

Equipos
para la educación
en ingeniería

Ingeniería de
procesos



Tabla de materias

Bienvenido a GUNT

En el presente catálogo le ofrecemos una visión general de nuestros innovadores equipos de demostración y ensayo.

Equipos GUNT para:

- Formación en profesiones técnicas
- Formación y perfeccionamiento del personal técnico del comercio y la industria
- Estudio de disciplinas de la ingeniería

Ingeniería de procesos

	Introducción	004
1	Ingeniería de las operaciones básicas mecánicas	006
2	Ingeniería de procesos térmicos	084
3	Ingeniería de procesos químicos	134
4	Ingeniería de procesos biológicos	170
5	Plantas piloto	202
	Índice	222

Pie de imprenta

© 2024 G.U.N.T. Gerätebau GmbH. La reutilización, el almacenamiento, la reproducción y la reimpresión –incluso en extractos– solo se permiten con autorización escrita. GUNT es una marca registrada. Por lo tanto, nuestros productos están protegidos y sujetos a derechos de autor.

No se asume ninguna responsabilidad por errores de impresión. Reservado el derecho de modificaciones.

Fotografías: G.U.N.T. Gerätebau GmbH, fotografías del fabricante, Shutterstock, 123RF.

Diseño y composición: Profisatz.Graphics, Bianca Buhmann, Hamburgo. Impreso en papel ecológico blanqueado sin cloro.

Formación en la ingeniería de procesos con los sistemas de formación GUNT

Áreas principales de la ingeniería de procesos

El objeto de la ingeniería de procesos son los procesos en los que se modifican sustancias en cuanto a su composición o propiedades. Estos procesos se utilizan, por ejemplo, en los siguientes sectores industriales:

- industria química
- industria de alimentos
- industria textil
- industria petroquímica
- ingeniería Ambiental

Para comprender las complejas interrelaciones en la ingeniería de procesos, una formación sistemática de los futuros ingenieros y trabajadores cualificados es esencial. Así pues, históricamente se ha desarrollado y consolidado en la ingeniería de procesos la siguiente división de los distintos procesos básicos en cuatro áreas fundamentales. Esta división se basa en el tipo de influencia que actúa en el respectivo proceso básico.

Ingeniería de las operaciones básicas mecánicas	La ingeniería de las operaciones básicas mecánicas se basa en cambios de las propiedades de los materiales (p. ej. tamaño de las partículas) y de su composición (concentración) debido a fenómenos mecánicos.
Ingeniería de procesos térmicos	La ingeniería de procesos térmicos se centra en los procesos de separación térmica. En mezclas de sustancias formadas por al menos dos componentes, se modifica de forma selectiva la composición de la mezcla (concentración) por medio de procesos de transporte de calor y materia.
Ingeniería de procesos químicos	En la ingeniería de procesos químicos, el cambio de las propiedades de la materia o su composición no son los aspectos prioritarios. El tema central de la ingeniería de procesos químicos es la generación de un nuevo tipo de materia mediante reacciones químicas.
Ingeniería de procesos biológicos	En la ingeniería de procesos biológicos, las transformaciones de sustancias las llevan a cabo organismos biológicamente activos, como bacterias, hongos, algas, células y enzimas. El objetivo de la ingeniería de procesos biológicos es proporcionar las condiciones óptimas para estos organismos.

EE Parte del área de productos Energy & Environment Software GUNT, adquisición de datos digitales, evaluación de ensayos



Estructura del catálogo

La estructura de este catálogo sigue la división clásica de la ingeniería de procesos en las cuatro áreas fundamentales. Los distintos procesos básicos se basan en experiencias y/o leyes mecánicas, térmicas, químicas y biológicas. Además, en el capítulo 5 encontrará varias plantas de ingeniería de procesos a escala piloto.

Un procedimiento fundamental es la unidad más pequeña definida conceptualmente de un proceso completo. La limitación a estas pequeñas unidades resulta útil tanto desde la perspectiva investigadora como didáctica porque, debido a las diversas fases (sólida, líquida y gaseosa) y sustancias implicadas, ya en el nivel de las operaciones básicas, hay que resolver tareas complejas.

	Ingeniería de las operaciones básicas mecánicas	Métodos de separación
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Clasificación ▶ Segregación ▶ Separación por gravedad ▶ Separación por centrifugación ▶ Filtración
	Ingeniería de procesos térmicos	Trituración
		Mezclado
		Aglomeración
		Almacenamiento y flujo de materiales a granel
		Lechos fluidizados y transporte neumático
		Secado
		Evaporación
		Destilación y rectificación
		Absorción
		Adsorción
Cristalización		
	Ingeniería de procesos químicos	Procesos de separación mediante membranas
		Extracción
		Transferencia de masa
	Ingeniería de procesos biológicos	Activación térmica
		Activación catalítica
		Activación fotoquímica
	Plantas piloto	Procesos aeróbicos
		Procesos anaeróbicos
		Plantas de proceso a escala piloto

1 Ingeniería de las operaciones básicas mecánicas

Aprendizaje de las operaciones básicas ecánicas fundamentales para la experimentación

GUNT le ofrece un conjunto completo de equipos para el estudio de los métodos fundamentales del ámbito de la ingeniería de las operaciones básicas mecánicas.

Tenga en cuenta lo siguiente:

Sus laboratorios tienen que estar adecuados para el uso de los equipos. Dependiendo del proceso específico, de las sustancias y de los materiales utilizados, serán necesarios suelos impermeables, desagües, suministro de agua y/o aire comprimido, sistemas de ventilación, cimentaciones especiales, dispositivos para almacenamiento seguro de las sustancias utilizadas, etc.

Para la realización de los análisis en muchos de los ensayos, se necesitará disponer de equipos de análisis profesionales, que se encuentran fuera del ámbito de suministros de los equipos didácticos de GUNT.

Consúltenos y le asesoraremos con mucho gusto.

Introducción	
Vista previa Los conceptos didácticos de GUNT para la ingeniería de las operaciones básicas mecánicas	008

Métodos de separación: clasificación y segregación	
Conocimientos básicos Clasificación	010
Conocimientos básicos Segregación	011
Vista previa CE 275 Separación neumática	012
CE 275 Separación neumática	014
CE 264 Tamizadora	016
Vista previa MT174 Planta de clasificación	017
CE 280 Separación magnética	018

Métodos de separación: separación por gravedad	
Conocimientos básicos Sedimentación	020
Conocimientos básicos Flotación	021
CE 115 Fundamentos de la sedimentación	023
Vista previa HM142 Separación en tanques de sedimentación	024
HM 142 Separación en tanques de sedimentación	026
Vista previa CE587 Flotación por aire disuelto	028
CE 587 Flotación por aire disuelto	030
CE 588 Demostración de la flotación por aire disuelto	032

Métodos de separación: separación por centrifugación	
Conocimientos básicos Separación por centrifugación	035
CE 282 Centrifugadora de platos cónicos	036
CE 235 Ciclón de gases	038
CE 225 Hidrociclón	040

Métodos de separación: filtración	
Conocimientos básicos Filtración	042
CE 116 Filtración de torta y de lecho profundo	043
CE 117 Flujo a través de estratos de partículas	044
CE 287 Filtro-prensa de placas y marcos	046
CE 283 Filtro de tambor	048
CE 284 Filtro a vacío tipo nutcha	050
CE 286 Filtro a presión tipo nutcha	051
CE 285 Generador de suspensiones	052
Vista previa CE579 Filtración profunda	054
CE 579 Filtración profunda	056

Reducción de tamaños	
Conocimientos básicos Reducción de tamaños	058
CE 245 Molino de bolas	059

Mezclado y aglomeración	
Conocimientos básicos Mezclado	060
Conocimientos básicos Aglomeración	061
CE 320 Agitación	062
Vista previa CE322 Reología y calidad de mezcla en un depósito de agitación	064
CE322 Reología y calidad de mezcla en un depósito de agitación	066
CE 255 Aglomeración por rodadura	068

Almacenamiento y flujo de materiales a granel	
Conocimientos básicos Almacenamiento y flujo de materiales a granel	070
CE 210 Descarga de material a granel de silos	072
CE 200 Propiedades de fluidez de materiales a granel	074

Lechos fluidizados y transporte neumático	
Conocimientos básicos Lechos fluidizados	076
Conocimientos básicos Transporte neumático	077
CE 220 Formación de lecho fluidizado	078
CE222 Comparación de lechos fluidizados	080
CE 250 Transporte neumático	082

Los conceptos didácticos de GUNT para la ingeniería de las operaciones básicas mecánicas

¿De qué se ocupa la ingeniería de las operaciones básicas mecánicas?

La ingeniería de procesos se ocupa de la transformación de materiales o sustancias.

La ingeniería de las operaciones básicas mecánicas se basa en cambios de las propiedades de los materiales (p. ej. tamaño de las partículas) y de su composición (concentración) debido a fenómenos mecánicos.

Las causas de los fenómenos mecánicos son los esfuerzos aplicados sobre los materiales, cuyos efectos son: presión, deslizamiento, y deformaciones (geométricas y de velocidad).

Los sistemas materiales de los que se ocupan las operaciones básicas mecánicas reciben el nombre de sistemas dispersos. Constan, al menos, de una fase dispersa y una fase continua. La fase dispersa se compone, por regla general, de muchas partículas individuales distribuidas (dispersadas) en la fase continua. Las fases dispersas son en su mayor parte sustancias sólidas, pero ambas fases pueden ser también líquidas o gaseosas. Ejemplos de sistemas dispersos son materiales a granel tales como la arena, rocas metalíferas, suspensiones, emulsiones y polvos.

¿Cómo se pueden clasificar las operaciones básicas mecánicas?

Operaciones básicas mecánicas		
con modificación del tamaño de las partículas	sin modificación del tamaño de las partículas	
reducción de tamaños	métodos de separación	mezclado
aglomeración	almacenamiento y flujo de materiales a granel	lechos fluidizados y transporte neumático

Las operaciones se pueden clasificar en dos categorías principales. Tanto con la reducción de tamaños como con la aglomeración (aumento del tamaño de grano) se modifica de forma sistemática el tamaño de las partículas sólidas. El tamaño de las partículas permanece inalterado, por regla general, en las separaciones mecánicas, mezclado, almacenamiento y transporte de materiales sólidos a granel.

Al aplicar los métodos de separación tiene lugar, en muchos casos, la separación de fases sólidas, dispersas, de fluidos así como la separación de mezclas de sólidos en fracciones con propiedades diferentes de las partículas.

En la fluidización se pueden producir, según los casos, procesos de mezclado, separación o aglomeración.

El profesor Gorzitzke nos ha asesorado en la creación de este programa, aportando su experiencia de muchos años que tiene en el campo de la ingeniería de las operaciones básicas mecánicas.



Prof. Dr. Wolfgang Gorzitzke (Universidad de Anhalt), nuestro asesor en materia de ingeniería de las operaciones básicas mecánicas

Nuestros sistemas didácticos para la ingeniería de las operaciones básicas mecánicas

Reducción de tamaños	CE 245	Molino de bolas
Agglomeración	CE 255	Agglomeración por rodadura
Métodos de separación	Clasificación	CE 275 Separación neumática
		CE 264 Tamizadora
	Segregación	CE 280 Separación magnética
	Separación por gravedad	CE 115 Fundamentos de la sedimentación
		HM142 Separación en tanques de sedimentación
		CE 587 Flotación por aire disuelto
		CE 588 Demostración de la flotación por aire disuelto
	Separación por centrifugación	CE 282 Centrifugadora de platos cónicos
		CE 235 Ciclón de gases
		CE 225 Hidrociclón
Filtración	CE 116 Filtración de torta y de lecho profundo	
	CE 117 Flujo a través de estratos de partículas	
	CE 287 Filtro-prensa de placas y marcos	
	CE 283 Filtro de tambor	
	CE 284 Filtro a vacío tipo Nutcha	
	CE 286 Filtro a presión tipo Nutcha	
	CE 579 Filtración de lecho profundo	
Mezclado	CE 320 Agitación	
	CE 322 Reología y calidad de mezcla en un depósito de agitación	
Almacenamiento y flujo de materiales a granel	CE 210 Descarga de material a granel de silos	
	CE 200 Propiedades de fluidez de materiales a granel	
Lechos fluidizados y transporte neumático	CE 220 Formación de lecho fluidizado	
	CE 222 Comparación de lechos fluidizados	
	CE 250 Transporte neumático	

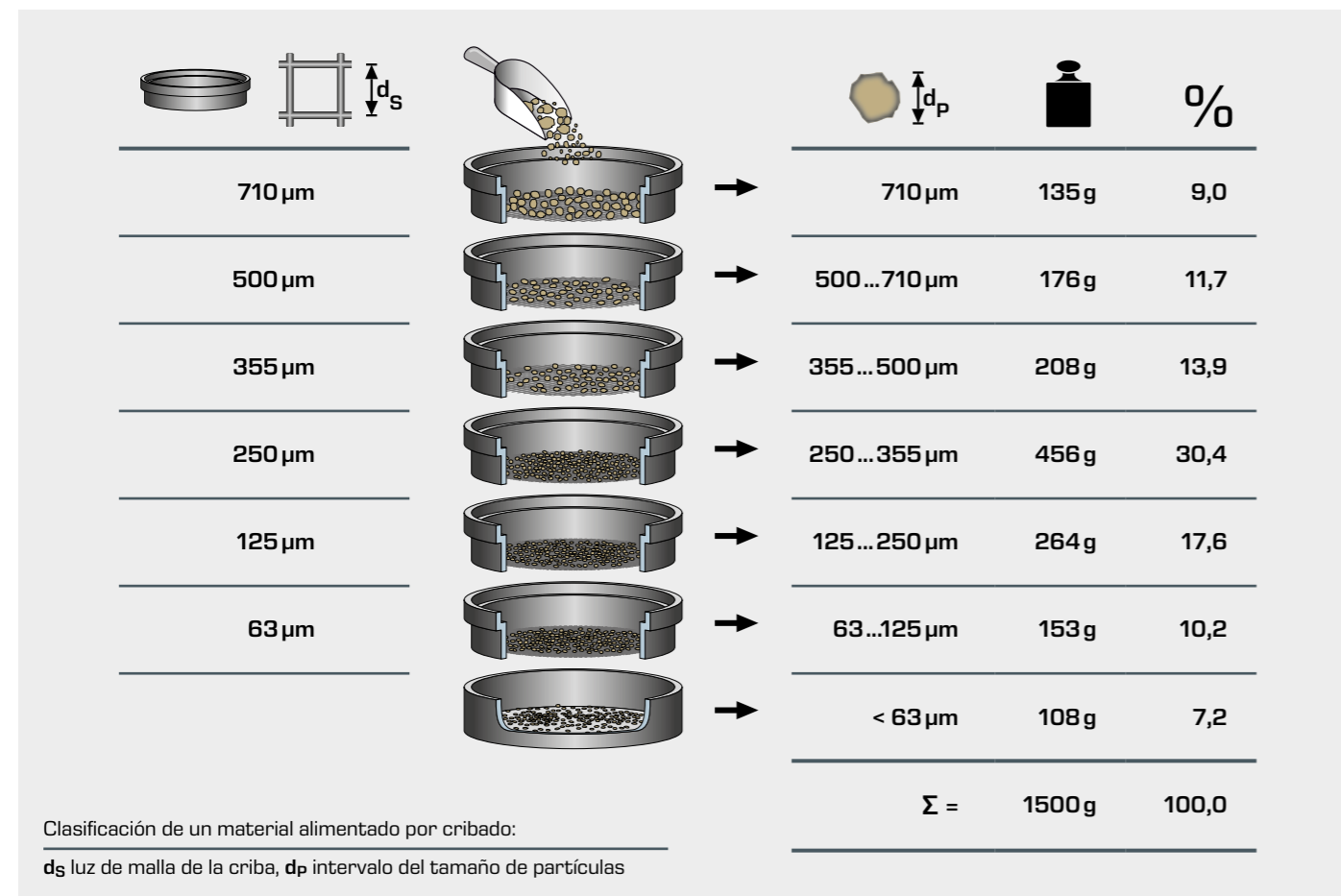
Conocimientos básicos Clasificación

La clasificación es un método de separación mecánica de compuestos sólidos. Se utilizan las características geométricas (tamaño), o la velocidad de sedimentación de las distintas partículas para el proceso de separación. Según esto se distingue entre clasificación por cribado y clasificación con fluidos.

En el caso ideal, un clasificador separa el material alimentado, formado por partículas de diferentes tamaños, en dos fracciones: material fino y material grueso. En la fracción de material grueso se encontrarán, entonces, todas las partículas mayores que el tamaño de grano definido para la separación, y en la fracción de material fino estarán aquellas cuyo tamaño fuera menor.

El ejemplo más sencillo de un clasificador es una criba. En este caso, el tamaño del grano para la separación está definido por la luz de malla de la criba. Con la disposición ordenada de cribas, aquí representada, se puede separar un material alimentado en varias fracciones, según tamaños de partículas.

Un ejemplo práctico de tal disposición (si bien con una luz de malla mayor) es la separación del material extraído de una cantera en piedra, grava y arena.



Al **cribar**, se compara el tamaño y la forma de cada partícula con la luz de una malla de una criba. En el caso de partículas de forma irregular, el paso por la criba puede verse obstaculizado dependiendo de la orientación en que se encuentren las partículas. El paso de las partículas también puede verse obstaculizado por adherencias entre ellas. Por ello se necesita dar a cada partícula varias oportunidades de pasar por la criba. Esto se puede conseguir, p.ej., mediante movimientos vibratorios, de sacudida, de lanzamiento o movimientos horizontales de las cribas o tamices.

La **clasificación con fluidos** puede tener lugar en gases (aire = clasificación neumática) o en líquidos (agua = clasificación hidráulica). En el caso de la **clasificación por vía húmeda** se aprovecha

como característica para la separación las diferentes velocidades de sedimentación de las partículas en el seno del líquido. La velocidad de sedimentación depende del tamaño, de la diferencia de densidad entre el sólido y el líquido, y de la forma de las distintas partículas y, por ello, de la resultante de las fuerzas que actúan: peso, empuje y de fricción.

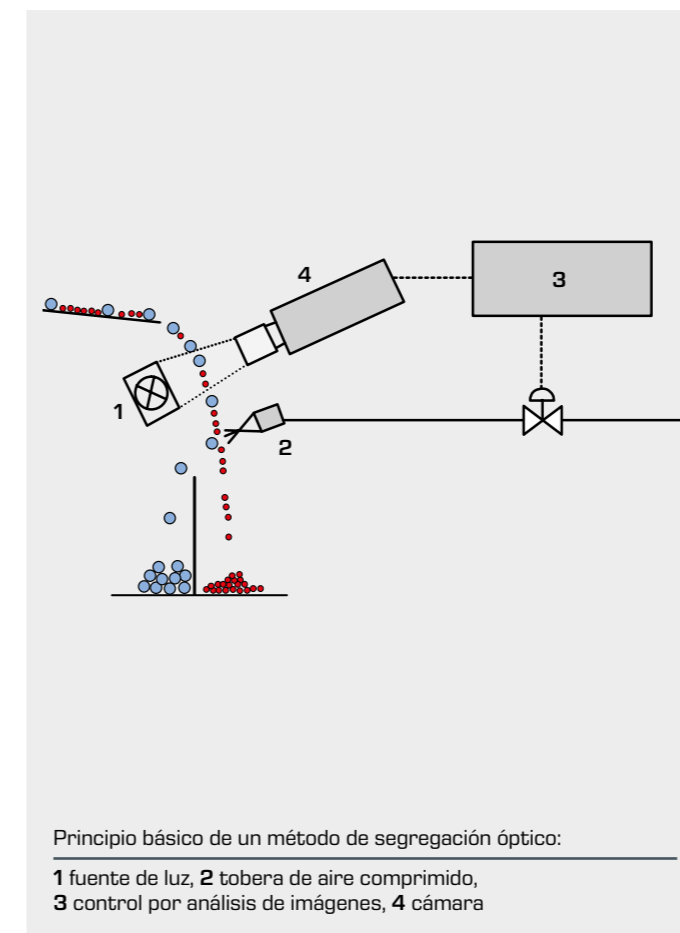
En la **separación neumática** se emplea un flujo de aire para la clasificación en lugar de un líquido. El principio de separación se basa en las mismas leyes físicas que en el caso de la clasificación hidráulica. Los separadores neumáticos se utilizan p. ej. para la separación del grano de la paja de cereales. En este proceso se separan componentes tóxicos, tales como el cornezuelo.

Conocimientos básicos Segregación

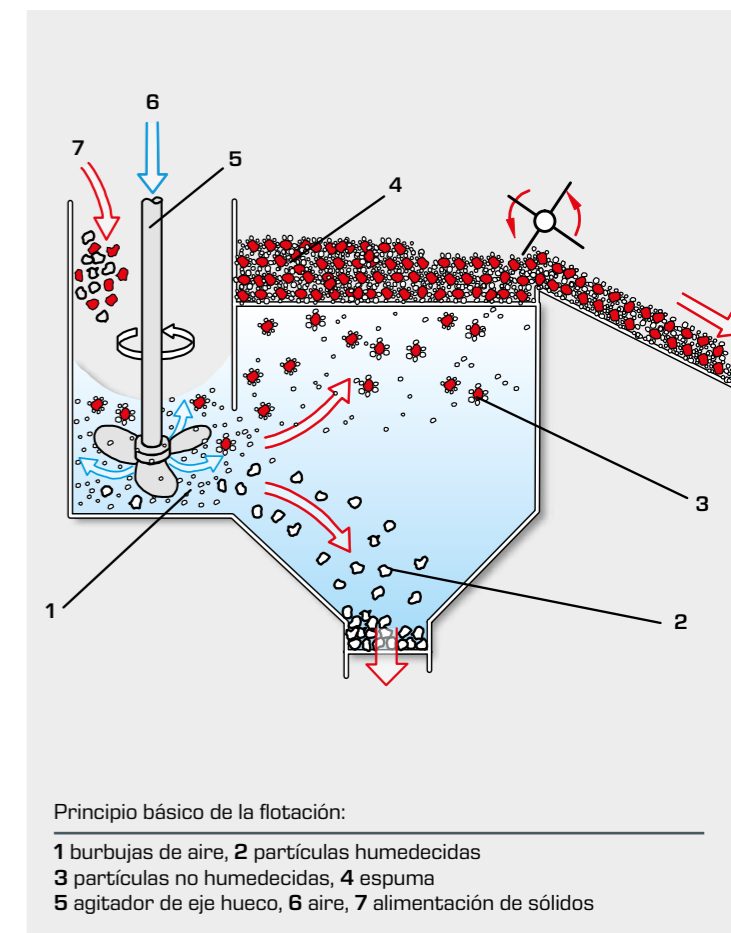
La segregación es una técnica de separación mecánica en el que una mezcla de sólidos, con diferentes características materiales, se separa en fracciones con iguales características. Para la segregación se aprovechan propiedades tales como: la densidad, el color, la forma, la tensión superficial o sus propiedades magnéticas.

Si se recurre a la densidad como característica para la separación, resulta apropiada la **segregación por flotación e inmersión**. Una mezcla de sólidos se vierte en un líquido. Las partículas de la mezcla cuya densidad es menor que la del líquido flotan en la superficie, mientras que las partículas de mayor densidad se hunden. Un campo de aplicación de esta técnica es el lavado del carbón. En el lavadero se separa el carbón de la ganga.

En el caso de la **separación magnética**, una mezcla de sólidos se separa en sus componentes aprovechando sus propiedades magnéticas. Los separadores magnéticos se emplean, por ejemplo, en la separación del carbón y preparación de menas.



La **forma y el color** de determinadas partículas de una mezcla de sólidos se pueden captar con cámaras de alta resolución. Un sistema electrónico de análisis especial permite separar las partículas detectadas de la mezcla con un flujo de aire. Los **métodos de segregación ópticos** se utilizan en el reciclaje del vidrio.



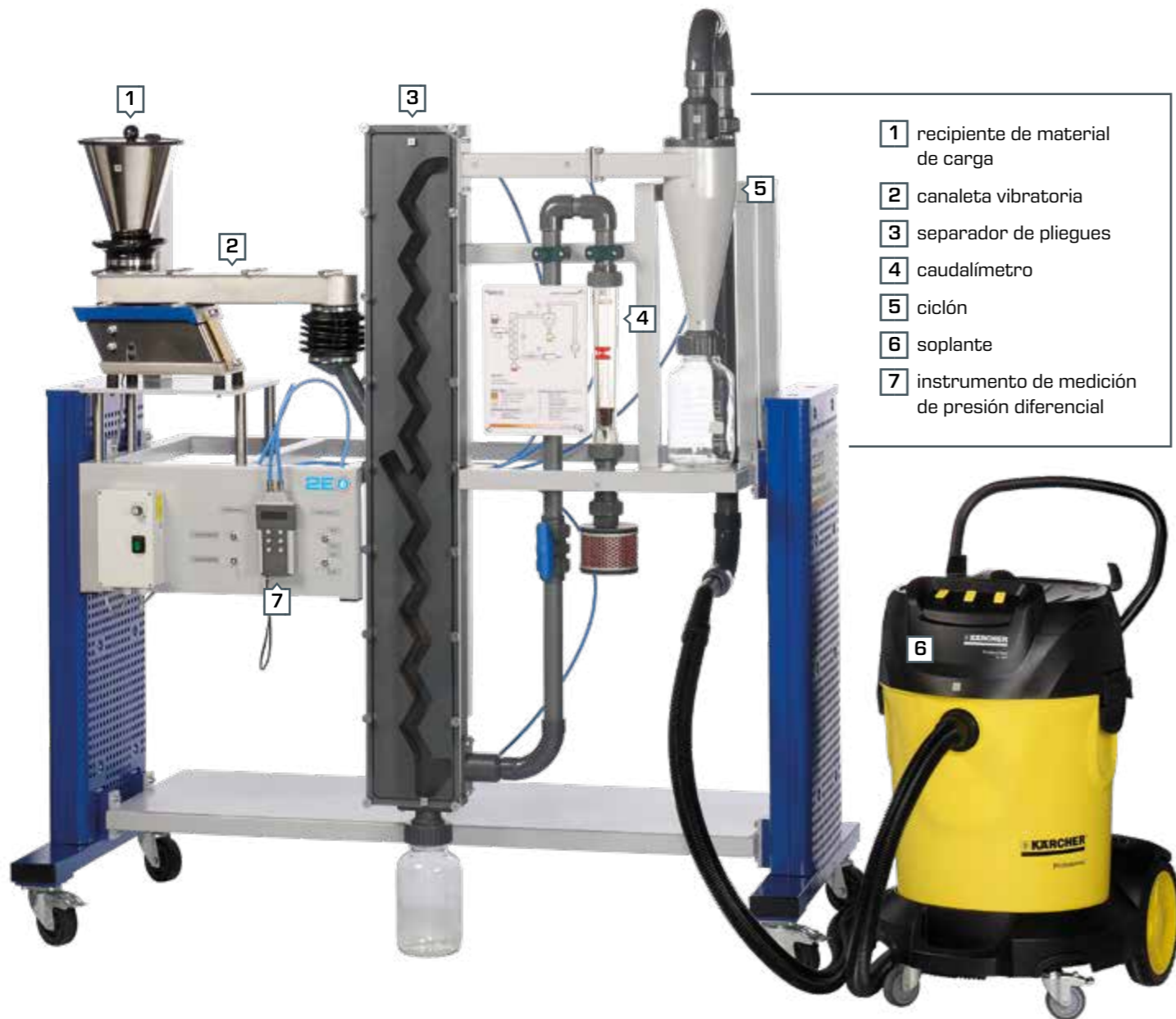
La **flotación** clasifica materiales sólidos, finamente granulados, según su **mojabilidad** en agua. La alimentación de sólidos a separar se introduce en un recipiente con agua. Al aportar burbujas de aire al agua, las partículas menos fácilmente mojables, se adhieren a las burbujas. Estas partículas son arrastradas por las burbujas a la superficie del agua y forman allí una espuma estable que contiene los sólidos y se puede retirar fácilmente. Las burbujas de aire no se adhieren a las partículas mojables en agua. Estas permanecen en suspensión o se precipitan al fondo. La flotación es el método más frecuentemente utilizado para la segregación de partículas de tamaño <0,5 mm.

