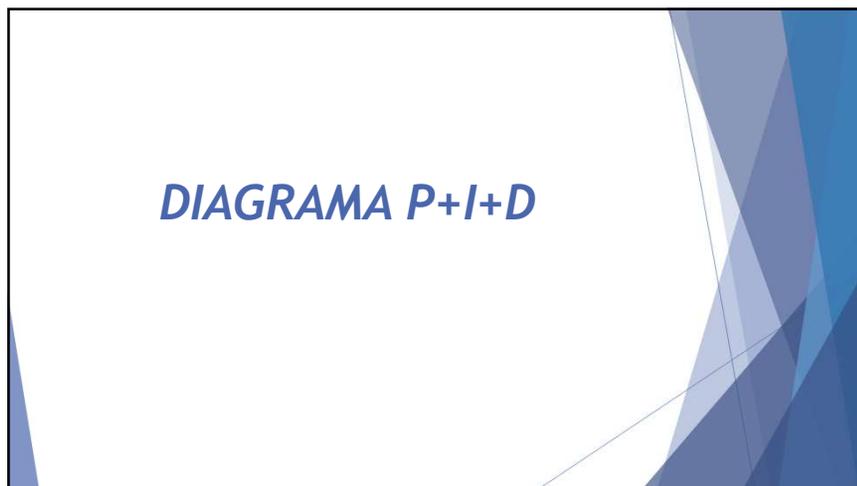
176



177



178



179

Piping and Instrumentation Diagrams (P&ID's)

- ▶ P & ID's represent the last step in process design
- ▶ Requires completed process flow diagrams (PFD's)
- ▶ P & ID's are a key document for construction and operation of a facility
 - ▶ The source of data for instrument lists, equipment lists, piping isometrics.
 - ▶ Referred to frequently during HAZOP, startup, routine operation, maintenance, debottlenecking, and upgrades
- ▶ **A process cannot be adequately designed without proper P & ID's**

180

Components of a P & ID

- ▶ *The P&ID includes every mechanical aspect of the plant (with some exceptions to be detailed shortly).*
- ▶ *Each PFD will require many P&IDs to provide the necessary data.*

181

Importance of P & IDs

- ▶ *The P&ID is the last stage of process design and serves as a guide by those who will be responsible for the final design and construction. Based on the P&ID:*
 - ▶ *Mechanical and civil engineers will design and install pieces of equipment.*
 - ▶ *Instrument engineers will specify, install, and check control systems*
 - ▶ *Piping engineers will develop plant layout and elevation drawings.*
 - ▶ *Project engineers will develop plant and construction schedules.*

182

Conventions in Constructing P&IDs

- ▶ *For equipment-show every piece including*
 - ▶ *spare units*
 - ▶ *parallel units*
 - ▶ *Summary details of each unit*
- ▶ *For piping-include all lines including drains, sample connections and specify*
 - ▶ *size (use standard sizes)*
 - ▶ *schedule (thickness)*
 - ▶ *materials of construction*
 - ▶ *insulation (thickness and type)*

183

Conventions in Constructing P&IDs (cont'd)

- ▶ *For instruments-identify*
 - ▶ *indicators*
 - ▶ *recorders*
 - ▶ *controllers*
 - ▶ *show instrument lines*
- ▶ *For utilities-identify*
 - ▶ *entrance utilities*
 - ▶ *exit utilities*
 - ▶ *exit to waste treatment facilities*

184

Exclusions from P & Ds

- ▶ **Operating Conditions T, P**
- ▶ **Stream Flows**
- ▶ **Equipment locations**
- ▶ **Pipe routing**
 - ▶ pipe lengths
 - ▶ pipe fittings
- ▶ **Supports, structures, and foundations**

185

Información para las corrientes de flujo

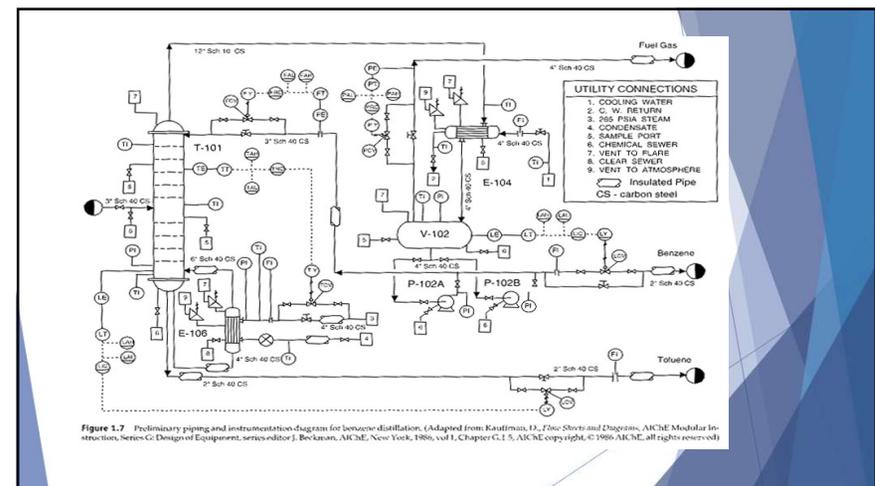
- | | |
|--|--|
| <p>Como mínimo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Número de la corriente ▶ Temperatura (°C) ▶ Presión (bar) ▶ Fracción vapor ▶ Flujo total másico (Kg/h) ▶ Flujo molar total (Kmol/h) ▶ Flujo molar para cada componente (Kmol/h) | <p>Muchas veces , además..</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Fracciones molares de los componentes ▶ Fracciones másicas de los componentes ▶ Flujo volumétrico ▶ Propiedades físicas (densidad , viscosidad...) ▶ Datos termodinámicos (calor específico, entalpia...) ▶ Nombre de la corriente |
|--|--|

186

Procedure for Development of P&ID's

- ▶ Begin with approved PFD.
 - ▶ Place each piece of major equipment on a separate sheet.
 - ▶ give each item a tag number, e.g. the first tank in the process flow is tagged T-1...
 - ▶ Put process lines on flow sheet
 - ▶ Put inlet streams entering from the left side of sheet.
 - ▶ Put outlet streams exiting to right side of sheet.
- Put item number of source, line size and material of construction on each line. (e.g. the first line from T-1 is tagged T1-1-3"-CS, the second T1-2-6"-316SS)

187



188