Vista previa CE 275 Separación neumática

Separación neumática con separador de pliegues: un proceso de separación mecánico

La separación neumática es un proceso de separación mecánico del área de la ingeniería de procesos clásica. En la gestión de residuos se utiliza este proceso para la separación de distintos residuos, p. ej., para separar polvo, arena o sustancias no reutilizables de materiales reciclables. Para ello se utilizan principalmente separadores de pliegues.

Este equipo didáctico es excelente para enseñar de forma visual y práctica los fundamentos teóricos de este proceso. El elemento principal del CE 275 es un separador de pliegues de 20 etapas, provisto de una cubierta transparente. De este modo puede observar el proceso de separación en toda la altura del conducto de pliegues.



Al producto:



Principio de funcionamiento

La mezcla de residuos (material de carga) a separar es transportada con una canaleta vibratoria al separador de pliegues. El soplante genera el flujo de aire en sentido ascendente, necesario para la separación a través del conducto de pliegues. Puede ajustar el caudal másico del material de carga y el caudal volumétrico del aire. La fracción del material de carga transportada con el aire se separa después en un ciclón. Esto permite crear un circuito cerrado para el flujo de aire. El separador de pliegues y el ciclón están equipados con una medición de la presión diferencial.



CE 275 durante el funcionamiento de prueba:
La canaleta vibratoria alimenta continuamente la mezcla a separar de espelta y huesos de cereza al separador de pliegues.



En el conducto de pliegues se puede observar con claridad la separación de la mezcla.

Este equipo ha sido desarrollado por nuestros ingenieros expertos en colaboración con el Instituto de Ingeniería de las Operaciones Básicas Mecánicas de la Escuela Superior de Anhalt, Alemania.

Hochschule Anhalt
Anhalt University of Applied Sciences

Accesorio recomendado



Para evaluar los ensayos recomendamos el uso de nuestra tamizadora mecánica CE 264.

Contenidos didácticos

- familiarización con el principio básico de la separación neumática
 - influencia del caudal másico y el caudal volumétrico de aire
 - ▶ fracción del material fino
 - ▶ calidad de la separación
 - ▶ pérdida de carga del separador
 - ▶ pérdida de carga del ciclón
 - ▶ balance de fracciones
 - ▶ función de separación
 - ▶ tamaño de grano de separación
 - ▶ precisión de la separación
- con
CE 264

CE 275

Separación neumática



2E

Descripción

- separación neumática con un separador de pliegues
- canal transparente para observar el proceso de separación
- ensayos prácticos a escala de laboratorio

Los separadores de pliegues hacen posible la clasificación de mezclas de materiales sólidos con granulometría heterogénea. La mezcla heterogénea de sólidos a separar se alimenta con la tolva de alimentación. Por una canaleta vibratoria se hace llegar la mezcla al canal quebrado del separador a una altura media. En el canal vertical se mueve un flujo de aire en sentido ascendente. Conforme a la geometría y densidad, las partículas, son arrastradas por el flujo de aire o bien se depositan por efecto de la fuerza de la gravedad. En cada pliegue del canal, la mezcla de materiales sólidos atraviesa el flujo de aire y cae sobre la cara opuesta del separador. El efecto es equivalente a un escalón de separación. Debido a las condiciones de flujo, se forma una turbulencia con forma de hélice cilíndrica de turbulencia entre dos pliegues consecutivos del canal quebrado.

Esta hélice se encarga de que las partículas sólidas se muevan en dirección aproximadamente perpendicular a la dirección del flujo de aire. De este modo, en cada pliegue tiene lugar una separación en flujos cruzados. Con un conjunto de varias de estas etapas consecutivas, se consiguen separaciones muy finas. CE 275 está equipado con un canal quebrado de 20 escalones. El material transparente permite observar fácilmente los procesos en el canal.

Un soplante genera el flujo de aire necesario. El caudal volumétrico de aire y el caudal másico de sólidos se pueden regular. El material fino venteado hacia arriba por el flujo de aire se separa con un ciclón. Puntos de medición de presión situados en posiciones relevantes del banco de ensayos permiten determinar las pérdidas de presión.

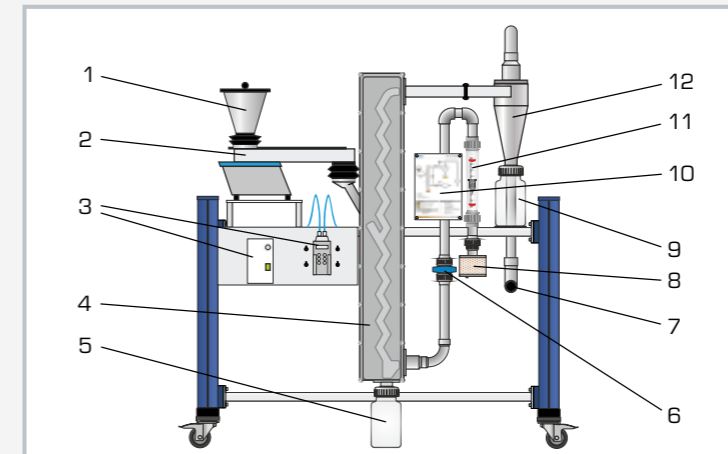
Como material alimentado se recomienda carbón activo con diferentes tamaños de partícula. Para el análisis granulométrico del material alimentado, recomendamos utilizar una balanza analítica y una tamizadora mecánica (CE 264).

Contenido didáctico/ensayos

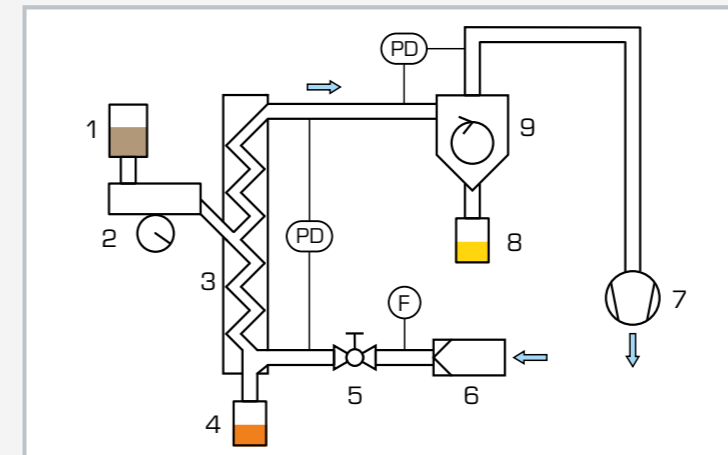
- conocer el principio básico de la separación neumática
- segregación
 - ▶ fracción del material fino y del material grueso
 - ▶ calidad de separación
- en función del caudal másico de sólidos y del caudal volumétrico de aire
- clasificación (con CE 264)
 - ▶ balance de fracciones
 - ▶ función de separación
 - ▶ diámetro de corte
 - ▶ calidad de la separación
- en función del caudal másico de sólidos y del caudal volumétrico de aire
- pérdidas de presión
 - ▶ del separador de pliegues
 - ▶ del ciclón en función del caudal másico de sólidos y del caudal volumétrico de aire

CE 275

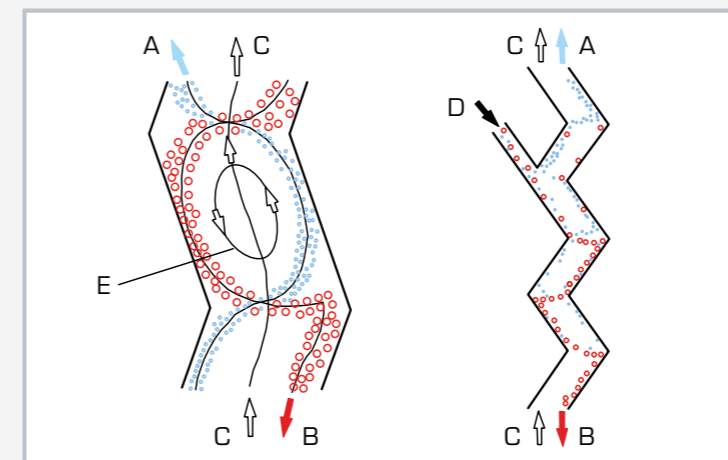
Separación neumática



1 depósito de material alimentado, 2 canaleta vibratoria, 3 elementos de indicación y mando, 4 separador de pliegues, 5 depósito de material grueso, 6 válvula, 7 conexión para soplante, 8 filtro, 9 depósito de material fino, 10 esquema de proceso, 11 caudalímetro, 12 ciclón



1 depósito de material alimentado, 2 canaleta vibratoria, 3 separador de pliegues, 4 depósito de material grueso, 5 válvula, 6 filtro, 7 soplante, 8 depósito de material fino, 9 ciclón; F caudal volumétrico, PD presión diferencial



Principio básico de los separadores de pliegues: A material fino, B material grueso, C flujo de aire, D material alimentado, E hélice de turbulencia

Especificación

- [1] separador de pliegues para separar mezclas de sólidos
- [2] tolva de alimentación con canaleta vibratoria para llevar la mezcla de sólidos al separador
- [3] dosificación del material alimentado según la distancia entre la descarga de la tolva y la canaleta vibratoria y la frecuencia de vibración de la canaleta vibratoria
- [4] separación de la mezcla de sólidos en material grueso y material fino con un flujo de aire, en el canal quebrado de 20 escalones
- [5] generación del flujo de aire con un soplante; con válvula de ajuste
- [6] separación del material fino del flujo de aire con un ciclón de gases
- [7] 3 depósitos para el material alimentado, el material grueso y el material fino
- [8] registro del caudal volumétrico de aire y de las presiones diferenciales del separador y del ciclón

Datos técnicos

Canaleta vibratoria

- caudal másico: max. 10kg/h
- frecuencia: max. 3000min⁻¹

Separador de pliegues

- altura: aprox. 1500mm
- sección transversal de 40x50mm

Ciclón

- altura: aprox. 550mm
- diámetro: 150mm

Soplante

- caudal volumétrico: máx. 600m³/h
- potencia: aprox. 3600W

Depósitos

- tolva de alimentación: 3L
- material grueso: 2L
- material fino: 2L

Rangos de medición

- presión diferencial: 2x 0...100mbar
- caudal volumétrico: 10...100m³/h

230V, 50Hz, 1 fase

LxAnxAI: 1660x790x1930mm (banco de ensayos)

Peso: aprox. 180kg (banco de ensayos)

LxAnxAI: 660x510x880mm (soplante)

Peso: aprox. 30kg (soplante)

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 soplante
- 2 envases con material alimentado
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 264
Tamizadora

Descripción

■ equipo de análisis profesional para CE 245 y CE 275

Con la tamizadora es posible separar una mezcla de sólidos en varias clases de tamaños de partículas. Al tamizar se compara cada partícula según su tamaño y forma con una malla de tamizado. El paso de la malla de tamizado puede ser obstaculizado con partículas de forma irregular según su posición. Mediante las vibraciones de la tamizadora, cada partícula tiene más oportunidades de conseguir atravesar la malla. En la parte superior se separan primero las partículas más gruesas. Hacia la parte inferior, la malla se estrecha. Para adaptarse a los requisitos correspondientes, el volumen de suministro incluye varios tamices con diferentes aberturas de mallas.

Con la balanza se pueden determinar las masas de las distintas partículas separadas para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Contenido didáctico/ensayos

- determinación de las distribuciones del tamaño de las partículas

Especificación

- [1] tamizadora para analizar el tamaño de las partículas como accesorio para CE 245 y CE 275
- [2] ajuste de la duración de tamizado y altura de vibración
- [3] 11 tamices con mallas de amplitudes diferentes
- [4] balanza para determinar los porcentajes de masa de las clases separadas

Datos técnicos

Ø de los tamices: 200mm cada una
Altura de los tamices: 50mm cada una

Tamizadora

- duración de tamizado: 0...60min
- altura de vibración: 0...3mm
- abertura de la malla de los tamices
 - ▶ 45µm
 - ▶ 63µm
 - ▶ 125µm
 - ▶ 250µm
 - ▶ 500µm
 - ▶ 710µm
 - ▶ 1000µm
 - ▶ 1250µm
 - ▶ 1600µm
 - ▶ 2000µm
 - ▶ 4000µm

Balanza

- pesada máx.: 2200g
- resolución: 10mg

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 400x400x800mm (tamizadora)
LxAnxAI: 200x270x100mm (balanza)
Peso: aprox. 30kg

Volumen de suministro

- 1 tamizadora
- 1 juego de tamices
- 1 balanza
- 1 manual

Vista previa

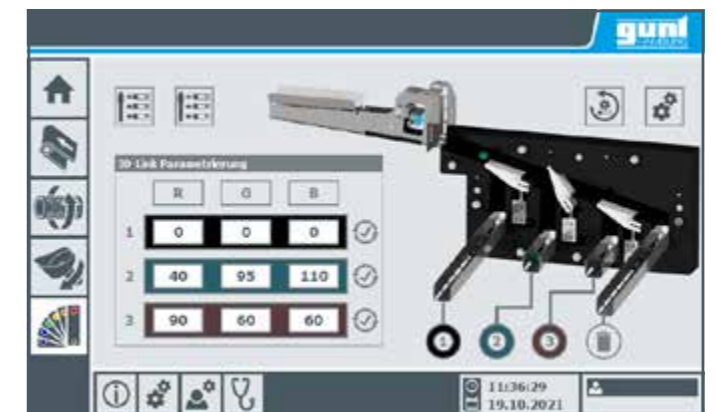
MT174 Planta de clasificación

La planta de clasificación MT174 se basa en un proceso de separación típico en la gestión de residuos e incluye la clasificación mediante una criba de tambor y la clasificación por colores.

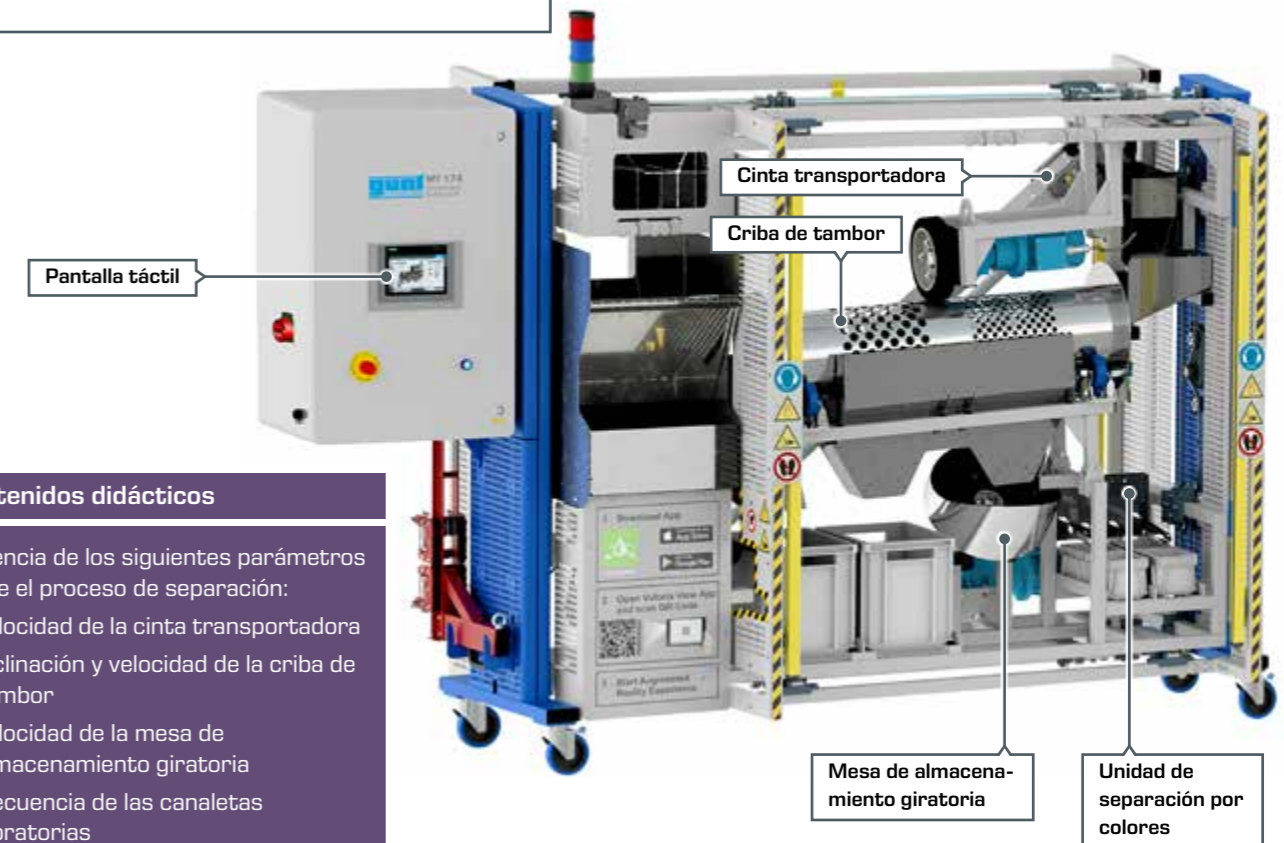
Para que una planta de clasificación funcione correctamente, es necesario respetar las indicaciones de reparación y mantenimiento. Por este motivo, en la planta de clasificación también se pueden realizar tareas de mantenimiento con fines de formación. Si la instalación se utiliza en modo de prácticas, el PLC puede emitir mensajes controlados por tiempo y sensores, para que se realicen tareas de mantenimiento. Para visualizar las tareas de mantenimiento, tiene a su disposición una interfaz realidad aumentada para dispositivos finales móviles.

- planta de clasificación a escala de laboratorio con componentes estándar de la industria
- separación en 3 fracciones con criba de tambor
- separación por colores en 3 fracciones
- control de instalación mediante PLC, manejo vía pantalla táctil
- realidad aumentada para la visualización de los trabajos de mantenimiento

La instalación se controla mediante un moderno PLC con pantalla táctil. Con objeto de que el proceso sea más claro, cada uno de los grupos funcionales está equipado con una interfaz de usuario independiente. Todos los parámetros relevantes para el proceso de separación se pueden ajustar a través del PLC. Entre ellos, se encuentran, por ejemplo, el número de revoluciones y la inclinación de la criba de tambor. En el PLC también se pueden definir los colores de las partículas que se vayan a clasificar.



Captura de pantalla PLC (separación por colores)



Al producto:



Contenidos didácticos

- influencia de los siguientes parámetros sobre el proceso de separación:
 - ▶ velocidad de la cinta transportadora
 - ▶ inclinación y velocidad de la criba de tambor
 - ▶ velocidad de la mesa de almacenamiento giratoria
 - ▶ frecuencia de las canaletas vibratorias
 - ▶ definición de color para la separación por colores
- trabajos de mantenimiento en una planta industrial (apoyado por realidad aumentada)

CE 280

Separación magnética



Descripción

- segregación con un separador magnético de tambor
- alimentación del material por una canaleta vibratoria con amplitud de oscilaciones variable
- ensayos prácticos a escala de laboratorio

La segregación tiene lugar cuando una separación se realiza conforme características específicas de un material.

La separación magnética es un método de segregación en el que se aprovecha susceptibilidad magnética de las partes de una mezcla heterogénea de sustancias sólidas. Los separadores magnéticos se emplean con frecuencia para la preparación de carbón y de otros minerales.

En el CE 280, la mezcla de sustancias sólidas a separar se llena en la tolva de alimentación o de carga. Una canaleta vibratoria transporta la mezcla hasta un tambor rotatorio no magnético. El número de revoluciones se puede fijar con un potenciómetro.

Cerca del tambor se encuentra un imán permanente fijo. Los componentes diamagnéticos caen a un depósito colector por efecto de la gravedad. Los componentes magnéticos se adhieren al tambor en la zona de influencia del imán, son arrastrados y caen más tarde en otro depósito cuando abandonan el campo magnético intenso. El caudal másico de material alimentado se puede regular a según la distancia existente entre la tolva de alimentación y la canaleta vibratoria, la amplitud de las oscilaciones y la frecuencia de las vibraciones de la canaleta. Como material alimentado se adjunta y se recomienda utilizar una mezcla de arena y piezas de acero pequeñas, como puede ser tuercas hexagonales.

Contenido didáctico/ensayos

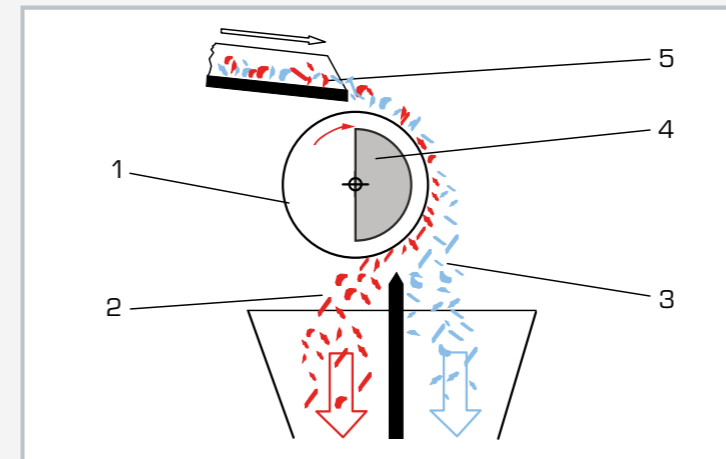
- conocer el principio básico y el funcionamiento de un separador magnético de tambor
- eficacia del proceso de separación en función de
 - ▶ el caudal másico de material alimentado
 - ▶ la relación de mezcla del material alimentado
 - ▶ el tipo de material alimentado
 - ▶ el número de revoluciones del tambor

CE 280

Separación magnética



1 tolva de alimentación de altura regulable, 2 cuadro de mandos de la canaleta vibratoria, 3 cuadro de mandos del separador magnético, 4 depósito para mezcla heterogénea de materiales sólidos, 5 depósito de materiales magnetizables, 6 depósito de materiales no magnetizables, 7 separador magnético, 8 canaleta vibratoria



Principio básico de los separadores magnéticos de tambor: 1 tambor rotativo (no magnético), 2 componentes magnetizables, 3 componentes no magnetizables, 4 imán permanente, 5 material alimentado

Especificación

- [1] separador magnético de tambor para separar partes magnetizables de una mezcla heterogénea de materiales sólidos
- [2] separación por imán permanente fijo, dispuesto en una zona delimitada de un tambor rotativo no magnético
- [3] tolva de alimentación con canaleta vibratoria para llevar la mezcla heterogénea de sólidos al tambor
- [4] dosificación del material alimentado a según la distancia entre la descarga de la tolva y la canaleta vibratoria, la amplitud de las oscilaciones y la frecuencia de vibración de la canaleta
- [5] número de revoluciones del tambor regulable por medio de un motor eléctrico y un potenciómetro
- [6] 2 depósitos de acero para las fracciones separadas y 1 depósito para mezcla heterogénea de materiales sólidos
- [7] material alimentado: arena y tuercas hexagonales

Datos técnicos

Capacidad de la tolva de alimentación: 25L

Canaleta vibratoria

- amplitud de las oscilaciones: 0,2...1,5mm
- frecuencia: 50 o 100Hz

Tambor

- Ø 220mm
- longitud: 300mm
- zona magnética: 180°
- número de revoluciones: 0...30min⁻¹

Motor

- potencia: 250W

Tamaño máximo de partículas

- no magnetizables: 20mm
- magnetizables: 20mm

Depósitos

- 2x 15L
- 1x 20L

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1500x700x1700mm

Peso: aprox. 175kg

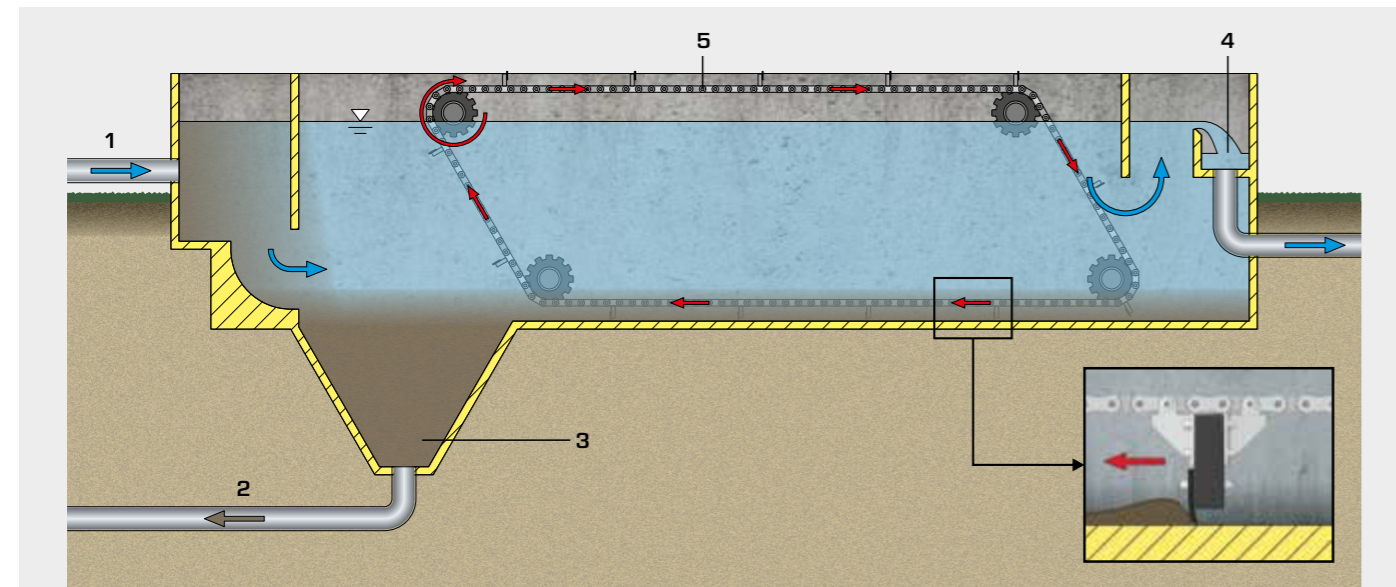
Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 pala
- 1 envase con arena
- 500 tuercas
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos Sedimentación

Para la separación de fases, la ingeniería de las operaciones básicas mecánicas aprovecha en muchos casos la fuerza de la gravedad. Se puede emplear para separar un sólido de una fase fluida. Las partículas sólidas que están en suspensión en un fluido, sedimentan por efecto de la fuerza de la gravedad. La condición necesaria para ello es que la densidad del sólido sea mayor que la del fluido. Este proceso se conoce como sedimentación. Fluido es un término que abarca gases y líquidos. Este término se utiliza debido a que la mayoría de las leyes de la física son válidas para ambos estados.

En la **separación de sólidos de gases** se emplea también el término separación de polvos. La fase sólida puede ser tanto una materia de interés como una no deseada (depuración de gases). En la separación por gravedad, el flujo de gas se hace pasar por un canal de separación a velocidad reducida. Las partículas sedimentan durante este recorrido y se acumulan.



Tanque de sedimentación:

1 entrada de agua residual, 2 extracción de lodos, 3 tolva colectora de lodos, 4 rebosadero de agua depurada, 5 rascador de lodos

La **velocidad de sedimentación** de las partículas es la magnitud principal para el diseño de tanques de sedimentación. Está directamente relacionada con el tamaño y forma de las partículas (resistencia al flujo) y de la diferencia entre la densidad del fluido y la del sólido. Si las partículas que se encuentran en suspensión son muy finas o si la diferencia de densidad entre el fluido y el sólido es escasa, la velocidad de sedimentación será

En la práctica, la **separación de mezclas de sólidos y líquidos** (suspensiones) tiene lugar en tanques o cámaras de sedimentación. Por ellos se mueve la suspensión a velocidad constante. La sección de la cámara puede ser de forma rectangular o circular. En los tanques de sedimentación rectangulares, la suspensión entra por un extremo y sale por el rebosadero situado en el extremo opuesto. Durante este recorrido sedimentan las partículas sólidas en el fondo del tanque. El fondo del tanque está inclinado para poder evacuar los sólidos sedimentados. Además hay dispositivos con los que se pueden retirar del fondo los sedimentos (lodos). Los tanques de sedimentación se utilizan, sobre todo, para el tratamiento de aguas.

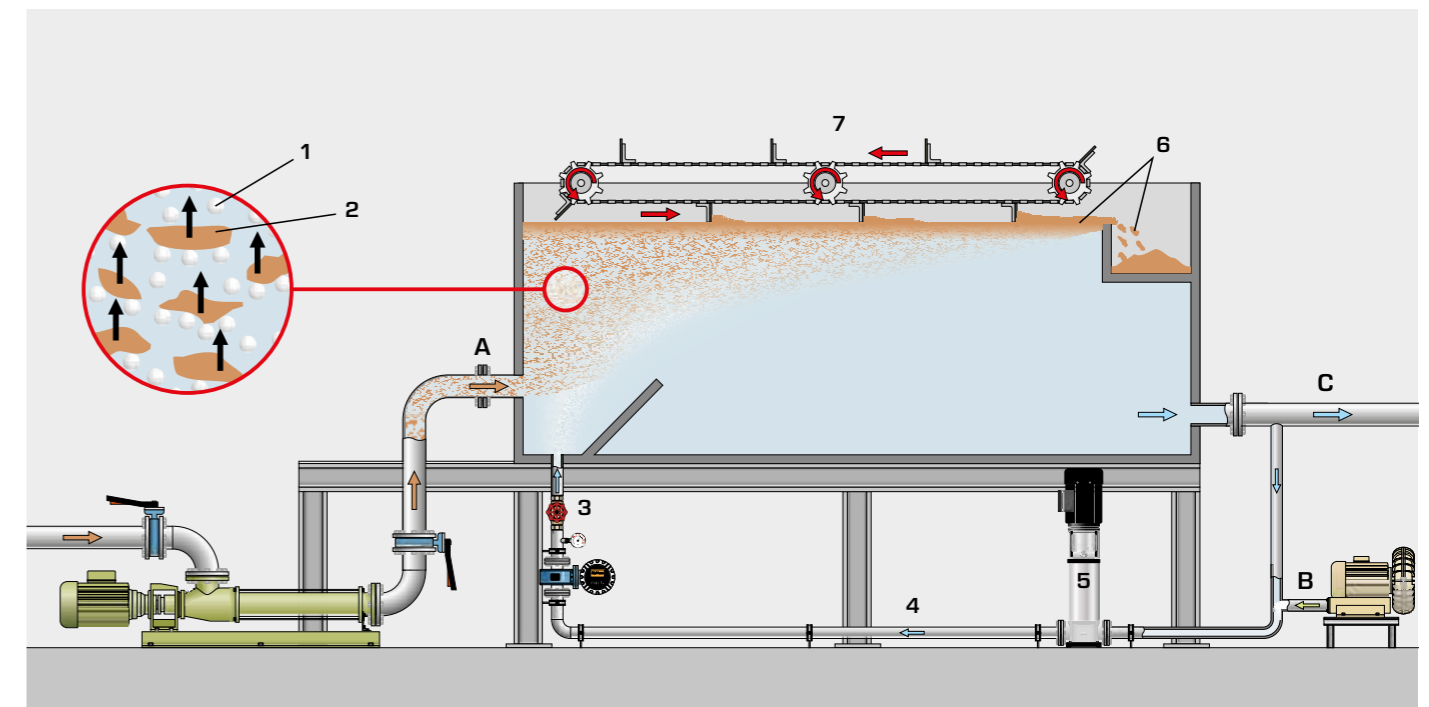
muy pequeña. En tal caso no será técnicamente viable una separación por sedimentación. Otra magnitud que influye en la velocidad de sedimentación de sólidos en líquidos es la concentración de las partículas. Las concentraciones elevadas obstaculizan la sedimentación. La así llamada velocidad de sedimentación impedida es menor que la de las partículas individuales (sedimentación libre), según aumenta la concentración.

Conocimientos básicos Flotación

Los sólidos cuya densidad es aproximadamente igual o menor que la del agua, no se pueden separar por sedimentación. Tales sólidos se sedimentarían sólo muy lentamente o permanecerían en suspensión. El objetivo de la flotación es aumentar el empuje ascensional de los sólidos. Esto se logra mediante la generación de finas burbujas de gas. Las burbujas de gas se adhieren a los sólidos y los transportan a la superficie del agua, desde donde se pueden retirar los sólidos flotados. Condición para ello es que los sólidos sean hidrófobos, es decir, que sean más afines al aire que al agua. Los sólidos separados reciben el nombre de flotantes.

El factor clave para la flotación es el tamaño de las burbujas de gas. Cuanto más pequeñas son, tanto menor es su velocidad de ascensión. Esto se compensa por el hecho de que las burbujas de gas pequeñas se adhieren a los sólidos en mayor número que las burbujas grandes.

El principal método usado en tratamiento de aguas es la **flotación por aire disuelto**. Otra variante del método es la electroflotación. Ambos procedimientos se diferencian principalmente en la forma de producción de las burbujas de gas.



Principio básico de la flotación por aire disuelto:

1 burbujas de aire, 2 sólidos, 3 válvula de reducción de presión, 4 agua de circulación, 5 bomba, 6 flotantes, 7 rascador, A agua bruta, B aire comprimido, C agua depurada

La flotación por aire disuelto

La flotación por aire disuelto se basa en que la solubilidad del aire en agua aumenta con la presión (a temperatura constante). En este sistema, un flujo parcial del agua depurada (agua de circulación) se satura con aire a presión. El agua de circulación se retorna al depósito de flotación a través de una válvula de reducción de presión. La reducción brusca de la presión a la presión atmosférica provoca que el aire disuelto forme

pequeñas burbujas. Un rascador retira la espuma flotante de la superficie del agua. Para mejorar la flotabilidad de los sólidos se añaden frecuentemente coagulantes y floculantes al agua bruta. Con esto se forman partículas sólidas de mayor tamaño a las que se pueden adherir más burbujas de aire.

Ejemplos de aplicación

Tratamiento industrial de aguas

- industria papelera
- industria alimentaria
- refineries de petróleo
- industria de plásticos

Tratamiento de aguas residuales urbanas

- decantación secundaria cuando el lodo activado tiene malas propiedades de sedimentación
- complemento o sustitución de la decantación primaria

Manuales de primera clase



La política de GUNT en lo referente a su programa consiste en lo siguiente: un hardware de alta calidad y un material didáctico claro e ilustrativo garantizan el éxito de aprendizaje y enseñanza de un equipo de ensayo.

La parte esencial de este material didáctico son los ensayos de referencia que nosotros mismos realizamos. La descripción del ensayo contiene todo desde el montaje experimental concreto hasta la interpretación de los resultados obtenidos. Un grupo de ingenieros expertos desarrolla y actualiza el material didáctico.

Si a pesar de todo aún tiene alguna duda, no dude en contactarnos telefónicamente. En caso de necesidad también estaremos a su disposición en sus propias instalaciones.

CE 115 Fundamentos de la sedimentación



Descripción

■ separación de suspensiones por sedimentación

La sedimentación se emplea con frecuencia para la clarificación de suspensiones. En esta operación, las partículas sólidas descienden en el seno de un líquido por efecto de su mayor densidad relativa.

Con CE 115 se puede estudiar y comparar los procesos de sedimentación de varias suspensiones, simultáneamente. Para ello, se dispone de cinco depósitos cilíndricos transparentes. Las suspensiones se preparan en jarras graduadas, se vierten en los depósitos extraíbles y se homogeneizan, por agitación. Después, los depósitos se fijan en el equipo de ensayo en posición vertical. Como los depósitos están iluminados por detrás, se puede observar mejor el proceso de sedimentación.

Contenido didáctico/ensayos

- determinación y comparación de la velocidad de sedimentación de sólidos en suspensiones en función de la densidad de la sustancia sólida, la concentración de sustancia sólida, la densidad y la viscosidad del líquido
- influencia de los coagulantes

Especificación

- [1] ensayos fundamentales de sedimentación
- [2] 5 depósitos transparentes, con escala auxiliar, para medir y comparar la velocidad de sedimentación de sustancias sólidas en distintas suspensiones
- [3] depósitos extraíbles para el llenado, mezcla y limpieza
- [4] depósitos iluminados, para una mejor observación, provistos de tubos fluorescentes colocados en el fondo
- [5] 3 jarras graduadas para preparar las suspensiones
- [6] picnómetro para determinar la densidad de líquidos y de sólidos
- [7] cronómetro para medir la duración de la sedimentación
- [8] accesorios recomendados: balanza analítica, coagulante

Datos técnicos

Depósito

- longitud: 1000mm
- diámetro interior: 42mm
- graduación (escala): 1mm
- material: PMMA

Tubos fluorescentes

- potencia: 6x 18W

Jarras graduadas

- capacidad: 2000mL
- graduación: 50mL

Cronómetro

- resolución: 1/100s

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 750x460x1160mm
Peso: aprox. 53kg

Necesario para el funcionamiento

Coagulante (recomendación)

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 3 jarras graduadas
- 1 cronómetro
- 1 picnómetro
- 1 material didáctico

Vista previa

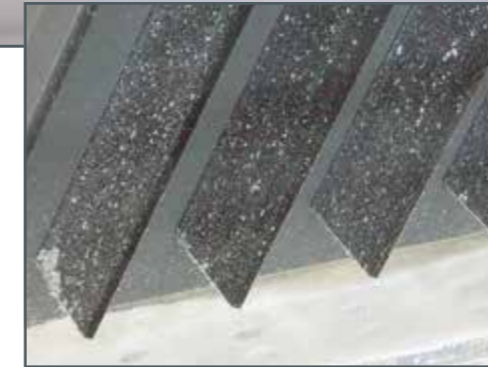
HM 142 Separación en tanques de sedimentación

La sedimentación es el método más sencillo para separar partículas sólidas de una fase líquida. Por este motivo, este procedimiento está muy extendido en el tratamiento de agua. Con este equipo es posible transmitir los fundamentos de este proceso de separación de una manera muy clara. El enfoque se centra principalmente en la determinación de la carga superficial hidráulica máxima posible.

Otorgamos un valor especial a la observación visual del proceso de sedimentación. Por lo tanto, principalmente se utilizan materiales transparentes. Además, el tanque de sedimentación está equipado con iluminación.

El agua bruta se genera mediante la mezcla de una suspensión concentrada con agua fresca. Dependiendo de la relación de la mezcla se obtiene una agua bruta con la concentración de sólidos deseada. Un mecanismo de agitación en el área de entrada del tanque de sedimentación evita que los sólidos se sedimenten ya antes de entrar en la sección de ensayo. El nivel de agua en el tanque de sedimentación se puede ajustar sin escalonamiento.

El equipo se completa con una unidad de placas lamelares, que se puede utilizar de manera opcional en el tanque de sedimentación. Dependiendo del color de los contaminantes utilizados hay disponibles placas lamelares blancas y negras.



Mediante la utilización de materiales transparentes y de la iluminación es posible observar muy bien el proceso de sedimentación y las condiciones de flujo.



Unidad de placas lamelares disponible para utilización

Al producto:



Contenidos didácticos	
■	principio fundamental para la separación de materias sólidas de suspensiones en un tanque de sedimentación
■	determinación de la carga superficial hidráulica
■	influencia de los siguientes parámetros sobre el proceso de separación: <ul style="list-style-type: none"> ▶ concentración de materia sólida ▶ caudal ▶ velocidad de flujo en la entrada ▶ nivel del agua en el tanque de sedimentación
■	examen de las condiciones de flujo
■	influencia de las placas lamelares sobre el proceso de sedimentación

HM 142

Separación en tanques de sedimentación



2E

Descripción

- tanque de sedimentación transparente para observar el proceso de separación
- iluminación para visualizar de manera óptima las condiciones de flujo
- posibilidad de utilizar placas lamelares en el tanque de sedimentación

Las materias sólidas se separan de las suspensiones en los tanques de sedimentación, bajo la influencia de la fuerza de la gravedad. Para ello, la densidad de las partículas de la materia sólida debe ser superior a la del líquido. HM 142 permite examinar la separación de las materias sólidas de una suspensión en un tanque de sedimentación.

En primer lugar, en un depósito se coloca una suspensión concentrada de agua y la materia sólida que se va a separar. Una bomba transporta la suspensión concentrada al tanque de sedimentación. Antes de llegar al tanque de sedimentación la suspensión se mezcla con agua fresca. El agua bruta que se genera de esta manera entra en el tanque de sedimentación a través de un vertedero de entrada. Delante del vertedero de entrada hay un mecanismo de agitación. De esta manera se evita que las materias sólidas se sedimenten antes de entrar en el tanque de sedimentación. El agua depurada fluye en primer lugar por debajo de un muro de retención y a continuación por encima de un vertedero hacia la salida.

El vertedero situado en el lado de salida se puede regular en altura y permite modificar el nivel del agua en el tanque de sedimentación. El nivel del agua por encima del vertedero de entrada también se puede ajustar. Esto afecta a la velocidad de flujo por encima del vertedero de entrada.

En la sección de ensayo se puede utilizar una unidad de placas lamelares. De esta manera se estudia la influencia de las placas lamelares sobre el proceso de separación. El flujo de paso de las placas lamelares transcurre de abajo hacia arriba. Por encima de las placas lamelares se encuentra un canal de salida. Las paredes laterales del canal de salida se han realizado en forma de vertedero en zigzag.

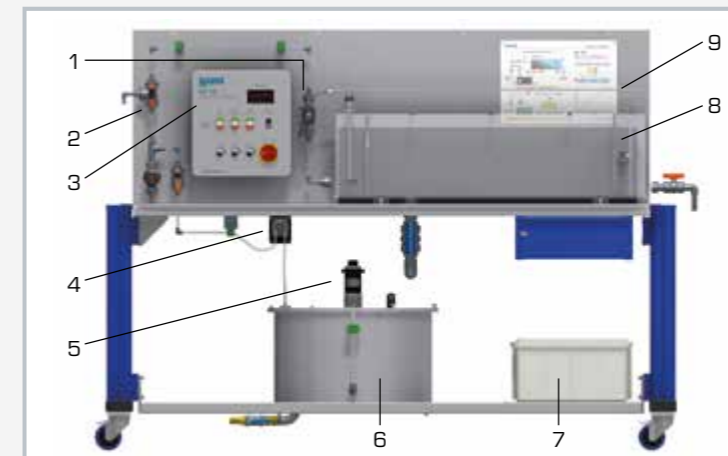
Los caudales de la suspensión concentrada y del agua fresca se ajustan mediante válvulas. De esta forma se puede ajustar la proporción de mezcla y, con ello, la concentración de materia sólida en la entrada del tanque de sedimentación. Un sensor de caudal electromagnético registra el caudal en la alimentación del tanque de sedimentación. El caudal y el número de revoluciones del mecanismo de agitación se muestran de manera digital. Para una mejor observación de las condiciones de flujo se ha instalado iluminación en el tanque de sedimentación.

Contenido didáctico/ensayos

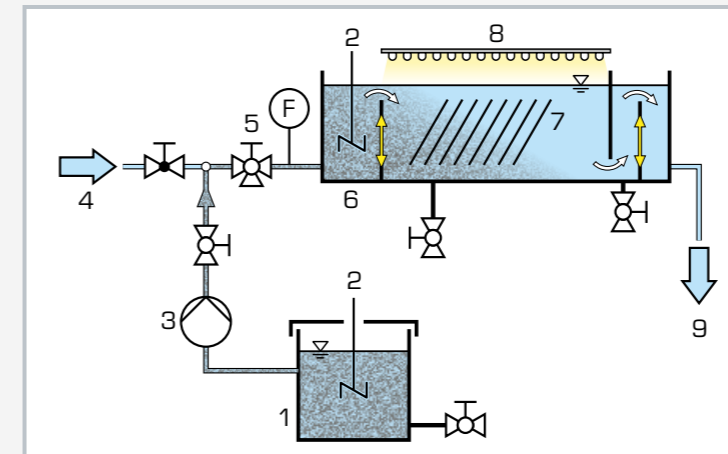
- principio fundamental para la separación de materias sólidas de suspensiones en un tanque de sedimentación
- determinación de la carga superficial hidráulica
- influencia de los siguientes parámetros sobre el proceso de separación:
 - ▶ la concentración de materia sólida
 - ▶ el caudal
 - ▶ la velocidad de flujo en la entrada
 - ▶ el nivel del agua en el tanque de sedimentación
- examen de las condiciones de flujo
- influencia de las placas lamelares sobre el proceso de sedimentación

HM 142

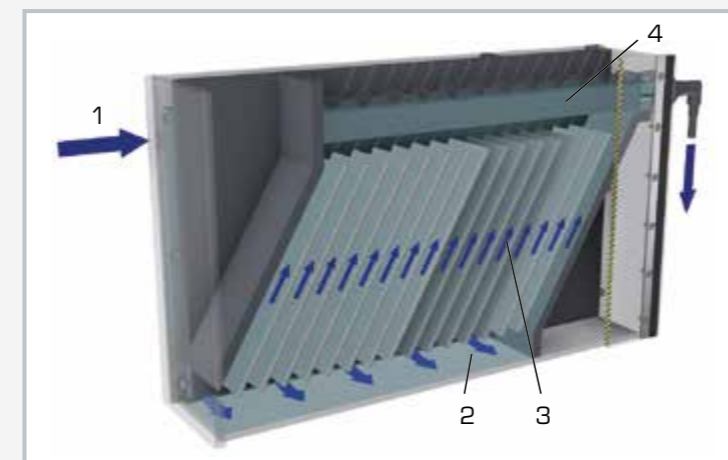
Separación en tanques de sedimentación



1 sensor de caudal electromagnético, 2 punto de toma de muestras, 3 caja de distribución, 4 bomba, 5 mecanismo de agitación, 6 depósito de suspensión, 7 caja de almacenaje, 8 tanque de sedimentación, 9 iluminación



1 depósito de suspensión, 2 mecanismo de agitación, 3 bomba, 4 agua clara, 5 punto de toma de muestra, 6 tanque de sedimentación, 7 placas lamelares (opcional), 8 iluminación, 9 salida; F caudal



Principio de funcionamiento de la unidad de láminas

1 entrada de agua bruta, 2 agua bruta pasa por debajo del tabique, 3 agua bruta fluye hacia arriba entre las láminas, los sólidos se hunden en las láminas y se deslizan hacia abajo en las láminas, 4 agua purificada fluye hacia el canaleta de drenaje

Especificación

- [1] separación de suspensiones mediante sedimentación en el tanque de sedimentación
- [2] tanque de sedimentación transparente con iluminación para la visualización de las condiciones de flujo
- [3] mecanismo de agitación en la zona de entrada del tanque de sedimentación
- [4] la unidad de placas lamelares se puede utilizar de manera opcional en el tanque de sedimentación
- [5] depósito con bomba y mecanismo de agitación para la generación y transporte de una suspensión concentrada
- [6] la mezcla de la suspensión concentrada con agua fresca produce el agua bruta a examinar
- [7] ajuste de la concentración de la materia sólida mediante válvulas para caudal de agua fresca y suspensión
- [8] el nivel del agua en el tanque de sedimentación y la velocidad de flujo se pueden ajustar en la entrada
- [9] sensor de caudal electromagnético para agua bruta
- [10] conos Imhoff para determinar las materias sedimentables de una muestra de agua

Datos técnicos

Tanque de sedimentación (sección de ensayo)

- LxAnxAI: 900x110x300mm
- capacidad de llenado máx: aprox. 25L
- material: plexiglás

Unidad de placas lamelares

- ángulo de inclinación de láminas: 60°
- número de láminas: 16

Depósito de suspensión

- capacidad: aprox. 85L
- material: acero inoxidable

Bomba

- caudal máx: 75L/h

Mecanismos de agitación (número de revoluciones máx.)

- depósito de suspensión: 600min⁻¹
- tanque de sedimentación: 330min⁻¹

Rangos de medición

- caudal: 30...600L/h

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 2200x790x1540mm

Peso: aprox. 220kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de accesorios
- 1 envase con materia sólida
- 1 material didáctico

Vista previa

CE 587 Flotación por aire disuelto

Eliminación de materias sólidas mediante flotabilidad

Además de la sedimentación, la flotación es otra alternativa frecuente para eliminar materias sólidas en el tratamiento de aguas. La flotación por aire disuelto es el proceso de flotación más utilizado.

Ensayos orientados a la práctica

Con nuestro equipo didáctico CE 587 puede estudiar todos los aspectos esenciales de este proceso. Para que posea un alto grado de orientación práctica, nos hemos centrado en darle un carácter lo más real posible durante su desarrollo.

El equipo consta de una unidad de alimentación y un banco de ensayos. En primer lugar se realiza un pretratamiento del agua bruta con floculación. A continuación, los floculos del depósito de flotación se transportan a la superficie del agua mediante pequeñas burbujas de aire. Con un rascador eléctrico puede eliminar el flotante de la superficie del agua. Muchos de los componentes utilizados como, p. ej., sensores de caudal electromagnético y bombas dosificadoras se utilizan en plantas a nivel industrial. Mediante el uso de materiales transparentes puede observar todos los pasos importantes del proceso de forma óptima.



De serie en GUNT: uso de componentes industriales de alta calidad como, p. ej., bombas dosificadoras profesionales

Contenidos didácticos

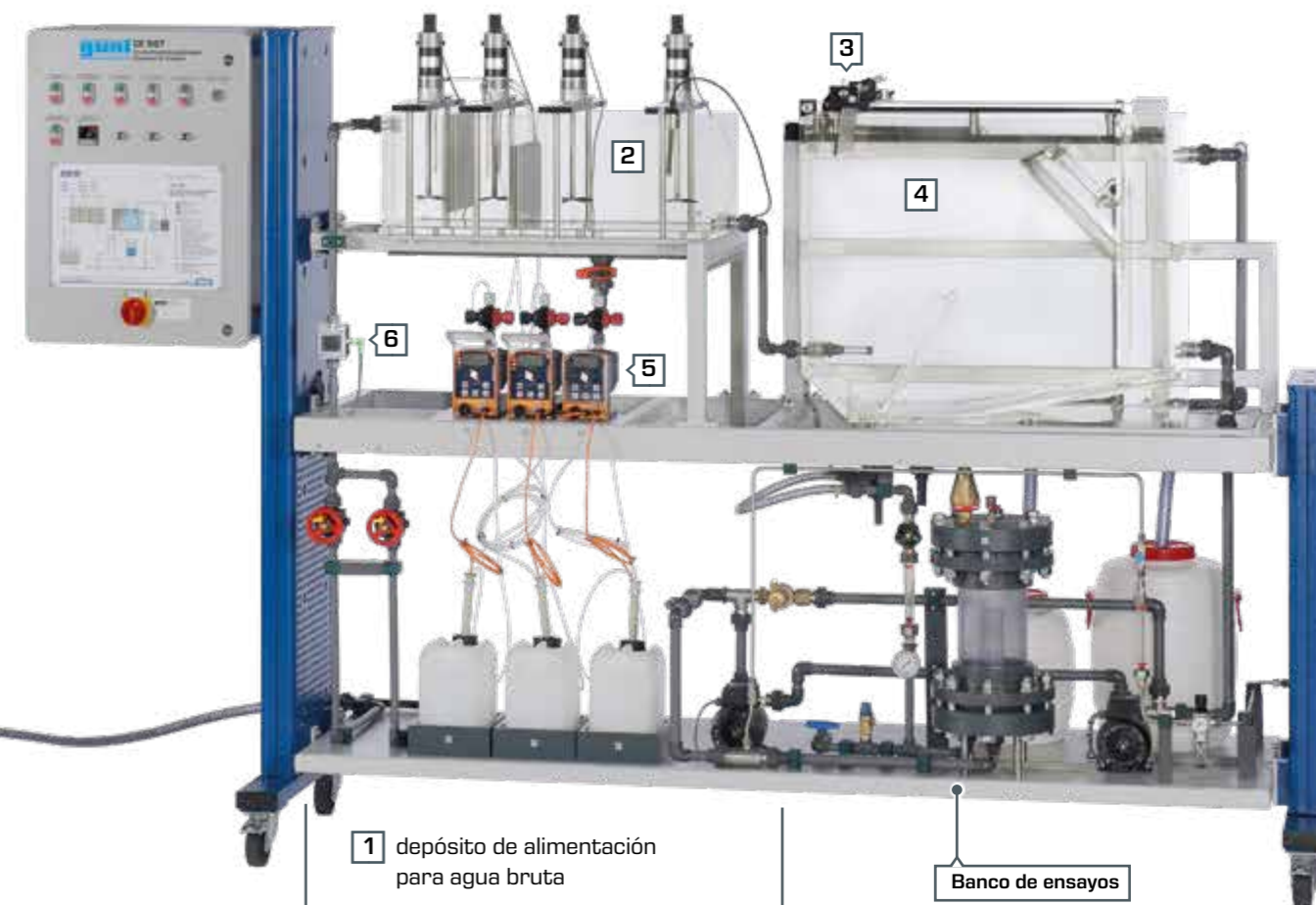
- funcionamiento de la flotación por air disuelto
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- influencia de la concentración del coagulante y del floculante
- determinación de la carga superficial hidráulica (velocidad ascensional)



Al igual que en las plantas de flotación de las instalaciones industriales, el CE 587 está equipado con un rascador eléctrico que elimina las materias sólidas flotantes de la superficie del agua.



Unidad de alimentación



- depósito de alimentación para agua bruta
- pretratamiento con floculación
- rascador eléctrico
- depósito de flotación
- bombas dosificadoras
- caudalímetro electromagnético

Banco de ensayos

Al producto:



CE 587

Flotación por aire disuelto



La ilustración muestra: unidad de alimentación (izquierda) y banco de ensayos (derecha)

Descripción

- demostración de la flotación por aire disuelto
- floculación para el acondicionamiento del agua bruta
- rascador para la eliminación del flotante

El CE 587 demuestra la depuración de un agua bruta cargada de sustancias sólidas con el proceso de flotación por aire disuelto.

Primero se prepara una suspensión (agua bruta) en un depósito. El agua bruta fluye desde aquí a un depósito de floculación, dividido en tres compartimentos. Mediante la adición de un coagulante en el primer compartimento, se reducen las fuerzas de repulsión entre las partículas sólidas. Las partículas sólidas se unen en flóculos. Para producir flóculos de mayor tamaño se mezcla un floculante en el segundo compartimento. El coagulante reduce el pH. Al añadir sosa cáustica se puede volver a aumentar el pH del agua. En el tercer compartimento del depósito de floculación hay velocidades de flujo reducidas para que no surjan turbulencias. Una turbulencia impediría la formación de flóculos.

El agua bruta llega al depósito de flotación desde el depósito de floculación. Una parte del agua depurada se toma del depósito de flotación y se satura con aire bajo presión. La introducción de esta agua (agua de circulación) se realiza mediante una válvula de reducción de presión para que se despresurice de golpe a la presión atmosférica. Con este proceso se producen burbujas de aire muy pequeñas que se adhieren a los flóculos. De esta manera, los flóculos suben a la superficie del agua. Los flóculos flotantes (flotantes) pueden desplazarse con un rascador a una canaleta colectora.

Los caudales, las presiones y el pH se registran. El pH se puede regular adicionalmente. La presión del agua de circulación se puede ajustar.

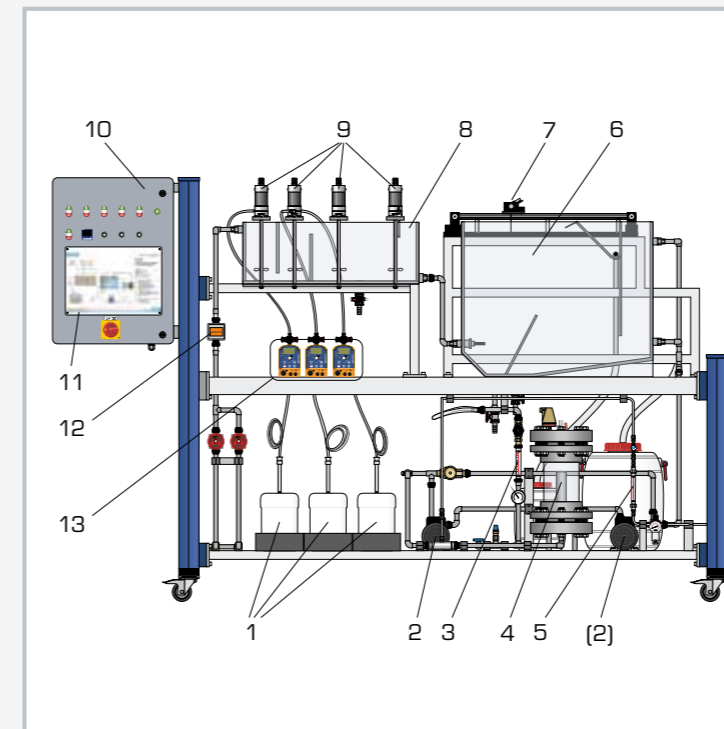
Las sales metálicas trivalentes son muy utilizadas como coagulantes. Los polímeros orgánicos son floculantes habituales. Para la producción del agua bruta se pueden utilizar carbón activado pulverizado.

Contenido didáctico/ensayos

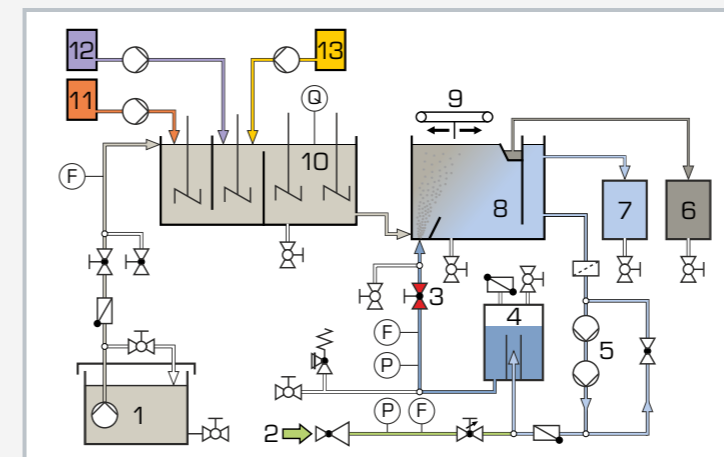
- funcionamiento de la flotación por air disuelto
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- influencia de parámetros distintos
 - ▶ concentración del coagulante
 - ▶ concentración del floculante
- determinación de la carga superficial hidráulica (velocidad ascensional)

CE 587

Flotación por aire disuelto



1 depósitos de sustancias químicas, 2 bombas de circulación, 3 caudalímetro (agua de circulación), 4 depósito a presión, 5 caudalímetro (aire), 6 depósito de flotación, 7 rascador, 8 depósito de floculación, 9 mecanismos de agitación, 10 armario de distribución, 11 esquema de proceso, 12 sensor de caudal electromagnético (agua bruta), 13 bombas dosificadoras



1 agua bruta, 2 aire comprimido, 3 válvula de reducción de presión, 4 depósito a presión, 5 bombas de circulación, 6 lodo (flotantes), 7 agua depurada, 8 depósito de flotación, 9 rascador, 10 depósito de floculación, 11 coagulante, 12 floculante, 13 sosa cáustica; F caudal, P presión, G pH

Especificación

- [1] eliminación de sustancias sólidas de un agua bruta con flotación por aire disuelto
- [2] acondicionamiento del agua bruta mediante floculación
- [3] 3 bombas dosificadoras para sustancias químicas
- [4] depósito de floculación con 3 compartimentos y 4 mecanismos de agitación
- [5] depósito de flotación con rascador accionado eléctricamente
- [6] depósito a presión y 2 bombas de circulación
- [7] válvula de reducción de presión
- [8] unidad de alimentación separada con depósito y bomba para agua bruta
- [9] sensor de caudal electromagnético
- [10] registro de caudal, presión y pH
- [11] regulación del pH

Datos técnicos

Depósitos

- depósito de flotación: 150L
- depósito de floculación: 45L
- agua bruta: 300L
- agua depurada: 80L
- lodo (flotantes): 15L

Bomba para agua bruta

- caudal máx.: 135L/min
- altura de elevación máx.: 7,0m

Bombas de circulación

- caudal máx.: 18L/min cada una
- altura de elevación máx.: 50m cada una

Bombas dosificadoras

- caudal máx.: 2,3L/h cada una
- mecanismos de agitación
- número de revoluciones máx.: 600min⁻¹ cada una

Rangos de medición

- caudal: 0,5...10L/min (agua bruta)
- caudal: 30...320L/h (agua de circulación)
- caudal: 20...360L/h (aire)
- pH: 1...14
- presión: 0...6bar (agua de circulación)

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1560x790x1150mm (unidad de alimentación)

LxAnxAI: 3100x790x1950mm (banco de ensayos)

Peso total: aprox. 550kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe, aire comprimido, sosa cáustica, hierro (III) sulfato, floculante, carbón activado pulverizado (recomendación)

Volumen de suministro

- 1 unidad de alimentación
- 1 banco de ensayos
- 1 juego de mangueras

CE 588**Demostración de la flotación por aire disuelto****Contenido didáctico/ensayos**

- funcionamiento de la flotación por aire disuelto
- disolución de gases en líquidos:
 - ▶ ley de Henry
 - ▶ ley de Dalton

2E

Descripción

- **tratamiento mecánico de agua**
- **depósito transparente para la observación de los procesos**

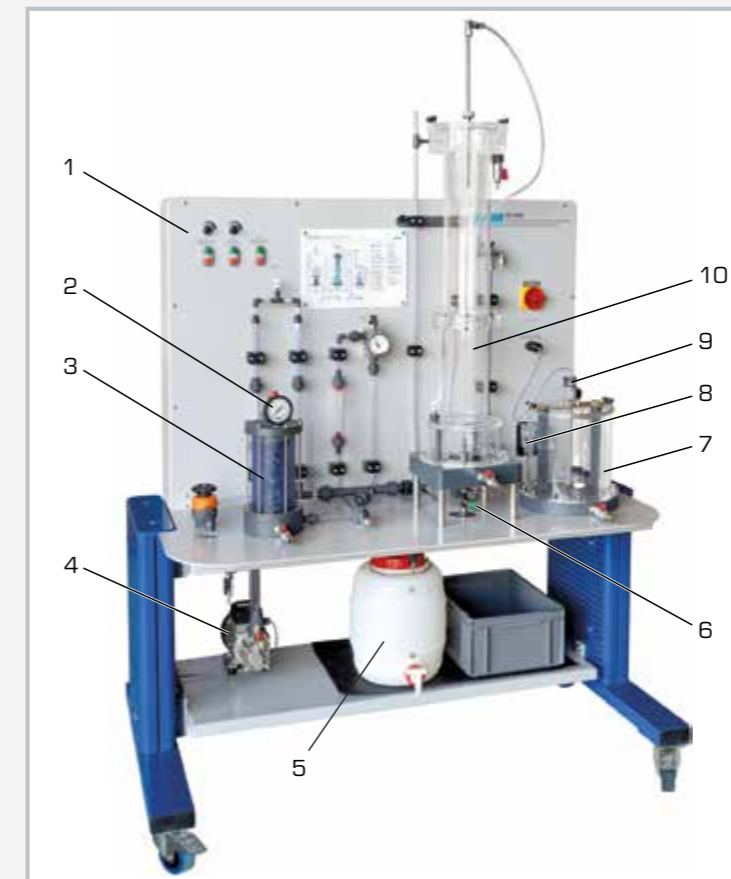
Los procesos de flotación sirven para separar materias sólidas de un líquido (p. ej. agua). El proceso de flotación más utilizado en el tratamiento de agua es la flotación por aire disuelto.

La suspensión (agua bruta) a limpiar se coloca en un depósito. Para mejorar la flotabilidad del contaminante se pueden añadir sustancias químicas de floculación al agua bruta. El agua bruta se transporta con una bomba y penetra en la columna de flotación a través de una tubería vertical. Es posible ajustar la altura de la tubería de entrada.

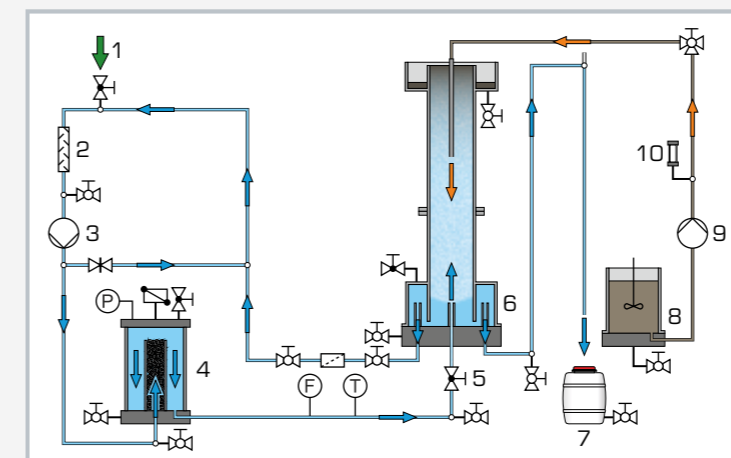
En la columna de flotación se ha conectado un circuito de agua con una bomba. En el punto más alto de la circulación hay presión negativa. El aire requerido para la flotación se aspira abriendo una válvula en este punto. Mediante la aplicación de presión el aire se disuelve en el agua. Una parte del agua fluye a través de un bypass de vuelta a la bomba. La otra parte del agua pasa a un depósito a presión que se encuentra lleno con anillos Pall. El depósito a presión garantiza un tiempo de permanencia suficientemente elevado para la disolución del aire y la separación del aire no disuelto. A continuación el agua entra a través de una válvula por la parte inferior de la columna de flotación. Esto provoca un repentino descenso en la presión hasta una presión prácticamente atmosférica.

Debido a que la solubilidad del aire asciende cuando aumenta la presión, el aire sobrante forma pequeñas burbujas. Las burbujas de aire se adicionan a los contaminantes. Los contaminantes se elevan junto con las burbujas de aire dentro de la columna. En el extremo superior de la columna de flotación los contaminantes llegan a una acanaladura circular. El agua depurada se extrae del suelo de la columna de flotación y se acumula en un depósito.

La presión y el caudal de la circulación se pueden ajustar. El caudal, la temperatura y la presión se miden e indican.

CE 588**Demostración de la flotación por aire disuelto**

1 elementos de mando, 2 manómetro, 3 depósito a presión, 4 bomba de circulación, 5 depósito de agua depurada, 6 válvula de reducción de presión, 7 depósito de agua bruta, 8 bomba de agua bruta, 9 mecanismo de agitación, 10 columna de flotación



1 aire, 2 mezclador estático, 3 bomba de circulación, 4 depósito a presión, 5 válvula de reducción de presión, 6 columna de flotación, 7 depósito de agua depurada, 8 depósito de agua bruta, 9 bomba de agua bruta, 10 amortiguador de pulsaciones; F caudal, P presión, T temperatura

Especificación

- [1] columna de flotación de plexiglás
- [2] depósito de agua bruta con mecanismo de agitación
- [3] bomba peristáltica para el transporte del agua bruta
- [4] amortiguador de pulsaciones para un flujo de agua bruta uniforme
- [5] el número de revoluciones de la bomba peristáltica y del mecanismo de agitación se puede ajustar sin escalonamiento
- [6] entrada del agua bruta en la columna de flotación regulable en altura
- [7] presión y caudal de la circulación se puede ajustar
- [8] circuito de agua con bomba y bypass
- [9] no requiere aire comprimido
- [10] depósito a presión transparente con anillos Pall
- [11] registro de caudal, presión y temperatura

Datos técnicos

Columna de flotación
 ■ diámetro interior: 115mm
 ■ altura: 870mm
 ■ volumen: aprox. 10L

Depósitos
 ■ agua bruta: 8L
 ■ agua depurada: 15L
 ■ depósito a presión: 1,5L

Bomba de agua bruta (bomba peristáltica)
 ■ caudal máx.: 20L/h
 ■ número de revoluciones máx.: 200min⁻¹

Bomba de circulación (bomba centrífuga)
 ■ caudal máx.: 660L/h
 ■ altura de elevación máx.: 65m

Mecanismo de agitación: máx. 330min⁻¹

Rangos de medición
 ■ caudal: 5...60L/h
 ■ presión: 0...10bar
 ■ temperatura: 0...60°C

230V, 50Hz, 1 fase
 230V, 60Hz, 1 fase
 120V, 60Hz, 1 fase
 UL/CSA opcional
 LxAnxAI: 1410x790x1850mm
 Peso: aprox. 170kg

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 2 vasos medidores
- 1 gránulos de cáscara de nuez
- 1 cloruro de hierro (III)
- 1 floculante
- 1 caja de almacenamiento
- 1 material didáctico

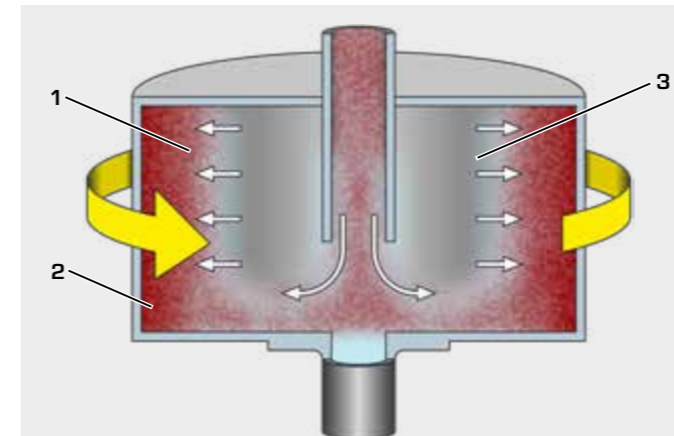


Visite nuestras páginas web

En nuestro sitio web encontrará toda la información sobre el programa.

Conocimientos básicos

Separación por centrifugación



Centrifugadora de sedimentación:

1 partículas sólidas, 2 sedimento, 3 líquido

Como fuerza impulsora de las operaciones de separación de fases se puede aprovechar la fuerza centrífuga, además de la fuerza de la gravedad. La fuerza centrífuga se puede generar por medio del flujo de un fluido o por depósitos giratorios en rotación (centrífugas). La diferencia de densidad entre el fluido y las partículas sólidas provoca la separación de las mismas. La fuerza centrífuga desplaza las partículas sólidas, de mayor densidad, hacia la pared exterior en mayor medida que las partículas de fluido.

La fuerza que actúa en el campo centrífugo de una **centrifugadora** es de mayor intensidad que de la fuerza de la gravedad. Como consecuencia se pueden separar mediante centrifugación partículas más pequeñas y de menor densidad que en el caso del campo gravitacional.

Para la separación de mezclas de sólidos y líquidos pueden usarse centrifugadoras de sedimentación y filtrado:

En las **centrifugadoras de sedimentación**, las partículas sólidas se acumulan como sedimento en la cara interna de la carcasa. También pueden estar dotadas de dispositivos tales como planos inclinados respecto al campo de fuerza centrífuga (centrifugadora de platos cónicos). Esta disposición acorta el recorrido y la duración de la sedimentación. Las centrifugadoras de platos cónicos se pueden utilizar también para separar emulsiones, como por ejemplo: agua-aceite.

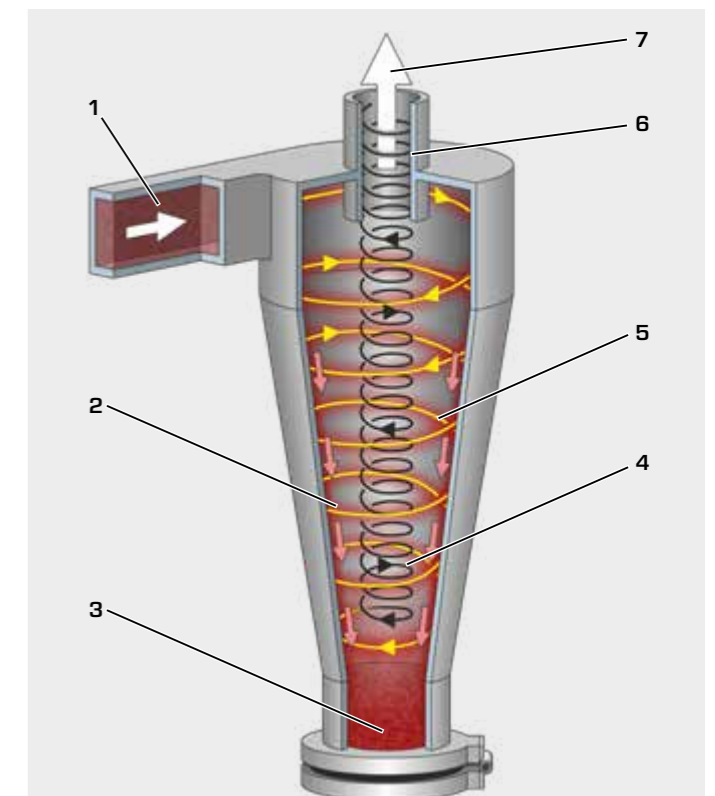
En los **filtros centrífugos**, la carcasa del depósito rotativo está provista de orificios. En el interior de la carcasa está colocado un medio filtrante (tamiz fino o tela filtrante). Las fuerzas centrífugas mueven la suspensión en dirección al medio filtrante. Las partículas sólidas forman allí una torta.

En el caso de los **ciclones**, la fuerza centrífuga necesaria para la separación se genera por medio del flujo del fluido. Su parte superior es siempre de forma cilíndrica y se angosta hacia la parte inferior, en forma de cono.

La alimentación entra por la zona superior tangencialmente y la pared del ciclón le obliga a adoptar, inicialmente, una trayectoria circular. Se origina un torbellino (primario) descendente (vórtice). En la base del ciclón se produce una inversión del torbellino primario. El fluido se mueve ahora como torbellino secundario alrededor del eje del ciclón y asciende hacia el tubo buzo de descarga del ciclón. El proceso de separación principal se desarrolla en el torbellino primario. Las fuerzas centrífugas y la diferencia de densidad entre el fluido y el sólido hacen que las partículas sólidas se muevan en dirección a la pared.

En el **ciclón de gases**, las partículas sólidas resbalan hacia la parte inferior, donde se acumulan. El uso de ciclones de gases está muy difundido, ya que con ellos es posible separar también sólidos de gases calientes.

En el **hidrociclón**, la alimentación cargada de materia sólida se mueve en forma de vórtice cónico descendente próximo a la pared. Por la parte inferior se evacuan los sólidos continuamente, a diferencia de lo que ocurre en el ciclón de gases. Los hidrociclones se utilizan, por ejemplo, para la limpieza de suelos contaminados.



Ciclón de gases:

1 gas bruto, 2 polvo separado, 3 polvo acumulado, 4 torbellino secundario, 5 torbellino primario, 6 tubo buzo de descarga, 7 gas desempolvado

CE 282

Centrifugadora de platos cónicos



Descripción

- separación continua de emulsiones
- es posible realizar ejercicios prácticos relacionados con el mantenimiento y la inspección
- ensayos prácticos a escala de laboratorio

La centrifugadora de platos sirve para separar una emulsión en varias fases: líquido más ligero como el aceite, líquido más pesado como el agua y sólidos.

En un depósito de agitación se prepara la emulsión a separar. Se recomienda utilizar una emulsión de agua y aceite. El mecanismo de agitación de número de revoluciones regulable se encarga de mezclar las dos fases líquidas. Durante el proceso de agitación, las gotitas de aceite se dividen cada vez más finamente en el agua. La emulsión permanece estable tanto más tiempo cuanto menor sea el tamaño de las gotitas.

Una bomba transporta la emulsión encima del centro de rotación de la centrifugadora en rotación. La emulsión pasa a través del fondo del distribuidor y a través de canales en sentido ascendente hasta el hueco entre platos. La causa que promueve el proceso es la fuerza centrífuga.

Ella se encarga de que las partículas de líquido de mayor densidad (agua) se desplacen más hacia el exterior que las partículas de líquido de menor densidad (aceite). El recorrido y la duración de la sedimentación se acortan por el efecto de las placas deflectoras dispuestas en posición oblicua respecto al campo de aceleraciones. Por la parte inferior de los platos giratorios la fracción de mayor densidad de la emulsión se desliza en sentido descendente y se dirige hacia el exterior. La parte más ligera fluye por la parte superior de los platos hacia la zona interior. Los líquidos separados salen de la centrifugadora por desagües y se pueden recoger en depósitos.

El número de revoluciones de la centrifugadora se puede fijar con un potenciómetro. Con una válvula se fija el caudal de la emulsión a separar. Para el mecanismo de agitación hay disponibles agitadores de diferentes tipos. Recomendamos usar un fotómetro para realizar el análisis de las fracciones separadas.

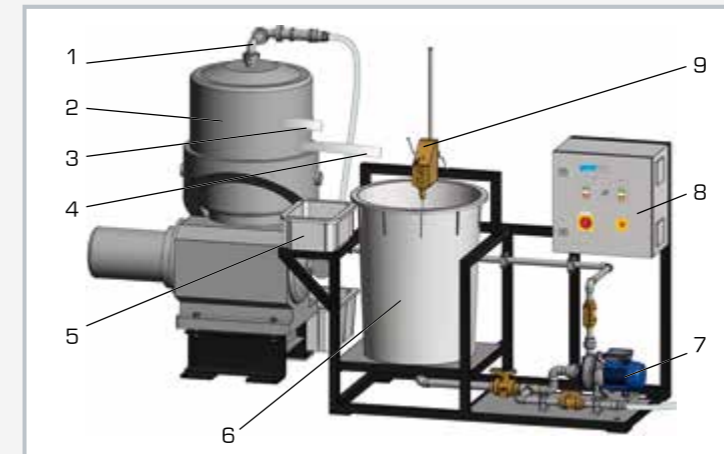
Las instrucciones de utilización y mantenimiento son la base para aprender a realizar numerosos trabajos prácticos de mantenimiento y de inspección de la centrifugadora.

Contenido didáctico/ensayos

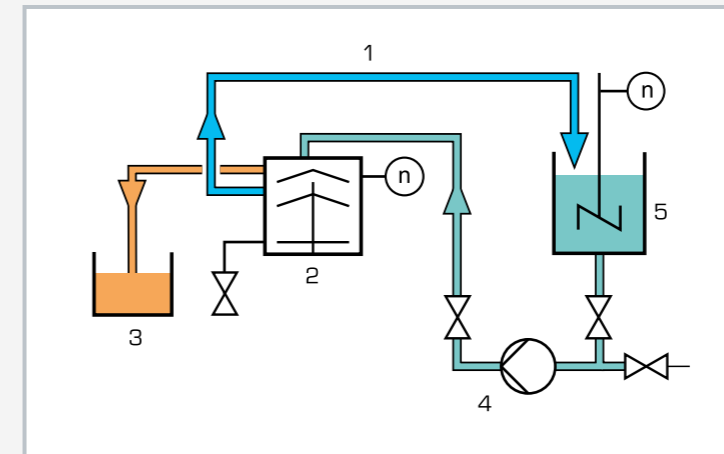
- producción de emulsiones estables con diferentes agitadores
- conocer el principio básico de las centrifugadoras de platos cónicos
- influencia del número de revoluciones y del caudal de la alimentación sobre el resultado de la separación
- evolución de la concentración de la fase ligera en el depósito de agitación, en función la duración (con un fotómetro)
- procesos de arranque/puesta en marcha y funcionamiento de una centrifugadora de platos cónicos
- trabajos de mantenimiento
- trabajos de limpieza
- trabajos de inspección

CE 282

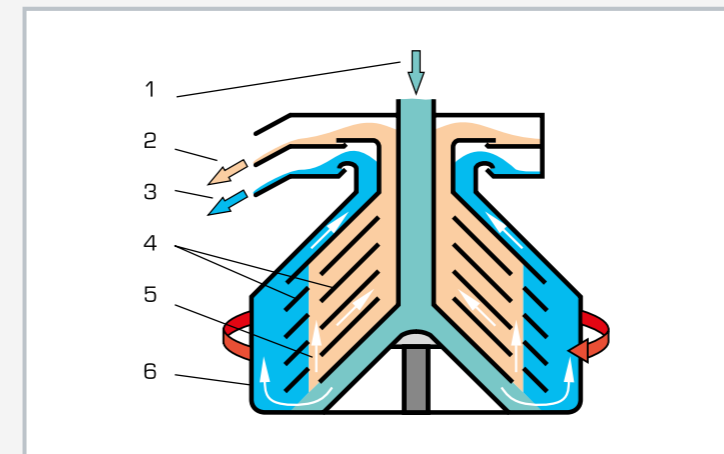
Centrifugadora de platos cónicos



1 entrada de la emulsión, 2 centrifugadora, 3 salida de fase ligera, 4 salida de fase pesada, 5 depósito colector de fase ligera, 6 depósito de agitación, 7 bomba, 8 caja de distribución con elementos de mando, 9 mecanismo de agitación



1 fase pesada, 2 centrifugadora de platos cónicos, 3 fase ligera, 4 bomba, 5 depósito para agitación de la emulsión; n número de revoluciones



Principio básico de las centrifugadoras de platos cónicos: 1 entrada de emulsión o boca, 2 salida de la fase ligera, 3 salida de la fase pesada, 4 plato, 5 canal ascendente, 6 tambor

Especificación

- [1] separación continua de emulsiones con una centrifugadora de platos cónicos
- [2] depósito de HDPE con agitador para producir una emulsión
- [3] bomba centrífuga para transportar la emulsión hacia centrifugadora
- [4] ajuste del caudal de la emulsión transportada por medio de una válvula
- [5] el número de revoluciones de la centrifugadora se puede regular con un potenciómetro
- [6] agitador de número de revoluciones regulada con indicación digital del par
- [7] 3 agitadores desmontables
- [8] depósito colector para la fase separada

Datos técnicos

Centrifugadora de platos cónicos

- potencia: 7500W
- diámetro útil máx.: aprox. 300mm
- número de revoluciones máx.: 6480min⁻¹

Mecanismo de agitación

- consumo de potencia: 140W
- número de revoluciones: 30...1000min⁻¹

Agitadores

- 2 agitadores planos: 3/10 orificios
- 1 agitador con 3 palas

Bomba centrífuga

- caudal máx.: 183L/min
- altura de elevación máx.: 11m

Depósitos

- depósito de agitación: 200L
- depósito colector: 14L

Rangos de medición

- número de revoluciones:
 - ▶ 1x 0...8000min⁻¹
 - ▶ 1x 30...1000min⁻¹

400V, 50Hz, 3 fases
400V, 60Hz, 3 fases; 230V, 60Hz, 3 fases
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 2800x1300x1800mm
Peso: aprox. 1100kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua: 200...300L/h, desagüe; 5L aceite de cocina, se necesita un montaje especial

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 235
Ciclón de gases

La ilustración muestra: banco de ensayos (izquierda) y soplante (derecha).

Descripción

- separación de sólidos con un ciclón de gases
- ciclón transparente para observar la operación de separación
- ensayos prácticos a escala de laboratorio

Los ciclones de gases se utilizan como primera etapa de separación de sustancias sólidas en gases. Los ciclones de gases no tienen piezas móviles, por lo que requieren poco mantenimiento, y se pueden utilizar a temperaturas elevadas. Por estas razones están muy difundidos.

Este banco de ensayos ha sido desarrollado en colaboración con el **Instituto de Ingeniería de Procesos con Sólidos y Tecnología de Partículas de la Universidad Técnica de Hamburg-Harburg**. Mediante un distribuidor se reparte el material alimentado (recomendamos el uso de harina rica de cuarzo) en un flujo de aire. El flujo de aire así cargado de sólidos (gas bruto) se introduce tangencialmente en el ciclón por su parte superior. En el ciclón, el flujo de aire se mueve en dirección descendente como un torbellino primario en rotación. En el fondo del ciclón se produce una inversión del sentido del torbellino primario. Se mueve hacia arriba alrededor del eje del ciclón formando el torbellino secundario, en dirección al tubo buzo de descarga. El gas despolvado sale del ciclón por la descarga superior.

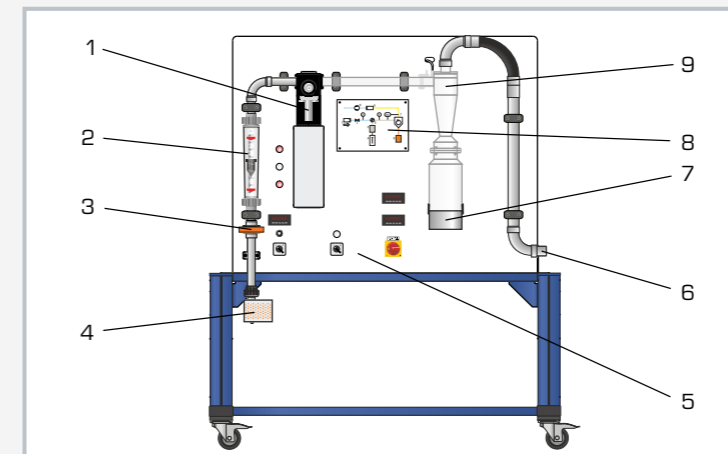
La separación principal se desarrolla en el torbellino primario. Las fuerzas centrífugas y la diferencia de densidades entre los sólidos y el aire provocan que las partículas gruesas se dirijan hacia la pared, resbalen por esta y se acumulen en la tolva del ciclón. No se produce una separación completa de la totalidad de la materia sólida. Las partículas finas (finos) cuyo tamaño es menor que el diámetro de corte son evacuadas, en el caso ideal, con el torbellino secundario por la parte superior del tubo buzo de descarga. El material fino se separa del flujo de aire por medio de un filtro. El diámetro de corte define el límite teórico entre el material fino y el grueso.

El contenido de sólidos en el gas a tratar se puede fijar con ayuda del dispositivo de dispersión y de una válvula reguladora del caudal volumétrico de aire. El aire ambiente aspirado se filtra para evitar incorporar partículas extrañas. Un soplante produce el flujo de aire. Los puntos de medición están situados en posiciones relevantes del banco de ensayos y permiten determinar las pérdidas de presión.

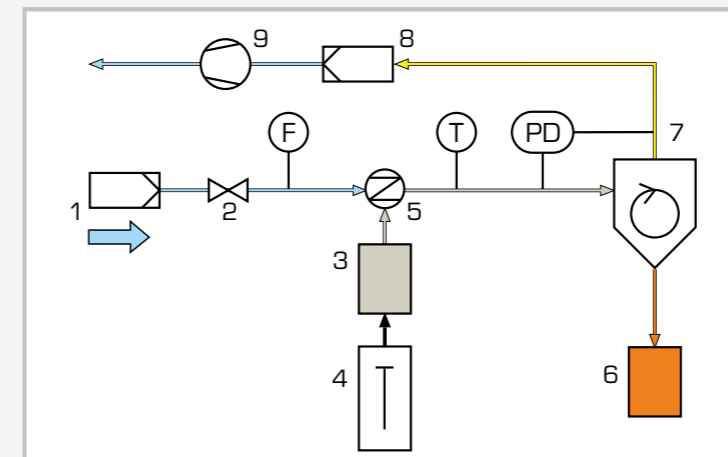
Con un equipo de análisis apropiado (p. ej. un espectrómetro de difracción) se puede obtener una función de separación y determinar el diámetro de corte.

Contenido didáctico/ensayos

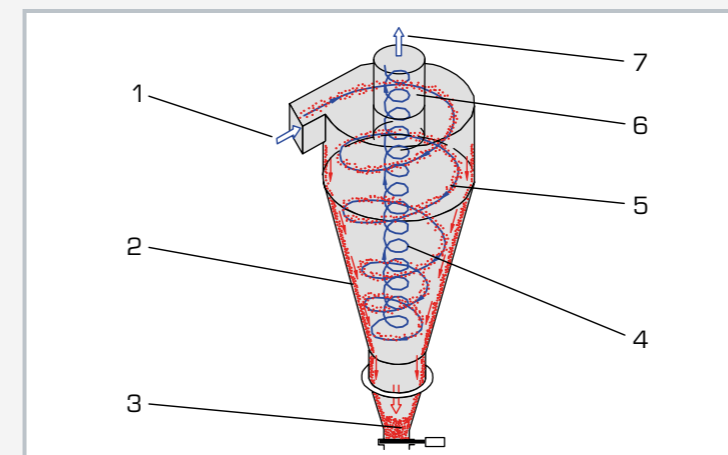
- influencia del contenido de sólidos y del caudal volumétrico de aire sobre
 - ▶ la pérdida de presión en el ciclón
 - ▶ el rendimiento de separación
 - ▶ la función de separación y el diámetro de corte (con un equipo de análisis apropiado)
- comparación de la pérdida de presión y el rendimiento de separación con los valores teóricos calculados

CE 235
Ciclón de gases

1 dispositivo de dispersión con depósito de material alimentado y dispositivo de transporte, 2 caudalímetro, 3 válvula (caudal volumétrico de aire), 4 entrada de aire, equipada con filtro, 5 elementos de indicación y mando, 6 conexión para soplante, 7 depósito de material grueso, 8 esquema de proceso, 9 ciclón de gases



1 entrada de aire, equipada con filtro, 2 válvula del caudal volumétrico de aire, 3 depósito de material alimentado, 4 dispositivo de transporte, 5 dispositivo de dispersión, 6 depósito de material grueso, 7 ciclón de gases, 8 filtro para retener el material fino, 9 soplante; F caudal volumétrico, PD presión diferencial, T temperatura



Relación de flujos en un ciclón de gases: 1 entrada de gas bruto, 2 sólido separado, 3 sólido acumulado, 4 torbellino secundario, 5 torbellino primario, 6 tubo buzo de descarga, 7 gas despolvado

Especificación

- [1] separación de sólidos contenidos en gases por medio de un ciclón
- [2] ciclón con entrada tangencial
- [3] dosificación del material alimentado en el flujo de aire mediante un dispositivo de dispersión
- [4] generación del flujo de aire mediante un soplante; ajuste con válvula
- [5] depósitos de material alimentado y de material grueso
- [6] 1 filtro en la entrada de aire ambiente y 1 filtro en la salida para retener el material fino
- [7] registro de presión diferencial, de caudal volumétrico y de la temperatura del aire

Datos técnicos**Ciclón**

- altura: aprox. 250mm
- diámetro: aprox. 80mm
- diámetro del tubo buzo de descarga: aprox. 30mm

Soplante

- caudal volumétrico: máx. 600m³/h
- potencia: aprox. 3600W

Depósitos

- material alimentado: 15mL
- material grueso: 700mL

Rangos de medición

- presión diferencial: 0...100mbar
- caudal volumétrico: 10...100m³/h (aire)
- temperatura: 0...60°C

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1520x790x1800mm (banco de ensayos)

Peso: aprox. 160kg (banco de ensayos)

LxAnxAI: 660x510x880mm (soplante)

Peso: aprox. 33kg (soplante)

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 soplante
- 1 envase con harina de cuarzo (0...0,16mm; 25kg)
- 1 dispositivo cargador para dispositivo de dispersión
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 225
Hidrociclón**Contenido didáctico/ensayos**

- principio básico y el funcionamiento de un hidrociclón
- caudal másico de sólidos en la alimentación, el rebose y la descarga
- caudal másico de líquido en la alimentación, el rebose y la descarga
- parámetros característicos de la calidad de la separación
- pérdida de presión en el hidrociclón en función del caudal de la alimentación
- influencia de la densidad de la sustancia sólida sobre los parámetros característicos y la pérdida de presión

2E

Descripción

- **separación de sólidos con un hidrociclón**
- **observación óptima de los procesos con ayuda del material transparente**
- **ensayos prácticos a escala de laboratorio**

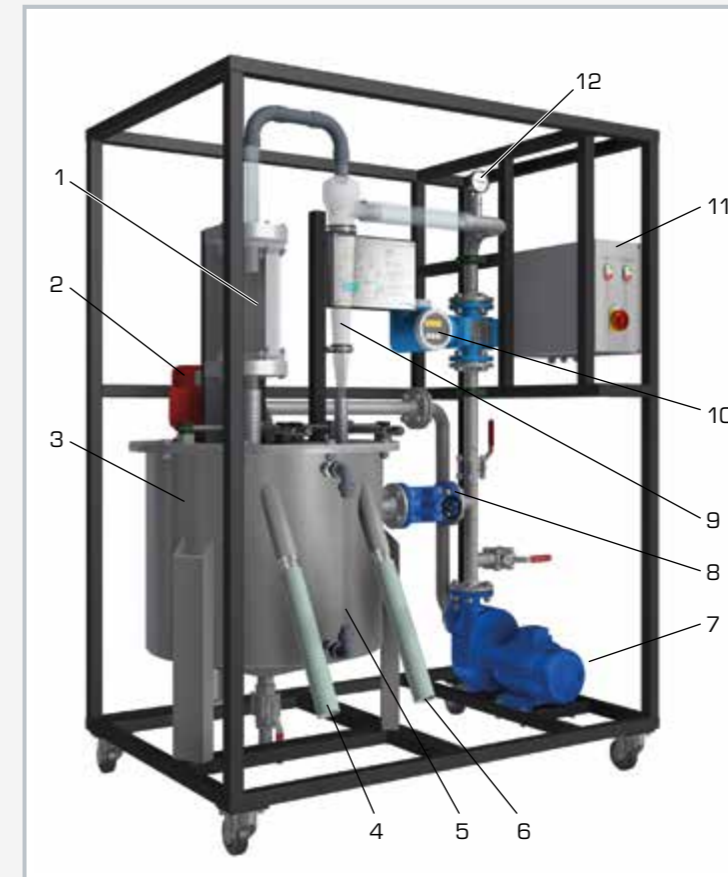
Con los hidrociclones se pueden separar suspensiones de sólidos en líquidos. En el caso del CE 225, la suspensión se prepara en un depósito. Una bomba transporta la suspensión a hasta la boca del ciclón. En el ciclón se forma un torbellino primario, descendente. La concididad de la parte inferior del ciclón obliga al torbellino a cambiar de sentido (ascendente). Alrededor del eje del ciclón se forma un torbellino secundario, en dirección al tubo central. La suspensión libre de material grueso sale del ciclón por dicho tubo.

En el interior del torbellino primario se forma un núcleo de aire. Por la acción de las fuerzas centrífugas, las partículas sólidas gruesas se acumulan en el torbellino primario y se extraen con la corriente descendente a través de la boquilla de descarga. Con la corriente ascendente superior se evacúa predominantemente el material fino.

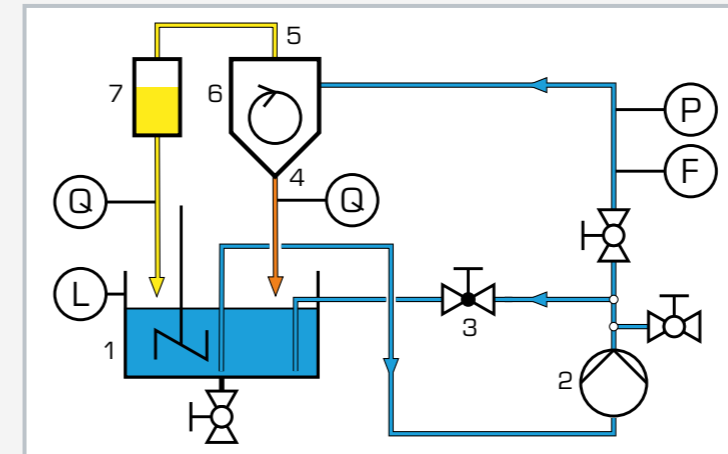
El caudal de la alimentación se ajusta mediante una válvula en un bypass y se mide con un caudalímetro magneto-inductivo. En la descarga y en el rebose se dispone de sendos puntos de toma de muestras. Así, se pueden determinar los caudales volumétricos por aforamiento con un balde y un cronómetro. Para la determinación de concentraciones de sólidos se recomienda la utilización de una balanza y de una estufa. Con un

equipo de análisis apropiado (p. ej. un espectrómetro de difracción) se puede obtener una función de separación y determinar el diámetro de corte. Como material sólido se recomienda emplear harina de cuarzo y tierra de diatomeas.

El banco de ensayos se ha desarrollado en colaboración con el **Departamento de Ingeniería de las Operaciones Básicas Mecánicas de la Universidad de Anhalt**.

CE 225
Hidrociclón

1 depósito para observación el rebose, 2 mecanismo de agitación, 3 depósito agitado, 4 punto de toma de muestras (rebose), 5 indicación de nivel, 6 punto de toma de muestras (descarga), 7 bomba, 8 válvula (bypass), 9 hidrociclón, 10 caudalímetro, 11 caja de distribución, 12 manómetro



1 depósito agitado, 2 bomba, 3 válvula (bypass), 4 descarga, 5 rebose, 6 hidrociclón, 7 depósito para observación el rebose; F caudalímetro, P manómetro, L indicación de nivel, Q punto de toma de muestras

Especificación

- [1] separación de sólidos en líquidos por medio de un hidrociclón
- [2] hidrociclón con entrada tangencial
- [3] depósito agitado para preparar la suspensión
- [4] bomba centrífuga para el transporte de la suspensión
- [5] ajuste del caudal con una válvula en un bypass
- [6] caudalímetro magneto-inductivo en la entrada
- [7] puntos de toma de muestras del rebose y de la descarga, para determinar los caudales y las concentraciones de sólidos
- [8] manómetro para determinar la pérdida de presión en el hidrociclón

Datos técnicos

Hidrociclón
 ■ altura: 710mm
 ■ Ø: 114mm
 ■ tubo central: Ø 40mm

Depósito de agitación
 ■ capacidad: 200L
 ■ material: acero inoxidable

Depósito (corriente superior)
 ■ capacidad: 5L
 ■ material: PMMA

Bomba
 ■ caudal máx.: 400L/min
 ■ altura de elevación máx.: 30m

Rangos de medición
 presión: 0...4bar
 caudal: 0...200L/min

400V, 50Hz, 3 fases
 400V, 60Hz, 3 fases
 230V, 60Hz, 3 fases
 UL/CSA opcional
 LxAnxAI: 1500x1000x2020mm
 Peso: aprox. 370kg

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 7 boquillas de descarga
- 1 manguera
- 2 baldes
- 1 jarra graduada
- 1 pala
- 1 cronómetro
- 1 juego de herramientas
- 1 envase con harina de cuarzo (25kg)
- 1 envase con tierra de diatomeas (20kg)
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos

Filtración

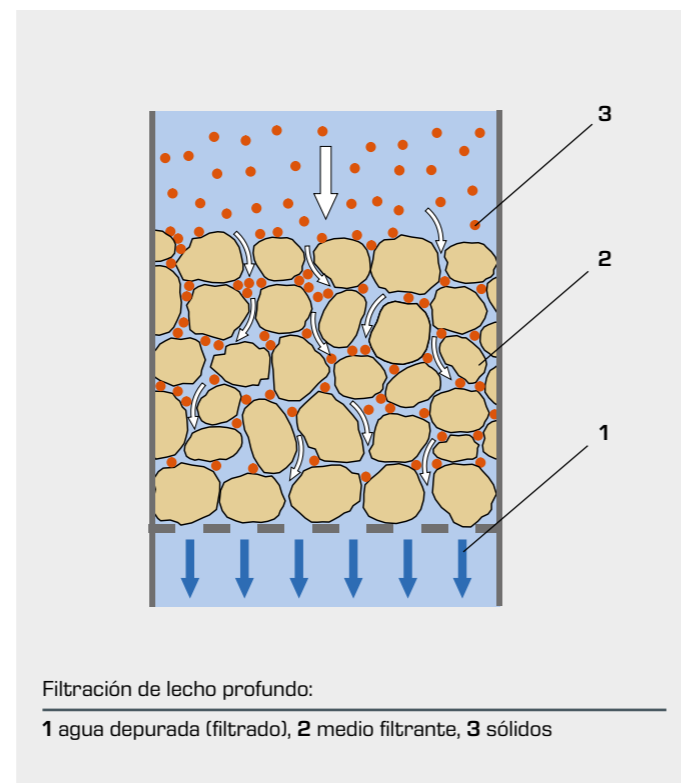
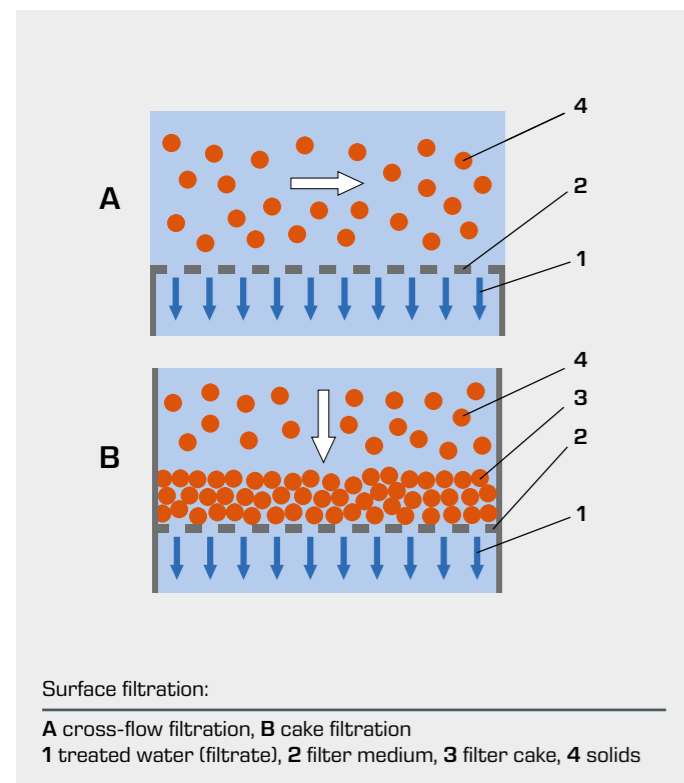
La filtración sirve para eliminar sólidos. El principio básico de este proceso es la retención de los sólidos por un medio filtrante. La fase líquida del agua bruta pasa a través del medio

Filtración superficial

La filtración superficial se basa en un efecto de tamizado. Los sólidos no penetran en el medio filtrante, sino que son retenidos en su superficie. La condición para que esto suceda es que el tamaño de los poros del medio filtrante sea menor que el tamaño de las partículas sólidas. Como medios filtrantes se pueden utilizar tamices, telas, papel de filtro o membranas. Si el flujo incide perpendicularmente en la superficie, se habla de filtración de torta. Un inconveniente de esta variante es que con el paso

del tiempo se forma sobre el material filtrante una torta que reduce el flujo de filtrado. Este problema se evita con la filtración tangencial, en la que el agua bruta fluye paralela a la superficie. Los sedimentos acumulados sobre el medio filtrante se eliminan en su mayor parte por el propio flujo. Este principio se emplea en los procesos de separación por membrana.

del tiempo se forma sobre el material filtrante una torta que reduce el flujo de filtrado. Este problema se evita con la filtración tangencial, en la que el agua bruta fluye paralela a la superficie. Los sedimentos acumulados sobre el medio filtrante se eliminan en su mayor parte por el propio flujo. Este principio se emplea en los procesos de separación por membrana.



Filtración de lecho profundo

En la filtración de lecho profundo, el agua bruta atraviesa un medio filtrante depositado en forma de lecho. Como medios filtrantes se usan frecuentemente arena y grava. El agua bruta fluye por los intersticios del lecho filtrante, donde se retienen los sólidos. El agua tratada atraviesa el lecho filtrante sin obstáculos. Con el paso del tiempo se va acumulando una cantidad cada vez mayor de sólidos en los intersticios del lecho filtrante. Esto hace que la sección de paso disminuya. En consecuencia aumenta la resistencia que el filtro opone al flujo. Esta resistencia se manifiesta como una pérdida de presión. El flujo a través del filtro disminuye, o sólo se puede mantener incrementando

la presión en la corriente de entrada al filtro. Los sólidos depositados se pueden eliminar por lavado en sentido inverso. Consecuentemente, la pérdida de presión disminuye tras realizar el lavado en sentido inverso. Esta operación se realiza normalmente circulando agua depurada en dirección contraria al flujo inicial.

La evolución de las condiciones de presión en un lecho filtrante en función del tiempo de operación se puede representar por medio de diagramas de resistencia del filtro, también llamados diagramas de Micheau.

CE 116

Filtración de torta y de lecho profundo



Descripción

■ filtración de torta y filtración de lecho profundo con diferentes suspensiones y lechos

Con CE 116 se puede observar y estudiar los procesos de la filtración de lecho profundo y la filtración de torta. La suspensión (agua y tierra de diatomeas como sustancia sólida) entra en el elemento filtrante por la parte superior, utilizando un embudo. En el elemento filtrante retiene las partículas sólidas.

El filtrado pasa por el caudalímetro se evacúa a la salida. El elemento filtrante contiene un medio poroso en su parte inferior. En el caso de la filtración de torta, el medio filtrante sirve de base para la formación de la torta filtrante. En la filtración clarificadora, el medio filtrante sustenta el lecho (capa de medio filtrante; grava). Dos tubos manométricos miden la pérdida de presión producida.

Se recomienda la balanza analítica CE 116.01 para medir la cantidad de filtrado.

Contenido didáctico/ensayos

- fundamentos de la filtración: ecuación de Darcy
- filtración de lecho profundo con diferentes lechos y suspensiones
- filtración de torta con diferentes suspensiones
- determinación de los parámetros característicos de la filtración

Especificación

- [1] fundamentos de la filtración de torta y de la filtración de lecho Profundo
- [2] elemento filtrante con fondo sinterizado, para la retención de las partículas
- [3] medición de la pérdida de presión con dos tubos manométricos
- [4] embudo, de vidrio DURAN y de altura variable, para el llenado
- [5] caudalímetro con válvula de aguja para ajustar el caudal

Datos técnicos

- Elemento filtrante
- altura del espacio de filtración: 85mm
 - Ø interior: aprox. 37mm
 - sección: aprox. 11 cm²
 - material del tubo: vidrio DURAN
- Medio filtrante, filtro sinterizado SIKA 100
- diámetro de poro: 100µm
 - espesor: 2mm
 - material: metal sinterizado

Rangos de medición

- caudal: 40...360mL/min
- presión: 2x 0...500mmCA
- temperatura: -10...100°C
- jarra graduada
 - ▶ 1x 1000mL, graduación: 10mL
 - ▶ 1x 100mL, graduación: 2mL

LxAnxAI: 450x410x1040mm
Peso: aprox. 13kg

Necesario para el funcionamiento

desagüe

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 2 jarras graduadas
- 1 cronómetro
- 1 termómetro
- 1 arena (1kg; 1...2mm)
- 1 envase con tierra de diatomeas (2kg)
- 1 material didáctico

CE 117

Flujo a través de estratos de partículas



Contenido didáctico/ensayos

- conocer los fundamentos del flujo de una corriente fluida a través de lechos fijos y fluidizados (Darcy)
- determinación del coeficiente de permeabilidad
- observación del proceso de fluidización
- pérdidas de presión en función del caudal, tipo de lecho, tamaño de las partículas y la altura del lecho fijo
- determinación de la velocidad de desagregación y comparación con los valores teóricos calculados
- comprobación de la ecuación de Carman-Kozeny

Descripción

- ensayos fundamentales reotécnicos con lechos de partículas
- flujo a través de lechos fijos
- flujo a través de lechos fluidizados
- pérdidas de presión en lechos fijos y fluidizados

El flujo a través de lechos o estratos de partículas está muy difundido en la ingeniería de procesos químicos. En los reactores se hace pasar líquidos y gases a través de lechos porosos, fijos y fluidizados. Otro campo de aplicación es la separación de sólidos contenidos en suspensiones por filtración de torta o filtración clarificadora.

Con CE 117 se puede estudiar los fundamentos de la mecánica de las corrientes fluidas al pasar a través de lechos porosos, fijos o fluidizados.

Para ello, se dispone de un depósito de vidrio para ensayo que puede ser alimentado por agua en sentido ascendente o descendente. Una placa de material sinterizado sirve de soporte para soportar el lecho.

El agua fluye desde la toma de agua del laboratorio al depósito de ensayo. Para estudiar el paso a través del lecho, el agua entra en el depósito de ensayo por la parte superior, posteriormente atraviesa el lecho y la placa de material sinterizado y descarga través de un colector.

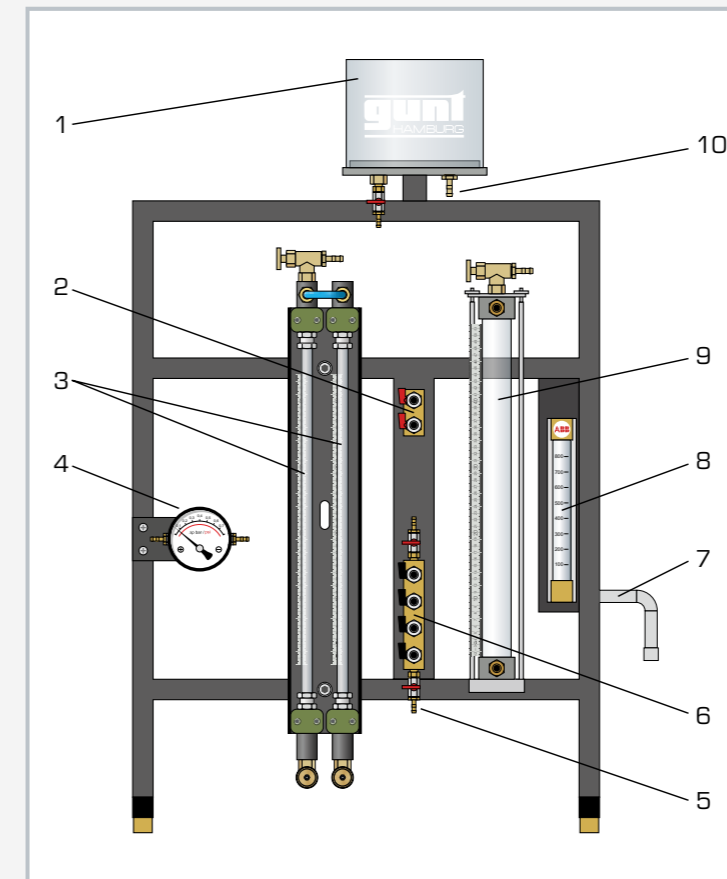
Esta configuración de ensayo se puede modificar con ayuda de acoplamientos rápidos fáciles de montar. Esto permite, también, hacer pasar la corriente fluida en el sentido opuesto por el depósito de ensayo y, además, estudiar el comportamiento de los lechos fluidizados.

El agua pasa a través de la placa porosa de material sinterizado y del lecho en sentido ascendente. Si la velocidad del agua es menor que la denominada velocidad de desagregación, la corriente pasa simplemente a través del lecho. A velocidades más altas se forma un lecho fluidizado. El agua fluye desde la parte superior del depósito de ensayo a un depósito de compensación, y se evacúa por la salida.

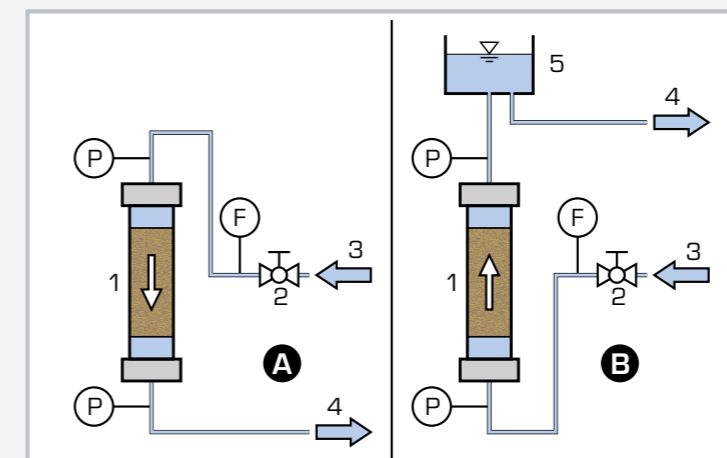
Con independencia de la configuración utilizada, el caudal se establece con una válvula de aguja y se mide con un caudalímetro. Para determinar la pérdida de presión "aguas arriba" y "aguas abajo" del lecho poroso, fijo o fluidizado, se dispone de dos manómetros diferenciales con intervalos de medición distintos. La selección del manómetro deseado tiene lugar por medio de válvulas.

CE 117

Flujo a través de estratos de partículas



1 depósito de compensación, 2 distribuidor de alimentación, 3 manómetro de tubos, 4 manómetro, 5 salida, 6 distribuidor para medición de presión, 7 entrada, 8 caudalímetro, 9 depósito de ensayo, 10 salida



Esquema del proceso para el estudio de lechos fijos (A) o lechos fijos fluidizados (B): 1 depósito de ensayo (estrato de partícula), 2 válvula de caudal, 3 entrada, 4 salida, 5 depósito de compensación; P presión, F caudal

Especificación

- [1] estudio de las propiedades de lechos fijos y fluidizados atravesados por líquidos
- [2] depósito de ensayo de vidrio con medio filtrante de fondo sinterizado
- [3] depósito extraíble de ensayo para llenado
- [4] flujo en dirección descendente para estudiar lechos fijos
- [5] paso a través en dirección ascendente para estudiar lechos fluidizados
- [6] caudalímetro con válvula de ajuste
- [7] 2 manómetros con diferentes rangos de medición para determinar las pérdidas de presión
- [8] escala de acero graduada para medir la altura del lecho fijo o fluidizado

Datos técnicos

Depósito de ensayo

- longitud: 510mm
- diámetro interior: aprox. 37mm
- material: vidrio DURAN

Medio filtrante

- espesor: 2mm
- material: metal sinterizado

Depósito de compensación

- capacidad: aprox. 4500mL
- material: PVC

Rangos de medición

- caudal: 82...820mL/min
- presión diferencial:
 - ▶ 2x 0...500mmCA
 - ▶ 1x 0...250mbar
- altura: 10...500mm

LxAnxAI: 690x410x1150mm
Peso: aprox. 26kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua: aprox. 1L/min
desagüe

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 1 envase con perlas de vidrio (420...590µm; 1kg)
- 1 envase con arena (1...2mm; 0,5kg)
- 1 envase con perlas de vidrio (180...300µm; 0,5kg)
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 287

Filtro-prensa de placas y marcos



Descripción

- separación de sólidos de suspensiones por medio de un filtro-prensa de placas y marcos
- filtración discontinua de torta
- ensayos prácticos a escala de laboratorio

Los filtros-prensa de placas y marcos utilizan, por ejemplo, en la industria de fabricación de bebidas, para clarificar los productos intermedios.

Se prepara una suspensión de tierra de diatomeas en agua (se recomienda) en un depósito. Los sólidos se mantienen en suspensión con una bomba y para que no se sedimente. La bomba transporta la suspensión a las celdas de separación del filtro-prensa de placas y marcos. Una celda de separación está formada por un marco con filtro y dos placas. Las placas provistas de ranuras y están recubiertas con tela filtrante. El filtrado atraviesa la tela filtrante y fluye por las ranuras a un canal continuo de recogida y se recoge en el depósito de filtrado. Los sólidos son retenidos por la tela filtrante y forma una torta filtrante de espesor creciente. El aumento de espesor de la torta filtrante aumenta también su resistencia hidráulica.

Cuando se llenan las cámaras o se alcanza una presión diferencial máxima, termina la etapa útil de filtración. Las placas y los marcos del filtro-prensa de placas y marcos se desarman para extraer la torta filtrante. Para continuar el proceso de filtración, se tiene que armar el filtro de nuevo con las placas y los marcos apretándolos con un husillo. La fuerza ejercida por la prensa de husillo tiene que ser suficiente para que no haya fugas de suspensión a través de las caras de contacto de las placas y los marcos, obligándola a pasar a presión a través de la tela filtrante.

La velocidad de filtración a través del filtro-prensa de placas y marcos se fija con una válvula. La presión diferencial que se origina durante la filtración se mide con un manómetro. El depósito de filtrado tiene una escala graduada para determinar el caudal con la ayuda de un cronómetro. Se suministra un turbidímetro para determinar la concentración de sólidos del filtrado. Para realizar los análisis de los ensayos, se recomienda disponer de una estufa.

Contenido didáctico/ensayos

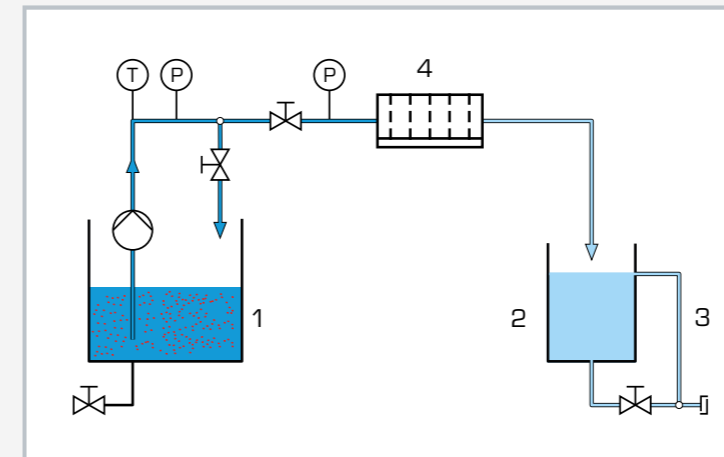
- conocer el principio básico y el funcionamiento de un filtro-prensa de placas y marcos
- preparación de una suspensión
- extracción de la torta filtrante
- montaje de la tela filtrante
- fundamentos de la filtración de torta
 - ▶ ecuación de Darcy
- evolución del volumen y la concentración sólidos en el filtrado
- masa de la torta filtrante en función del volumen de filtrado

CE 287

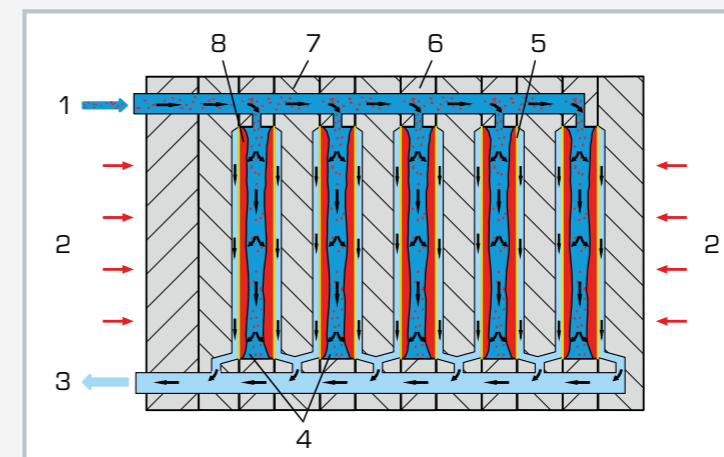
Filtro-prensa de placas y marcos



1 caja de distribución, 2 depósito de la suspensión, 3 salida y rebosadero del depósito de filtrado, 4 depósito de filtrado, 5 prensa de husillo, 6 filtro-prensa de placas y marcos



1 depósito con bomba de trasiego, 2 depósito de filtrado, 3 rebosadero, 4 filtro-prensa de placas y marcos; T temperatura, P presión



Principio básico de un filtro-prensa de placas y marcos: 1 entrada de la suspensión, 2 fuerza aplicada por la prensa, 3 salida de filtrado, 4 cámaras de filtración, 5 tela filtrante, 6 marco, 7 placa, 8 torta filtrante

Especificación

- [1] filtro-prensa de placas y marcos para filtración discontinua de torta
- [2] depósito de HDPE para producir una suspensión
- [3] bomba centrífuga para transportar la suspensión al filtro-prensa
- [4] filtro-prensa placas y marcos con 10 cámaras desarmables para la extracción de la torta filtrante
- [5] depósito con escala graduada del nivel de PMMA, para el filtrado
- [6] ajuste del caudal de la suspensión transportada con una válvula
- [7] termómetro y manómetro de la entrada
- [8] turbidímetro alimentado por batería para determinar la concentración de sólidos en el filtrado

Datos técnicos

Filtro-prensa de placas y marcos

- superficie de filtración: aprox. 0,72m²
- presión de trabajo: aprox. 0,4...2,5bar

Bomba centrífuga (bomba buzo)

- caudal máx.: 4,5m³/h
- altura de elevación máx.: 45m

Depósitos

- depósito de la suspensión: 200L
- de filtrado: 20L

Rangos de medición

- presión: 0...4bar
- temperatura: 0...60°C
- grado de opacidad: 0...50,ONTU

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1900x800x1900mm
Peso: aprox. 208kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 turbidímetro
- 1 envase con tierra de diatomeas (20kg)
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 283
Filtro de tambor**Contenido didáctico/ensayos**

- conocer el principio básico y el funcionamiento de un filtro de tambor
- fundamentos de la filtración con torta
- evolución del volumen de filtrado, de la masa y del espesor de la torta filtrante
- masa y espesor de la torta filtrante en función del volumen de filtrado, de la depresión y del número de revoluciones del tambor

Descripción

- **separación de sólidos de suspensiones**
- **retirada continua de la torta filtrante**
- **ensayos prácticos a escala de laboratorio**

Con los filtros rotativos continuos de tambor se pueden separar sólidos de suspensiones líquidas de forma continua.

Con el generador de suspensiones se prepara una suspensión de tierra de diatomeas y agua. Una bomba transporta la suspensión desde el generador hasta el depósito de alimentación del filtro de tambor. Un agitador mantiene en suspensión las partículas sólidas. Una parte del tambor rotativo queda sumergida en la suspensión. La carcasa perforada del tambor está recubierta con una tela filtrante.

El tambor está dividido en zonas. Cada zona se comunica con una tubería de vacío a través de un distribuidor de vacío.

El vacío succiona el filtrado al interior del tambor a través de la tela filtrante. Desde allí pasa a un depósito colector a vacío. El sólido es retenido por la tela filtrante. En la parte sumergida del tambor se forma una torta filtrante cuyo espesor va aumentando conforme gira.

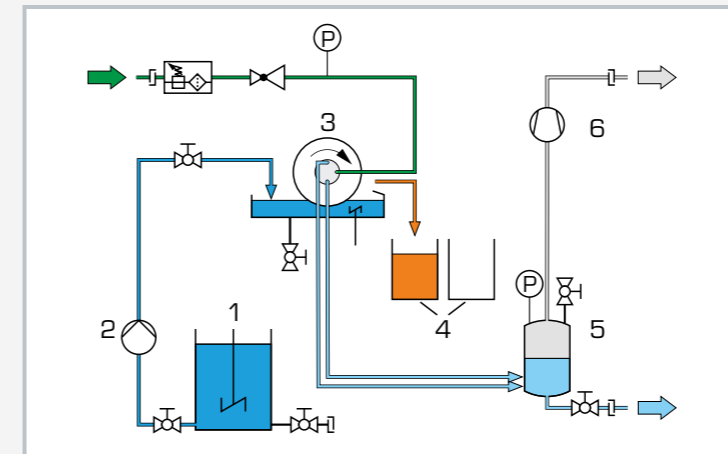
Una vez que la torta filtrante abandona la suspensión debido al movimiento giratorio, se seca por efecto del vacío aplicado. Una cuchilla separa la torta filtrante del tambor antes de que se vuelva a sumergir en la suspensión. También se puede utilizar aire comprimido para despegar la torta filtrante. La torta filtrante se recoge en un depósito colector.

El caudal de alimentación de la suspensión se regula en el generador de suspensiones. El nivel del depósito de alimentación de suspensiones del filtro de tambor se puede fijar con un rebosadero de altura variable. El vacío aplicado se mide con un manómetro situado en el tanque de vacío. Se puede hacer un ajuste fino del número de revoluciones del tambor.

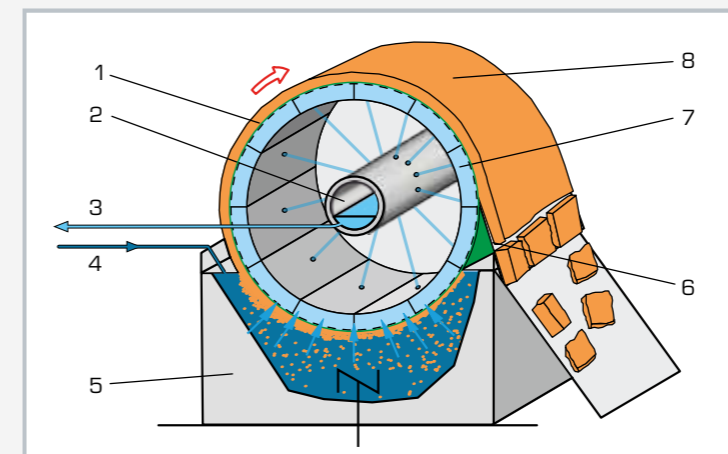
Para el funcionamiento del banco de ensayos se necesita una toma de aire comprimido y otra de vacío.

CE 283
Filtro de tambor

1 depósito colector de la torta filtrante, 2 balanza, 3 depósito de reserva de suspensión, 4 depósito a vacío para filtrado, 5 rebosadero/salida, 6 filtro de tambor, 7 conexión de vacío, 8 agitador



1 depósito de reserva de suspensión, 2 bomba de suspensión, 3 filtro de tambor, 4 depósito colector de la torta filtrante, 5 depósito a vacío para filtrado, 6 ventilador de aspiración; P presión; azul claro: filtrado, azul marino: suspensión, naranja: torta filtrante, gris: vacío, verde: aire comprimido



Esquema básico de un filtro de tambor: 1 tambor perforado con tela filtrante, 2 distribuidor de vacío, 3 vacío (para filtrado), 4 entrada de suspensión, 5 depósito de suspensión, 6 retirada de torta filtrante, 7 compartimento, 8 torta filtrante

Especificación

- [1] filtración continua de suspensiones, con formación de torta, con un filtro de tambor
- [2] tambor perforado rotatorio, recubierto con una tela filtrante, que se sumerge parcialmente en la suspensión
- [3] vacío aplicado en el interior del tambor para succionar el filtrado y para secar la torta filtrante
- [4] retirada continua de la torta filtrante con una cuchilla regulable o con aire comprimido
- [5] ajuste fino del número de revoluciones del tambor
- [6] depósito a vacío de plástico para recoger el filtrado
- [7] depósito de suspensión con agitador giratorio y rebosadero
- [8] depósito colector de plástico para la torta filtrante
- [9] preparación y transporte de la suspensión con el generador de suspensiones integrado
- [10] bomba peristáltica como bomba de suspensión

Datos técnicos**Filtro de tambor**

- superficie lateral: aprox. 0,1m²
- número de revoluciones: aprox. 0,1...2min⁻¹
- potencia consumida por el motor: aprox. 200W

Agitador giratorio

- número de revoluciones: aprox. 15min⁻¹
- potencia consumida del motor: aprox. 200W

Bomba de suspensión

- caudal máx.: 160L/h
- máx. presión: 6bar

Depósitos

- depósito a vacío para filtrado: aprox. 30L
- 2 depósitos colector para torta filtrante: aprox. 30L
- depósito de suspensión: aprox. 5,5L, máx. 10bar
- depósito de reserva de suspensión: aprox. 200L

Agitador en depósito de reserva de suspensión

- número de revoluciones: aprox. 600min⁻¹
- potencia consumida: 40W

Rangos de medición

- presión: 0...1bar [aire comprimido]
- vacío: -1...0bar

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 2180x790x1900mm
Peso: aprox. 285g

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe
aire comprimido: 3000L/h, min. 0,3bar

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 284

Filtro a vacío tipo nutcha



Descripción

■ filtración de torta con un filtro a vacío tipo nutcha

Los filtros tipo nutcha se usan para la filtración discontinua de torta de suspensiones concentradas de sólidos. Con el generador de suspensiones, CE 285, se prepara una suspensión de tierra de diatomeas y agua y se alimenta por la parte superior del filtro tipo nutcha, en donde se encuentra una bolsa filtrante. En la bolsa filtrante se forma, con la sustancia sólida separada, una torta filtrante de espesor creciente. El vacío aplicado a la parte inferior del filtro tipo nutcha succiona el filtrado a través de la bolsa y la torta filtrante, acumulándolo en su interior.

Después de la filtración, la torta filtrante obtenida se lava con un líquido (agua) y se escurre a vacío, antes de su extracción.

Contenido didáctico/ensayos

- principio básico y funcionamiento de un filtro a vacío tipo nutcha
- fundamentos de filtración de tortas: ecuación de Darcy
- masa y espesor de la torta filtrante en función del volumen de filtrado

Especificación

- [1] filtro a vacío tipo nutcha para filtración discontinua de torta
- [2] depósito de nutcha abierto, de dos piezas, con brida y fondo poroso
- [3] parte inferior para succionar y recoger el filtrado
- [4] parte superior con bolsa filtrante, para la formación de la torta filtrante
- [5] bolsa filtrante de poliéster
- [6] manómetro para indicar la depresión existente en la parte inferior de la cámara
- [7] 2 mirillas para observar el nivel de la parte inferior de la cámara
- [8] preparación y transporte de la suspensión con el generador de suspensiones CE 285

Datos técnicos

- Depósito del filtro tipo nutcha
- diámetro interior: aprox. 300mm
 - capacidad: aprox. 55L
 - presión admisible: -1 bar
 - material: acero inoxidable

- Manómetro
- Ø 160mm

- Rangos de medición
- presión: -1...0bar

- LxAnxAI: 600x900x1900mm
Peso: aprox. 100kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe ; toma de vacío (200L/min, 200mbar abs.)

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 286

Filtro a presión tipo nutcha



Descripción

■ filtración de torta con un filtro a presión tipo nutcha

Los filtros tipo nutcha se utilizan para la filtración discontinua de suspensiones, con una gran concentración de sólidos, con formación de torta filtrante. Con el generador de suspensiones, CE 285, se prepara una suspensión de tierra de diatomeas y agua, y se alimenta al filtro tipo nutcha por su parte superior. En la brida inferior del filtro tipo nutcha está instalado un fondo poroso con tela filtrante. En la tela filtrante se forma, con la sustancia sólida retenida, una torta filtrante de espesor creciente. La sobrepresión aplicada por encima del filtro tipo nutcha obliga al filtrado a pasar a través de la tela y de la torta filtrante.

El filtrado se acumula en el fondo del depósito. Después de la filtración, la torta filtrante obtenida se lava con un líquido (agua) y se seca a continuación con un flujo de aire.

Contenido didáctico/ensayos

- principio básico y funcionamiento de un filtro a presión tipo nutcha
- fundamentos de la filtración de torta: ecuación de Darcy
- masa y espesor de la torta filtrante en función del volumen de filtrado

Especificación

- [1] filtro a presión tipo nutcha para filtración discontinua de torta
- [2] depósito de nutcha abierto, de 3 piezas, con 2 bridas y 2 fondos tipo bone-te
- [3] brida inferior con fondo poroso incorporado y tela filtrante de polipropileno
- [4] parte inferior del depósito para recoger el filtrado
- [5] parte central del depósito para la formación de la torta filtrante
- [6] parte superior del depósito desmontable para la retirada de la torta filtrante
- [7] regulador de presión para ajustar la sobrepresión en las partes central y superior
- [8] 2 manómetros para indicar la presión aguas arriba y abajo del filtro
- [9] 2 mirillas para observar el nivel del fondo
- [10] preparación y transporte de la suspensión con el generador de suspensiones CE 285

Datos técnicos

- Depósito del filtro tipo nutcha
- diámetro interior: aprox. 300mm
 - capacidad: aprox. 75L
 - presión admisible: 0,6bar
 - material: acero inoxidable

- Rangos de medición
- manómetro:
 - ▶ 2x 0...1bar (Ø 160mm)
 - ▶ 1x 0,2...3bar

- LxAnxAI: 600x900x1900mm
Peso: aprox. 120kg

Necesario para el funcionamiento

conexión de aire comprimido: 3bar, toma de agua, desagüe

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 285

Generador de suspensiones



Descripción

■ unidad auxiliar para los bancos de ensayos de filtración CE 284, CE 286

El generador de suspensiones CE 285 suministra a los bancos de ensayos de filtración una suspensión a base de tierra de diatomeas y agua (se recomienda). Esta suspensión se prepara en el depósito de agitación. La agitación mantiene la materia sólida en suspensión y evita que sedimente. Una bomba helicoidal de excéntrica transporta la suspensión al banco de ensayos conectado en serie.

El rotor de la bomba es de acero inoxidable. Se mueve dentro de una carcasa de elastómero. Un manómetro indica la presión. Un limitador de sobrepresión se encarga de desconectar la bomba, si la presión es excesiva.

Se dispone de un transductor térmico como protección contra el funcionamiento en vacío de la bomba. El número de revoluciones de la bomba se puede fijar con un potenciómetro. El depósito de agitación está equipado con un indicador de nivel y tres placas deflectoras. Se suministran todos los elementos de unión necesarios para la conexión de esta unidad auxiliar con el banco de ensayos de filtración.

Especificación

- [1] equipo suministrado para preparar y transportar suspensiones para bancos de ensayos de filtración
- [2] depósito de agitación con tapa y mecanismo de agitación para preparar una suspensión
- [3] bomba helicoidal de excéntrica (de gusano) con interruptor de sobrepresión, protección contra funcionamiento en vacío y número de revoluciones regulable para el transporte de la suspensión

Datos técnicos

Depósito: 200L, acero inoxidable
Mecanismo de agitación
■ potencia: 180W
■ número de revoluciones: 1000min⁻¹ (constante)

Bomba
■ presión máx.: aprox. 5bar
■ caudal máx.: aprox. 300L/h

Rangos de medición
■ manómetro: 0...10bar

400V, 50Hz, 3 fases
400V, 60Hz, 3 fases
230V, 60Hz, 3 fases
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1850x850x1450mm
Peso: aprox. 250kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe

Volumen de suministro

- 1 generador de suspensiones
- 1 envase con tierra de diatomeas
- 1 juego de mangueras
- 1 material didáctico

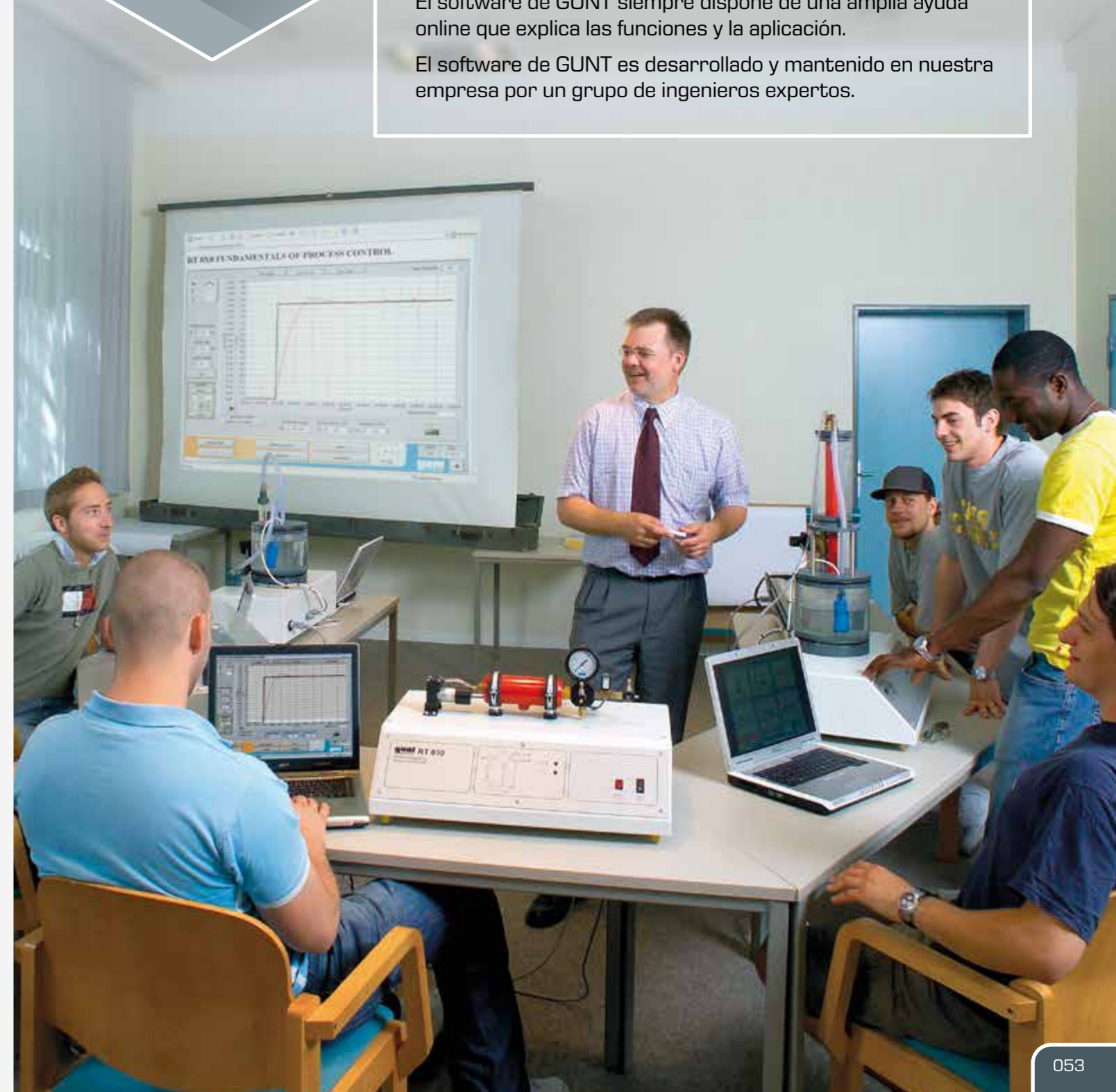
Adquisición de datos y visualización



Evaluación y análisis óptimos de los ensayos realizados

El software de GUNT siempre dispone de una amplia ayuda online que explica las funciones y la aplicación.

El software de GUNT es desarrollado y mantenido en nuestra empresa por un grupo de ingenieros expertos.



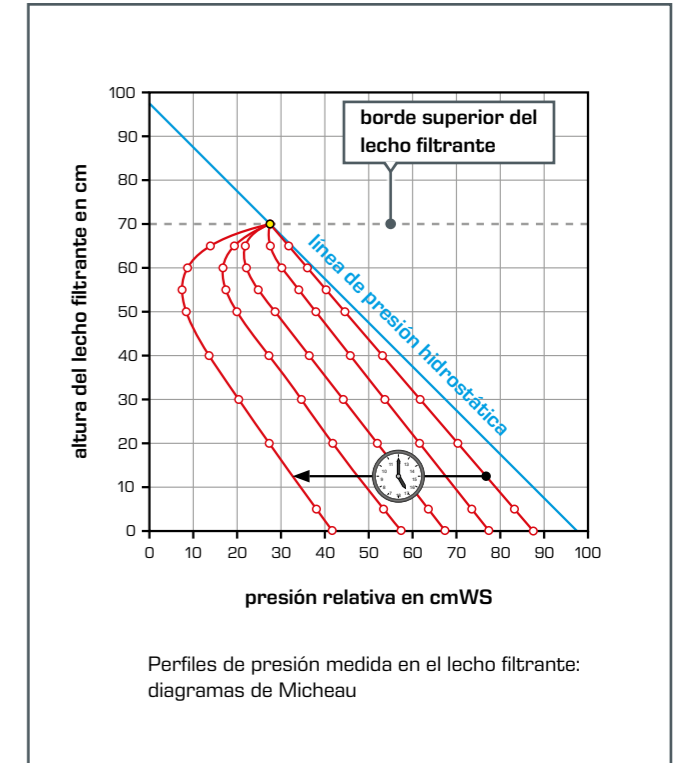
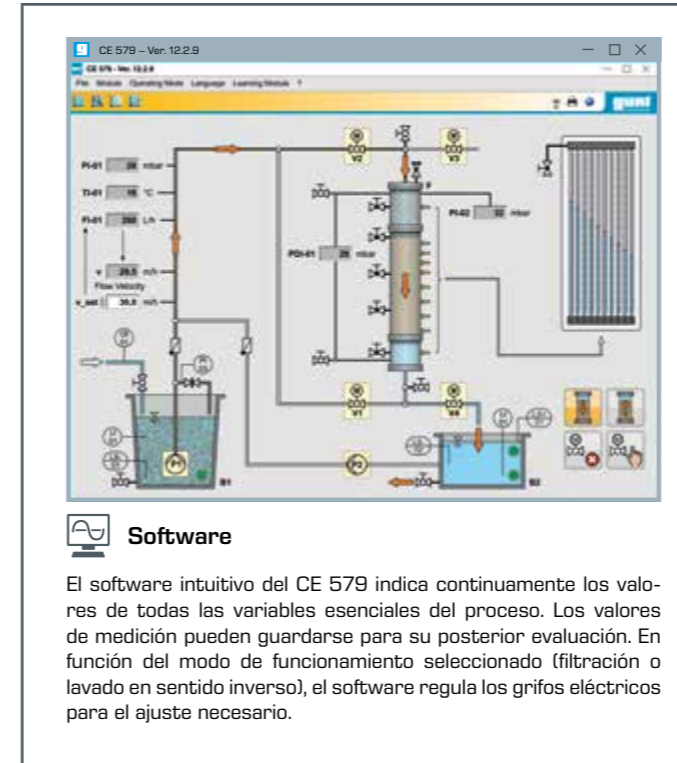
Vista previa CE 579 Filtración profunda

Filtración de lecho profundo: imprescindible en el tratamiento de aguas

La filtración de lecho profundo es una etapa importante y frecuente de la depuración de aguas. Poseer un buen conocimiento sobre el principio de funcionamiento y las características especiales de este proceso es imprescindible para la formación de futuros ingenieros y personal cualificado.

El aspecto didáctico principal es el estudio de las tasas de presión. Para medir las presiones, el filtro está equipado con una medición de la presión diferencial y varios puntos de medición individuales a lo largo del lecho filtrante.

Estos puntos de medición pueden conectarse con un panel de manómetros, a través de los cuales puede visualizar las tasas de presión en el lecho filtrante y medirlas con gran precisión. Puede visualizar también el aumento de la carga del lecho filtrante a través de un tubo de filtro transparente. El filtro puede lavarse en sentido inverso en caso necesario.



Grifo de bola de accionamiento eléctrico



Convertidores de frecuencia para controlar las bombas



Conexiones en el panel de manómetros para medir la presión en el lecho filtrante

Contenidos didácticos

- condiciones de presión en un filtro
- factores que influyen en la pérdida de presión (ley de Darcy)
 - ▶ caudal
 - ▶ altura del lecho filtrante
 - ▶ permeabilidad del lecho filtrante
- determinar la presión en el lecho filtrante (diagrama de Micheau)
- lavado en sentido inverso del filtros
 - ▶ observar el proceso de fluidización
 - ▶ determinar la expansión del lecho filtrante
 - ▶ determinar la velocidad de flujo necesaria (velocidad de desagregación)

Al producto:



CE 579

Filtración profunda



La ilustración muestra: banco de ensayos (izquierda) y unidad de alimentación (derecha).

Descripción

- filtración y lavado en sentido inverso
- condiciones de presión en un filtro
- software para control y adquisición de datos

La filtración profunda es una operación básica importante para el tratamiento de aguas. Con CE 579 se puede estudiar esta operación de forma ilustrativa.

El agua bruta, contaminada con sólidos, se hace entrar por arriba en un filtro por medio de una bomba. Al atravesar el lecho filtrante, se retienen los sólidos del agua bruta. Por el contrario, el agua pasa a través del lecho filtrante y sale por la parte inferior del filtro. El agua depurada (filtrado) fluye seguidamente a un depósito. Con el paso del tiempo se van acumulando cada vez más sólidos en el lecho filtrante. Con esto aumenta la resistencia que el lecho filtrante opone al flujo. Este fenómeno se pone de manifiesto en una pérdida de presión creciente entre la entrada y la salida del filtro. El caudal que atraviesa el filtro disminuye. Un lavado en sentido inverso con agua depurada limpia el lecho filtrante y reduce de nuevo la pérdida de presión.

El filtro está provisto de un dispositivo para medir la presión diferencial. Además se han dispuesto varios puntos de medición de presión a lo largo del lecho filtrante. Las presiones se transmiten por mangueras a los tubos manométricos, donde se miden como columna de agua. Esto permite elaborar diagramas de Micheau. Se registran el caudal, la temperatura, la presión diferencial y la presión en el sistema. La velocidad de flujo en el lecho filtrante se puede ajustar. Se pueden tomar muestras en todos los puntos relevantes. La altura del lecho filtrante se puede leer en una escala.

Se dispone de un software para el control de distintas condiciones de operación y para la adquisición de datos. Un esquema de proceso muestra el estado operativo actual de los distintos componentes y los datos registrados. Para la producción del agua bruta se pueden utilizar p. ej. tierra de diatomeas.

Contenido didáctico/ensayos

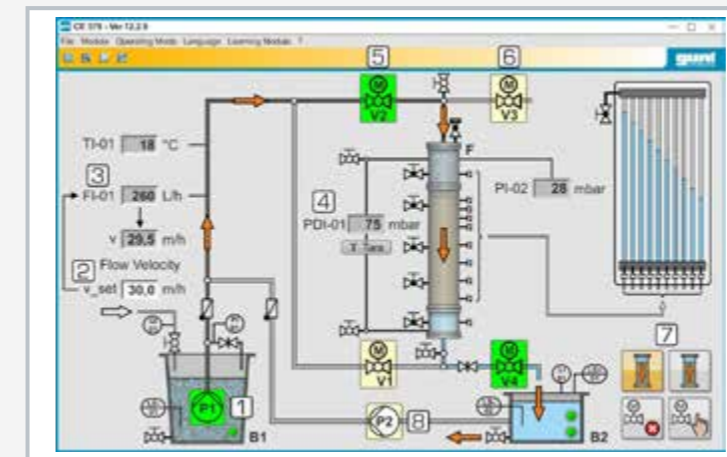
- condiciones de presión en un filtro
- factores que influyen en la pérdida de presión (ley de Darcy)
 - ▶ caudal
 - ▶ altura del lecho filtrante
 - ▶ permeabilidad del lecho filtrante
- determinar la presión en el lecho filtrante (diagrama de Micheau)
- lavado en sentido inverso del filtro
 - ▶ observar el proceso de fluidización
 - ▶ determinar la expansión del lecho filtrante
 - ▶ determinar la velocidad de flujo necesaria (velocidad de desagregación)

CE 579

Filtración profunda



1 depósito de agua depurada, 2 bomba para lavado en sentido inverso, 3 panel de manómetros, 4 sensor de presión diferencial, 5 filtro, 6 sensor de presión en el sistema, 7 grifos de bola con motor, 8 sensor de caudal, 9 armario de distribución



Software del CE 579 (estado operativo: filtración)

1 bomba para agua bruta [en funcionamiento], 2 ajuste de la velocidad de flujo, 3 caudal, 4 presión diferencial, 5 grifo de bola con motor [abierto], 6 grifo de bola con motor [cerrado], 7 ajuste de las grifos de bola con motor, 8 bomba para lavado en sentido inverso [no en funcionamiento]

Especificación

- [1] filtración profunda y lavado en sentido inverso
- [2] unidad de alimentación separada con depósito y bomba para agua bruta
- [3] bomba para el lavado en sentido inverso del filtro
- [4] 10 tubos manométricos para medir las presiones
- [5] elaboración de diagramas de Micheau
- [6] sensor de caudal electromagnético
- [7] 4 grifos de bola con motor
- [8] registro de caudal, presión diferencial, presión en el sistema y temperatura
- [9] regulación de la velocidad de flujo
- [10] software GUNT con funciones de control y adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

Filtro

- diámetro interior: 106mm
- altura total: 1125mm
- altura del lecho filtrante máx.: aprox. 700mm

Bomba para agua bruta

- caudal máx.: 150L/min
- altura de elevación máx.: 9m

Bomba para lavado en sentido inverso

- caudal de transporte máx.: 40L/min
- altura de elevación máx.: 10m

Depósitos para agua bruta y agua depurada

- capacidad: 180L cada uno

Rangos de medición

- caudal: 0...1300L/h
- presión: 1x 0...0,6bar, 10x 0...1260mmCA
- presión diferencial: -1...1bar
- temperatura: 0...100°C
- altura del lecho filtrante: 0...720mm

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase, 230V, 60Hz, 3 fases

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1900x790x1900mm banco de ensayos

LxAnxAI: 1200x790x1200mm unidad de alimentación

Peso total: aprox. 370kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe, PC con Windows

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 unidad de alimentación, 1 juego de mangueras
- 1 envase con grava
- 1 envase con tierra de diatomeas
- 1 tamiz con bandeja colector, 5 jarras graduadas
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos Reducción de tamaños

La reducción de tamaños altera el tamaño y la forma de las partículas, así como la superficie de los sólidos. En casi todos los procesos de extracción o elaboración es necesario reducir el tamaño de los sólidos.

■ Obtención de productos intermedios o terminados con tamaños de partículas definidos

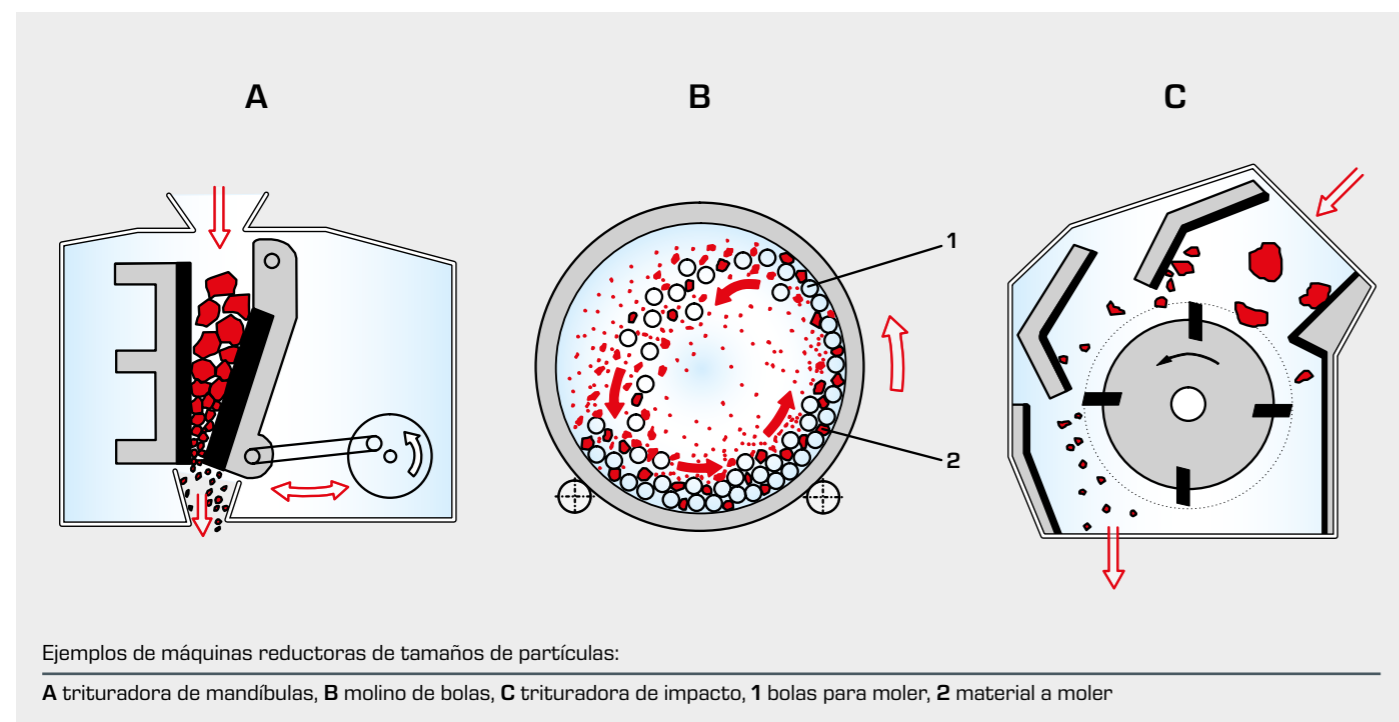
En muchos procesos de elaboración que manejan materiales sólidos se requieren tamaños de partículas definidos para obtener el producto deseado. Por ejemplo, los termoplásticos tienen que suministrarse en forma de granulado de un determinado tamaño de partícula, como producto de partida. Así, se pueden fundir y conformar de forma óptima.

■ Aumento de la superficie

Las reacciones químicas se desarrollan tanto más rápidamente cuanto mayor es la superficie de las sustancias que reaccionan entre sí. Por ejemplo, el polvo de carbón finamente molido se inflama de forma explosiva, mientras que los trozos grandes de carbón se queman más lentamente. Las sales se disuelven también con mayor rapidez en líquidos cuanto menor es el tamaño de las partículas.

■ Obtención de materiales de interés por disgregación de mezclas de sólidos

Los residuos y las materias primas minerales y vegetales constan de diferentes componentes. Para recuperar los componentes de interés contenidos en el material ha de reducirse su tamaño de partícula. Con frecuencia, el proceso de reducción de tamaños va seguido de un proceso de clasificación en el que se separa el material de interés. Un ejemplo importante es la obtención de menas de hierro a partir de rocas.



El resultado de un proceso de reducción de tamaños depende principalmente del tipo de esfuerzo aplicado. En la mayoría de las máquinas trituradoras, el esfuerzo se produce entre dos superficies de cuerpos sólidos o por impacto:

■ Esfuerzo entre superficies de cuerpos sólidos

Las partículas se encuentran entre dos superficies con un movimiento relativo entre sí. Este movimiento somete las partículas a esfuerzos de presión, cizalla, percusión o corte. Esta forma de esfuerzo se da, por ejemplo, en el caso de las trituradoras de mandíbulas y en los molinos de rodillos o bolas.

■ Esfuerzo de impacto

Las partículas chocan a alta velocidad contra una pared fija, o bien una herramienta se desplaza contra una partícula que se mueve libremente. La reducción de tamaños puede tener lugar también por choque entre dos partículas. Máquinas típicas de reducción de tamaños, en las que las partículas se someten a un esfuerzo de impacto, son la trituradora de impacto y la trituradora de martillos.

CE 245 Molino de bolas



Contenido didáctico/ensayos

- movimientos de cascada y de catarata, velocidad de rotación crítica
- potencia consumida teórica y real
- grado de trituración de partícula en función de la duración de la molienda, número de revoluciones, el diámetro de las bolas, número de bolas en el tambor y del material a moler

Especificación

- [1] trituración de sólidos con un molino de bolas
- [2] 2 tambores con estructura de acero y de bases transparentes, 1 tambor de acero con barras de elevación
- [3] 1 rodillo motor de velocidad regulable, 1 rodillo loco
- [4] separación entre los ejes de los rodillos variable para el alojamiento de diferentes tambores
- [5] medición de la potencia consumida
- [6] duración de la molienda ajustable a través de un timer

Datos técnicos

2 tambores con bases de vidrio borosilicato

- Ø 100mm/185mm
- capacidad: aprox. 1,15L/7,5L

1 tambor con barras de elevación

- Ø 185mm
- capacidad: aprox. 7,5L

Rodillo motor, rodillo loco

- Ø aprox. 50mm

1 juego de bolas para moler

- Ø 5/10/15mm

Rangos de medición

- consumo de potencia: 0...200W
- número de revoluciones: 0...370min⁻¹

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 600x520x460mm
Peso: aprox. 76kg

Volumen de suministro

- 1 molino de bolas
- 3 tambores de molienda
- 1 juego de bolas para moler
- 1 material didáctico

Descripción

- trituración con un molino de bolas
- observación del proceso de molienda

Entre los equipos de reducción de tamaños, se encuentran los molinos de bolas. Los tambores se pueden abrir por sus bases para cargarlos con el material a moler (recomendamos piedra caliza) y con las bolas trituradoras. Los tambores se alojan sobre un rodillo motor y otro loco siendo regulable la separación entre ejes. A una baja velocidad de rotación, la molienda tiene lugar al rodar las bolas sobre el material a moler (movimiento de cascada). A números de revoluciones más elevados, algunas bolas se elevan por la pared y caen sobre el material a moler (movimiento de catarata). Por encima de una velocidad de rotación crítica, actúan fuerzas centrífugas ineficaces, ya no producen trituración de las partículas. Estos movimientos se

pueden observar a través de las bases transparentes de los tambores.

Para poder comparar la potencia teórica requerida con la real consumida, se indica digitalmente el consumo de potencia del motor. Recomendamos utilizar una tamazadora analítica (CE 264) para evaluar el resultado de la trituración.

Conocimientos básicos Mezclado

Mezclar es lo contrario de separar. Las sustancias a mezclar pueden ser gaseosas, líquidas o sólidas. En el mezclado de sólidos se mezclan sustancias en polvo o en grano. El objetivo es producir una mezcla lo más homogénea posible. En la agitación, la fase continua es líquida. Se mezclan en un líquido otro líquido, un gas o un sólido. Aplicaciones importantes de la agitación:

■ Mezclado de líquidos solubles entre sí

El objetivo es eliminar diferencias de concentración y temperatura. Además se puede regular el proceso de reacción en la mezcla, ya que la velocidad de reacción depende de la calidad del mezclado de los reactivos.

■ Mezclado de líquidos no solubles entre sí (emulsión)

La fase líquida a dispersar se encuentra en forma de gotitas en la otra fase líquida. Tal es el caso de las cremas y lociones cosméticas.

■ Disolución de sustancias sólidas solubles en líquidos

El sólido se disuelve en el líquido, descomponiéndose en átomos, moléculas o iones. Tras la disolución, el sólido ya no se puede reconocer como tal. La agitación acelera el proceso de disolución.

■ Distribución de una sustancia sólida insoluble en un líquido (suspensión)

Las suspensiones tienden a separarse, lo que significa que las partículas sólidas se precipitarían con el tiempo. Sólo se obtienen suspensiones estables si el tamaño de las partículas es inferior a 1µm. Un ejemplo son los barnices, en los que las partículas de pigmento están suspendidas en resinas.

Ejemplo

En la fabricación de pastillas, una mala mezcla de los materiales de partida da lugar a diferentes contenidos de principio activo en los comprimidos.

■ Dispersión de gases en líquidos

Las burbujas de gas se distribuyen finamente en el líquido a través de una placa perforada u otras formas de inyección. Una aplicación es la sedimentación de óxidos de hierro por inyección de aire en el tratamiento de aguas residuales.

Dependiendo de la aplicación, se emplean agitadores de los más diversos tipos. Se pueden distinguir, a grandes rasgos, en función del campo de remolinos generado. Según esto, existen agitadores con agitación axial, radial o tangencial. Las placas deflectoras se utilizan para romper el vórtice generado y evitar que el contenido del recipiente gire a la vez que el agitador.

Conocimientos básicos Aglomeración

La aglomeración es la operación básica opuesta a la reducción de tamaños. Los términos aglomeración, granulación y peletización designan el proceso de aumento de tamaño de los granos de las sustancias sólidas. El material finamente dividido (polvo) se aglomera en conjuntos de partículas más grandes. Los conjuntos de partículas pueden recibir nombres tales como: copos, grumos, aglomerados, pelets, briquetas o pastillas. El motivo de aplicar un método de aglomeración puede ser la necesidad de mejorar el comportamiento del flujo o facilitar el mezclado, reducir la formación de polvo o ajustar directamente la forma, el tamaño, la porosidad, la robustez, etc.

A grandes rasgos, se pueden diferenciar los siguientes métodos de aglomeración:

■ Aglomeración por deposición

Las partículas individuales libres se reúnen formando conjuntos de mayor tamaño o bien se depositan sobre conjuntos de partículas ya existentes. Con frecuencia, se utiliza líquidos como agentes aglomerantes. La aglomeración por deposición puede tener lugar en lechos fluidizados. En la aglomeración por rodadura se forman conjuntos mayores de partículas, según el principio de la bola de nieve. La aplicación técnica tiene lugar con discos o tambores granuladores o mezcladoras.

■ Aglomeración por compresión

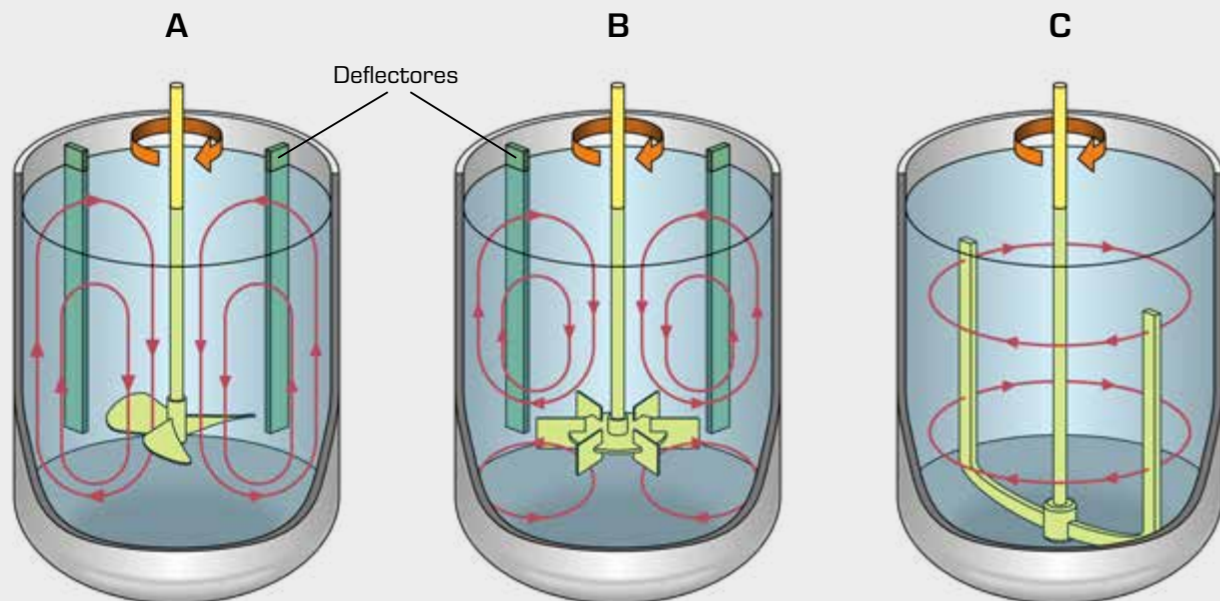
A partir de un material pulverulento se forma un aglomerado por efecto de fuerzas de presión externas. En la fabricación de pastillas, el polvo se compacta dentro de una matriz con un punzón. Otra aplicación es el prensado con cilindros, en donde se emplean dos rodillos lisos (resultando aglomerados irregulares) o rodillos con oquedades (resultando piezas conformadas, tales como briquetas).

■ Otros métodos: floculación para separar sustancias en suspensión de líquidos, la sinterización.

Dependiendo del método, actúan diversos mecanismos de aglomeración con diferentes fuerzas de adhesión (véase la ilustración). Básicamente se pueden distinguir, al respecto, mecanismos con y sin unión material. Los más estables son las uniones obtenidas por sinterización, pero éstas uniones se pueden formar también por otros procedimientos, si se utilizan aglomerantes que se endurezcan o cristalicen.

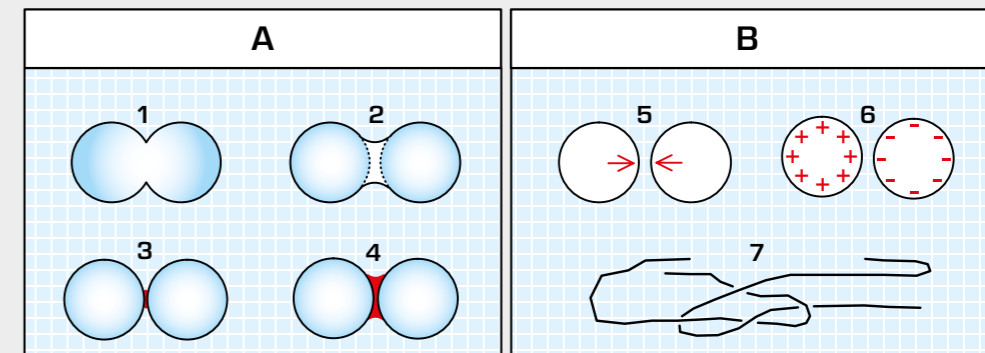
En la aglomeración por deposición desempeña un papel primordial la adhesión por unión líquida. Dependiendo de la relación líquido/sólido, de la naturaleza del líquido, así como de la forma y el tamaño de los poros, se forman capas de adsorción unidas firmemente a la superficie o bien se producen uniones líquidas con movimiento libre.

En el caso de existir fuerzas de van der Waals y fuerzas electrostáticas, no existe enlace material. Las fuerzas de van der Waals desempeñan un papel importante en la aglomeración por compresión. Las uniones mediante un entrelazado mecánico se presentan en los materiales fibrosos, tales como el papel y el fieltro.



Campos de velocidades típicos en depósitos de agitación:

A agitador de hélice (axial), B turbina Rushton (radial), C agitador de ancla (tangencial)



Mecanismos de uniones en los aglomerados:

A mecanismos de unión material, B mecanismos sin unión material

1 unión sólida por sinterización, 2 unión sólida con aglomerantes que endurecen o cristalizan, 3 unión líquida con capa de adsorción fija, 4 unión líquida con movimiento libre, 5 atracción por fuerzas de van der Waals, 6 atracción electrostática, 7 unión por entrelazado mecánico (o unión anudada)



CE 320
Agitación**Contenido didáctico/ensayos**

- campos de velocidades para diferentes tipos de agitadores
- consumo de potencia, tiempo y calidad de mezclado en función de
 - ▶ el tipo de agitador
 - ▶ el número de revoluciones
 - ▶ de las propiedades de los materiales empleados (densidad, viscosidad)
 - ▶ la influencia de las placas deflectoras
- observación de la flotación de los sólidos en suspensión, según el tipo de agitador y el número de revoluciones
- observación del tamaño de las gotas dispersas en las emulsiones, según el tipo de agitador y el número de revoluciones

Descripción

- **visualización de campos de velocidades al utilizar distintos agitadores**
- **mecanismo de agitación de alta potencia con regulación del número de revoluciones**
- **determinación del tiempo de mezcla de disoluciones**
- **mezclado de emulsiones y suspensiones**
- **potencia consumida durante la agitación**

En la agitación, la fase continua es líquida. Con este equipo, CE 320, se puede estudiar la preparación de disoluciones (sólidos disueltos en un líquido), emulsiones (mezcla de líquidos no solubles entre sí) y suspensiones (sólidos insolubles en un líquido).

El proceso de mezclado tiene lugar en un depósito resistente a los productos químicos y a las temperaturas elevadas. Con un vigoroso mecanismo de agitación se pueden preparar también mezclas de alta viscosidad elevada. El número de revoluciones y el par se pueden fijar de forma digital en el aparato, lo que permite determinar la potencia consumida.

Se dispone de un juego con doce agitadores distintos, fáciles de montar. Dispersando las bolas de plástico en fluido es posible observar los campos de velocidad característicos de cada uno de los tipos de agitadores.

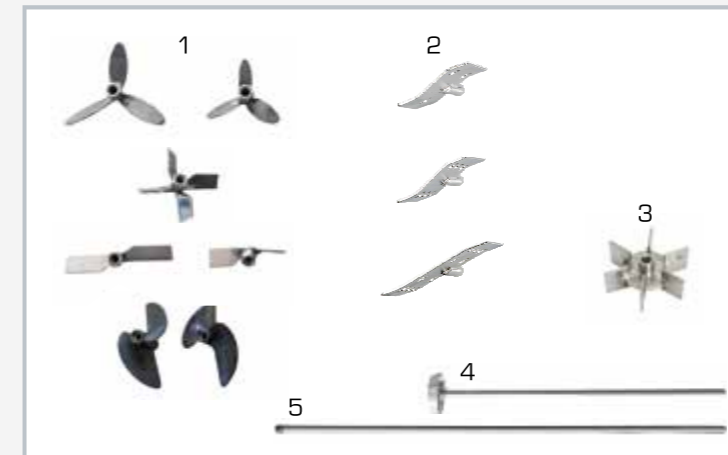
Se pueden montar placas deflectoras en el depósito, con el objeto de estudiar su influencia en el proceso de mezclado.

Para la determinación de la duración y la calidad del mezclado de disoluciones, se dispone de un conductímetro, que puede llevar incorporado una sonda de temperatura.

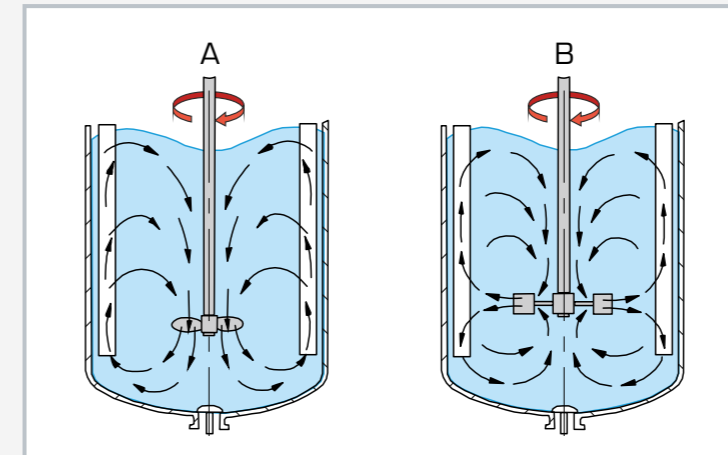
Un serpentín desmontable sirve para calentar la mezcla. Este puede funcionar con agua procedente de la red de suministro al laboratorio, bien como medio de calefacción o de refrigeración. El caudal de agua se puede fijar con una válvula de ajuste fino. De este modo, es posible estudiar la influencia de variaciones de temperatura sobre la agitación sobre, por ejemplo a causa de la dependencia de temperatura de la viscosidad del fluido.

CE 320
Agitación

1 mecanismo de agitación con indicación del número de revoluciones y del par, 2 agitador de turbina y eje roscado para elementos de agitación, 3 elementos de agitación, 4 medidor de conductividad, 5 salida, 6 placa deflectora, 7 serpentín, 8 válvula de cierre para el serpentín



1 agitadores de hélice, 2 agitadores de paletas, 3 turbina Rushton, 4 agitador de turbina, 5 eje roscado para elementos de agitación



Campos de velocidades en el depósito de agitación con agitación axial (A) y radial (B)

Especificación

- [1] estudio del proceso de mezclado por agitación
- [2] depósito de agitación transparente con cuatro placas deflectoras desmontables
- [3] agitador con número de revoluciones regulable con indicación digital del par
- [4] juego de 12 agitadores intercambiables, con agitación axial, radial, tangencial
- [5] serpentín desmontable para refrigeración o calefacción con suministro externo de agua
- [6] instrumento portátil para medir la conductividad y la temperatura

Datos técnicos**Depósito de agitación**

- capacidad nominal: aprox. 15L
- material: vidrio DURAN y PVDF (fondo)

Elementos de agitación

- 7 agitadores de hélice
 - ▶ 2x con 3 palas, Ø 70mm/100mm
 - ▶ 1x con 4 palas, Ø 70mm
 - ▶ 1x con 2 palas, Ø 76mm, izquierdo
 - ▶ 1x con 2 palas, Ø 76mm, derecho
 - ▶ 2x con 2 palas (inclinado), Ø 70mm/100mm
- 3 agitadores de paletas
 - ▶ 2x Ø 70mm con 3 / 6 orificios
 - ▶ 1x Ø 100mm con 10 orificios
- 1 agitador de turbina con eje: Ø 50mm
- 1 turbina Rushton
 - ▶ número de discos 6, Ø 70mm

Serpentín

- diámetro: aprox. 140mm
- material: acero inoxidable

Rangos de medición

- conductividad: 0...200mS/cm
- temperatura: -5...100°C
- número de revoluciones: 50...2000min⁻¹

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1070x790x1950mm
Peso: aprox. 83kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 12 elementos de agitación distintos
- 1 juego de accesorios
- 1 medidor de conductividad
- 1 envase con bolas de plástico
- 1 material didáctico

Vista previa

CE 322 Reología y calidad de mezcla
en un depósito de agitación

Los procesos de mezclado vienen determinados en gran medida por las propiedades de flujo de las sustancias implicadas. La descripción de las propiedades de flujo es el tema de la **reología**. Con este equipo se pueden determinar todas las magnitudes características para describir un proceso de agitación. Se trata, en particular, de las curvas de tiempo de mezcla y las curvas de potencia.

El componente principal del equipo es un mecanismo de agitación de alta calidad con un dispositivo integrado para medir el par. El proceso de agitación tiene lugar en un depósito circular de vidrio. De este modo, el proceso de agitación puede observarse de forma óptima. Cuando se utiliza una solución salina, el progreso del proceso de agitación puede registrarse de forma fiable midiendo la conductividad eléctrica. Una gran selección de diferentes tipos de agitadores permite realizar un gran número de variantes de ensayo. Se incluyen los siguientes tipos de agitadores:

- agitador con palas planas inclinadas
- agitador de hélice
- agitador de paletas planas
- agitador de turbina

El depósito de agitación puede equiparse con placas deflectoras, cuyo número y posición pueden variarse. La viscosidad del medio influye decisivamente en el proceso de agitación. Dado que la viscosidad depende de la temperatura, en el depósito de agitación se puede incorporar un cambiador de calor en forma de serpentín.

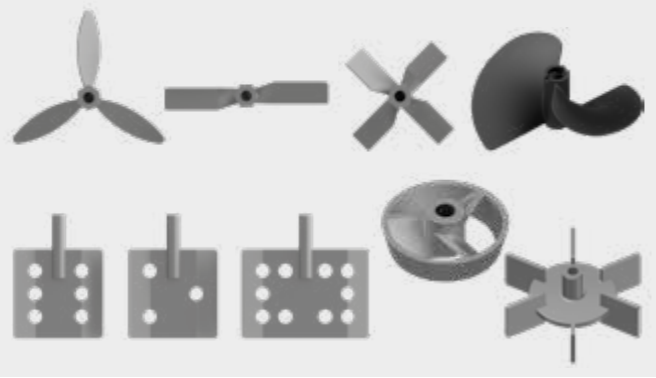
Al producto:



- 1 depósito de agitación
- 2 caudalímetro
- 3 regulador de caudal
- 4 regulador de temperatura
- 5 indicador digital de conductividad
- 6 sensor de conductividad
- 7 sensor de temperatura
- 8 agitador con medición de par
- 9 conexiones para agua fría y caliente



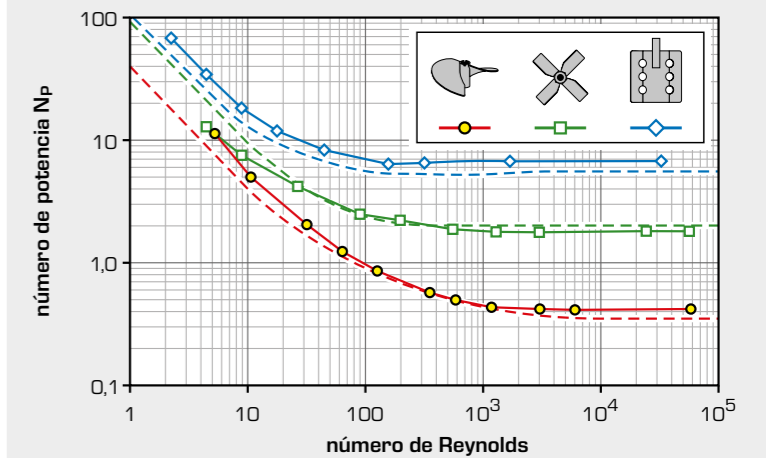
Tipos de agitadores



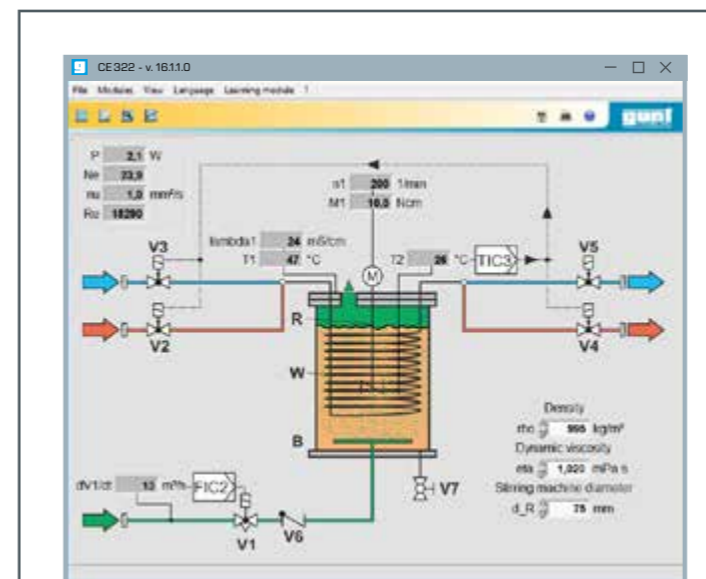
Depósito de agitación con cambiador de calor integrado

Curvas de rendimiento

Una curva de potencia representa el número de potencia N_p en función del número de Reynolds. Con la ayuda del número de potencia, puede determinarse la potencia requerida de un mecanismo de agitación, lo que es de vital importancia para el dimensionamiento de un mecanismo de agitación. El desarrollo de una curva de potencia depende del tipo de agitador.



Curvas de potencia medidas con el equipo CE 322 en comparación con curvas características de la literatura técnica



Software del CE 322

Software

Los valores de medición se visualizan digitalmente y pueden transferirse al mismo tiempo directamente a un ordenador vía puerto USB y guardarse allí con ayuda del software suministrado.

Contenidos didácticos

- determinación de curvas de tiempo de mezcla
 - ▶ tiempo de mezcla y grado de mezcla
 - ▶ indicador de tiempo de mezcla
- determinación de curvas de rendimiento
 - ▶ demanda de potencia
 - ▶ número de potencia (número de Newton)
- influencia de
 - ▶ tipo de agitador
 - ▶ relaciones geométricas
 - ▶ velocidad
 - ▶ sustancias utilizadas (densidad, viscosidad)
- evaluar la condición de flujo por número de Reynolds (laminado / turbulento)
- modo de acción de los deflectores
- fumigación y transferencia de calor en depósitos de agitación
- observación de los campos de flujo de diferentes tipos de agitadores en soluciones, emulsiones y suspensiones

CE 322**Reología y calidad de mezcla en un depósito de agitación****Contenido didáctico/ensayos**

- determinación de curvas de tiempo de mezcla
 - ▶ tiempo de mezcla y grado de mezcla
 - ▶ indicador de tiempo de mezcla
- determinación de curvas de rendimiento
 - ▶ demanda de potencia
 - ▶ número de potencia (número de Newton)
- influencia de
 - ▶ tipo de agitador
 - ▶ relaciones geométricas
 - ▶ velocidad
 - ▶ sustancias utilizadas (densidad, viscosidad)
- evaluar la condición de flujo por número de Reynolds (laminado / turbulento)
- modo de acción de los deflectores
- fumigación y transferencia de calor en depósitos de agitación
- observación de los campos de flujo de diferentes tipos de agitadores en soluciones, emulsiones y suspensiones

Descripción
■ agitador con medición directa del par para determinar las curvas de rendimiento

La mezcla de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas es necesaria para la producción de muchos productos. Los requisitos para el agitador varían mucho según los materiales que se utilicen, por lo que se dispone de una gran variedad de agitadores diferentes.

Durante la agitación, la fase continua es líquida. Con CE 322 se puede estudiar la preparación de soluciones (sólido disuelto en líquido), emulsiones (mezcla de líquidos insolubles) y suspensiones (sólido insoluble en líquido).

El proceso de mezcla se realiza dentro de un depósito de agitación con serpentín, deflectores y distribuidores de gas en el fondo. Todos los componentes son extraíbles.

El agitador está situado encima del depósito de agitación, es sumergible y es adecuado para la investigación de sustancias viscosas. El número de revoluciones es ajustable. De esta manera es posible estudiar detalladamente los diferentes agitadores y materiales, también con gasificación (recomendación: agua, glicerina, aire comprimido).

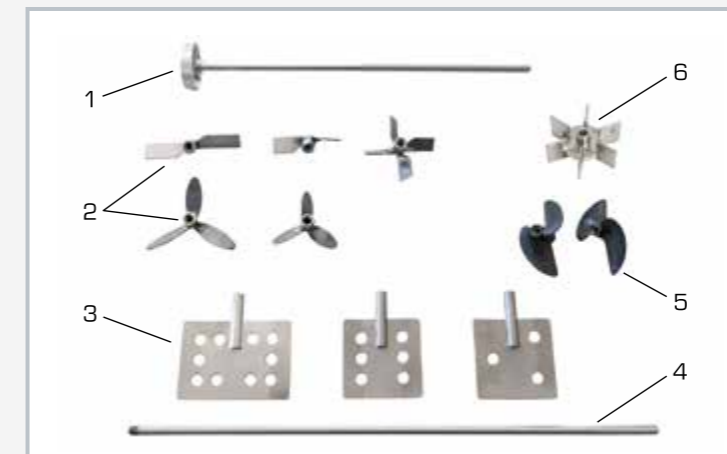
Están disponibles doce agitadores diferentes que son intercambiables. Con la ayuda de bolas de plástico, se pueden observar los campos de flujo característicos de los diferentes tipos de agitadores.

Los ensayos sobre la influencia de la viscosidad se pueden realizar con diferentes sustancias o a diferentes temperaturas. Con los deflectores, la influencia en el proceso de mezcla se puede investigar y también mostrar visualmente.

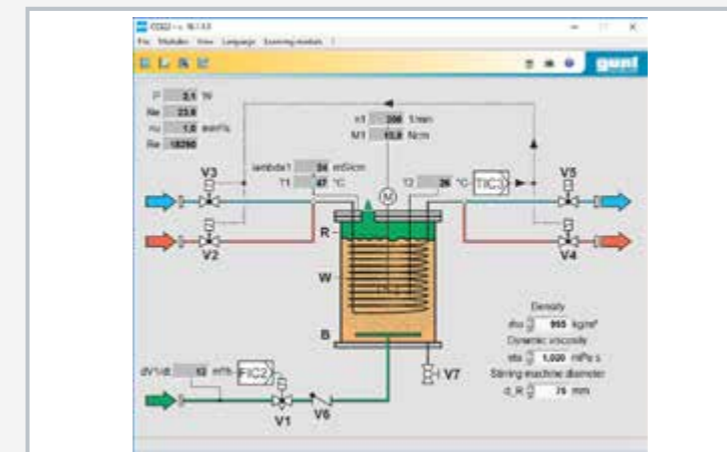
Unos sensores registran la conductividad eléctrica y la temperatura en el depósito de agitación. El tiempo de mezcla y el grado de mezcla de las soluciones se determina con ayuda de las conductividades eléctricas. El par y la velocidad se utilizan para las curvas de rendimiento. Los valores de medición se visualizan digitalmente y se pueden transferir al mismo tiempo directamente a un ordenador vía puerto USB y guardar allí con ayuda del software suministrado.

CE 322**Reología y calidad de mezcla en un depósito de agitación**

1 agitador, 2 medición del par, 3 medición de la conductividad eléctrica, 4 ajuste de la temperatura, 5 ajuste del caudal para el gas, 6 serpentín, 7 conexiones para agua caliente, agua fría y gas, 8 conexiones libres para otros instrumentos de medición



1 agitador de turbina, 2 agitadores de paletas oblicuas, 3 agitadores de paletas planas, 4 eje roscado, 5 agitadores de hélice, 6 turbina Rushton



Captura de pantalla del software

Especificación

- [1] producción de soluciones, emulsiones y suspensiones con diferentes viscosidades
- [2] depósito de agitación con serpentín, deflectores y distribuidores de gas en el fondo; componentes extraíbles
- [3] potente agitador sumergible con velocidad ajustable
- [4] 12 agitadores con diferentes geometrías
- [5] bolas de plástico para la visualización de campos de flujo
- [6] sensores e indicadores digitales para la conductividad eléctrica, temperatura, velocidad, par, caudal
- [7] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 10

Datos técnicos**Depósito de agitación**

- volumen: aprox. 15L
- material: vidrio DURAN y PVC
- tapa con 2 conexiones libres para sensores propios
- distribuidores de gas: orificios \varnothing 1,25mm

Agitadores

- 2 agitadores de hélice
- 3 agitadores de paletas planas
- 5 agitadores de paletas oblicuas
- 1 agitador de turbina
- 1 turbina Rushton

Serpentín

- longitud: 9,4m, \varnothing 140mm

Rangos de medición

- conductividad: 0...100mS/cm
- temperatura: 0...100°C
- número de revoluciones: 6...2000min⁻¹
- par: 0...200Ncm
- caudal: 1...250L/min

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 800x500x1000mm (equipo de ensayo)

LxAnxAI: 600x400x150mm (sistema de almacenamiento)

Peso total: aprox. 80kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua caliente y refrigerante, desagüe
aire comprimido (0...9m³/h, min. 3bar)
PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 sistema de almacenamiento
- 1 material didáctico

CE 255

Aglomeración por rodadura



Descripción

- **aglomeración por rodadura con un disco granulador**
- **comprobación de la rigidez de los aglomerados para evaluar el proceso**
- **ensayos prácticos a escala de laboratorio**

Los términos aglomeración, granulación y peletización designan la operación básica mecánica por la que los materiales sólidos aumentan de tamaño. Este banco de ensayos, dedicado al tema de la aglomeración por rodadura, se ha desarrollado en cooperación con el **Departamento de Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Procesos de la Universidad del Bajo Rin (Niederrhein, Krefeld)**.

Sobre un disco granulador giratorio dispuesto en posición inclinada se derrama continuamente un polvo (material fino). Una bomba transporta el líquido granulador hasta una tobera binaria. El líquido se pulveriza con aire comprimido sobre el polvo. A partir de unas pocas partículas humedecidas, se forman bolas cuyo tamaño va en aumento debido a un movimiento de rodadura (aglomerados).

El polvo, material fino presente en el estrato en movimiento, permanece más próximo al fondo. El movimiento giratorio del disco lo alza a más altura que los aglomerados que se van formando. Los aglomerados esféricos formados ruedan sobre la superficie del estrado. Cuando los aglomerados alcanzan un tamaño determinado, rebosan y abandonan el disco. Los aglomerados se acumulan en un depósito colector. Como material sólido, [recomendamos emplear polvo de piedra caliza] y como líquido granulador, una disolución acuosa de azúcar en polvo (glasé). Se dispone de otros dos depósitos auxiliares. El caudal másico del material alimentado, el caudal de líquido granulador, el número de revoluciones y el ángulo de inclinación del disco se pueden regular. La resistencia a la presión de los aglomerados formados se puede determinar con un aparato apropiado de laboratorio. Para determinar todas las propiedades importantes de los aglomerados, se recomienda además, utilizar una estufa.

Contenido didáctico/ensayos

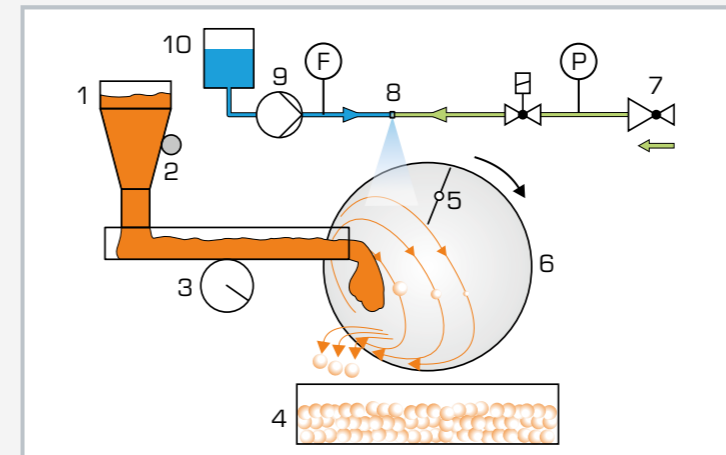
- conocer el principio básico y el funcionamiento de un sistema de aglomeración
- tamaño y resistencia de los aglomerados en función
 - ▶ del caudal másico del material alimentado
 - ▶ del caudal de líquido granulador
 - ▶ de la relación sólido/líquido
 - ▶ del número de revoluciones del disco
 - ▶ del ángulo de inclinación del disco
 - ▶ del lugar de la aportación de sólido y de líquido
 - ▶ de la influencia del sólido elegido
 - ▶ del líquido granulador elegido

CE 255

Aglomeración por rodadura



1 armario de distribución, 2 dosificador de material sólido, 3 balanza, 4 válvula de desahogo de presión, 5 depósito para líquido granulador, 6 depósito de material sólido, 7 depósito para aglomerados, 8 disco granulador, 9 rascador, 10 tobera binaria, 11 vibrador, 12 silo de material sólido



1 silo de material sólido, 2 vibrador, 3 dosificador de material sólido, 4 depósito para aglomerados, 5 rascador, 6 disco granulador, 7 válvula de desahogo de presión, 8 tobera binaria, 9 bomba, 10 depósito para líquido granulador; F caudal, P presión



Agglomerados

Especificación

- [1] aglomeración por rodadura con un disco granulador
- [2] disco granulador de número de revoluciones regulable y ángulo de inclinación variable
- [3] dispositivo dosificador para ajustar el caudal másico de material alimentado
- [4] tobera binaria para pulverizar el líquido granulador con aire comprimido
- [5] bomba peristáltica para ajustar el caudal de líquido granulador
- [6] ajuste de la presión del aire por medio de una válvula de desahogo de presión
- [7] localizaciones variables de material sólido y de líquido
- [8] depósitos para material sólido, líquido granulador y aglomerados

Datos técnicos

Disco granulador

- Ø: aprox. 400mm
- altura del borde: aprox. 100mm
- material: acero inoxidable

Motor para impulsión del disco

- potencia: aprox. 750W
- número de revoluciones: 20...400min⁻¹

Bomba

- caudal máx.: aprox. 428mL/min

Depósitos

- silo material sólido: aprox. 10L
- de líquido granulador: 5L
- de aglomerados: 10L
- de material sólido: 40L

Rangos de medición

- caudal: 0...100mL/min
- presión: 0...10bar
- número de revoluciones: 4...70min⁻¹

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1810x810x1980mm

Peso: aprox. 205kg

Necesario para el funcionamiento

conexión de aire comprimido: min. 3bar

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 balanza
- 2 envases con polvo de piedra caliza (50kg)
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos

Almacenamiento y flujo de materiales a granel

En general, se denominan materiales a granel aquellas sustancias disponibles en forma de partículas individuales. Éstas pueden ser finas (polvo) o gruesas. Pueden citarse como ejemplos los minerales, cemento, productos alimenticios o productos químicos. Los materiales a granel se almacenan, según su cantidad, en recipientes pequeños, depósitos, contenedores o silos. Todas estas instalaciones de almacenamiento tienen que tener unas características tales que no perjudiquen la calidad del producto ni causen perturbaciones al extraer el material a granel.

Fenómenos típicos que se presentan durante la salida de un material a granel de una tolva o un silo:

■ **Flujo de masa**

Todo el contenido del depósito está en movimiento durante la descarga del material a granel. Si la zona situada por encima de la tolva tiene una altura suficiente, se produce un descenso uniforme en toda la sección (flujo tipo pistón).

■ **Flujo central**

Durante la descarga del material a granel sólo está en movimiento una zona limitada situada encima de la abertura de salida. Esta zona puede ensancharse hacia arriba en forma de embudo. A los lados del material a granel que fluye se forman las llamadas zonas muertas, en las que el material está en reposo. El material permanece en estas zonas durante largo tiempo y sólo se descarga al final del vaciado. Además, en el caso de materiales a granel con malas características de fluidez, el material se puede

Los materiales a granel no se comportan como fluidos newtonianos ni al fluir ni al estar almacenados en reposo. A diferencia de los citados fluidos, los materiales a granel pueden transmitir tensiones de cizalla aun estando en reposo, formando en consecuencia superficies inclinadas estables. En general tampoco es posible establecer analogías con el comportamiento de los sólidos, ya que, por ejemplo, un material a granel no puede transmitir tensiones de tracción significativas, a diferencia de los sólidos.

Por ello, para describir el comportamiento de los materiales a granel existe una disciplina propia, la mecánica de los materiales a granel, basada en la mecánica de suelos.

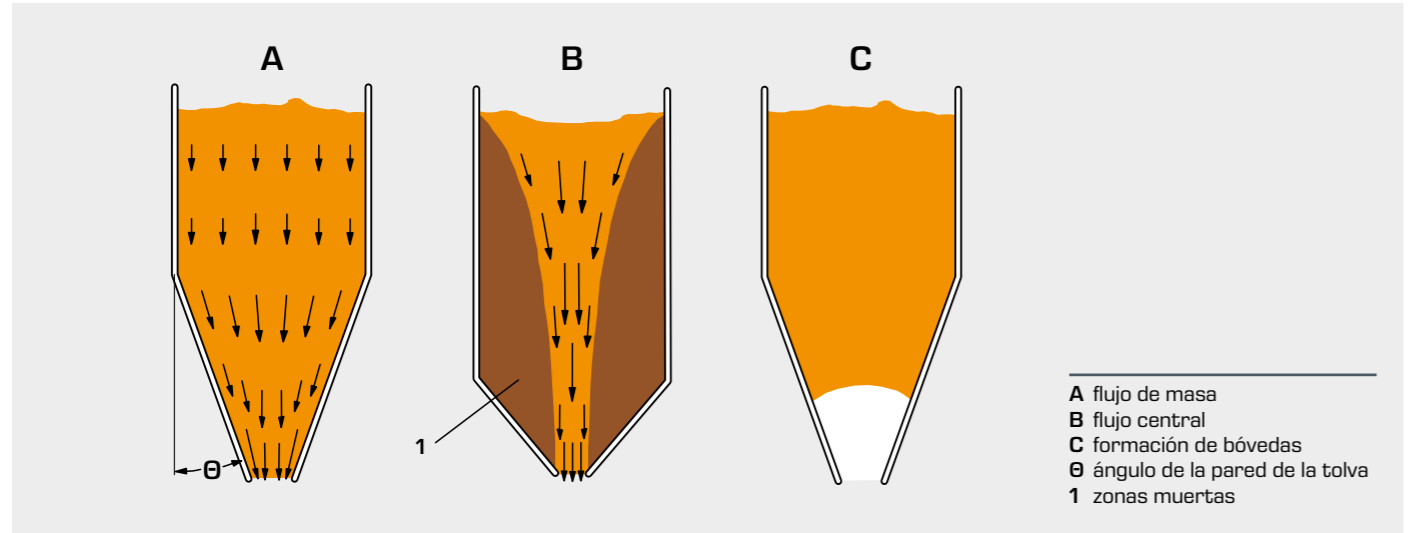
compactar en las zonas muertas hasta el punto de que no fluye por el único efecto de la fuerza de la gravedad.

■ **Formación de bóvedas**

En el caso de materiales a granel con malas características de fluidez, cohesivos, se puede formar en la tolva de salida una bóveda, con lo que se interrumpe el flujo del material a granel.

■ **Segregación**

Al llenar recipientes de almacenamiento puede producirse una segregación cuando las partículas difieren en cuanto al tamaño, la forma o la densidad. Por regla general, la segregación perjudica la calidad del producto.



El que se produzca flujo de masa o central depende de las propiedades de fluidez del material a granel, del material de las paredes de la tolva y de la inclinación de las mismas. La pendiente necesaria para las paredes de la tolva puede calcularse si se conocen

las propiedades de fluidez. Las propiedades de fluidez se miden con aparatos de cizalla. Con estos valores medidos puede calcularse también el tamaño mínimo que debe tener el orificio de salida para evitar la formación de bóvedas.

Para más información sobre este tema: Schulze, D.: Powders and Bulk Solids, Springer, Berlin Heidelberg New York (2007)

Planificación conceptual y de laboratorio de principio a fin



¿Está planificando un nuevo laboratorio?

¿Una nueva aula?

¿Una completa facultad?

¿Desea modernizar?

¡Entonces benefíciense de nuestros conocimientos y nuestra experiencia! Nuestros ingenieros planifican laboratorios completos con todo el equipamiento incluido. Nos ocupamos de sus ideas individuales y tomamos en consideración todo el entorno local específico:

- dibujos de la sala
- conexiones de alimentación
- listas de equipamiento
- descripción de prestaciones, etc.

En caso de preguntas, nuestro servicio externo o servicio de atención al cliente le ayudará con mucho gusto.

CE 210

Descarga de material a granel de silos

**Descripción**

- geometría de silos ajustable
- distintos tipos de descarga: flujo de masa, flujo central y formación de bóvedas

Los silos se utilizan para el almacenamiento industrial de los distintos materiales a granel. Los materiales a granel almacenados deben suministrarse sin obstáculos a los procesos de producción. Para lograrlo, el silo debe diseñarse como silo de flujo de masa.

El banco de ensayos CE 210 demuestra de forma práctica los distintos tipos de descarga de silos: flujo de masa, flujo central y formación de bóvedas. El tipo de descarga depende de las propiedades de fluidez del material a granel, la geometría del silo y el material de la pared.

El banco de ensayos incluye dos silos de forma idéntica con paredes frontales transparentes y paredes de distintos materiales. Los silos tienen una tolva de salida en forma de cuña, cuya inclinación y anchura se pueden ajustar. El banco de ensayos ha sido desarrollado en colaboración con el **Prof. Dr. Schulze (Escuela Técnica Superior de Braunschweig / Wolfenbüttel, Alemania)**.

El comportamiento de descarga se caracteriza por el tiempo medido, la pesada de material a granel, la geometría del silo y el tipo de descarga observado. Mediante los datos adquiridos puede comprobarse de forma práctica el diseño del silo, p.ej., con el equipo de ensayo CE 200 Propiedades de fluidez de materiales a granel.

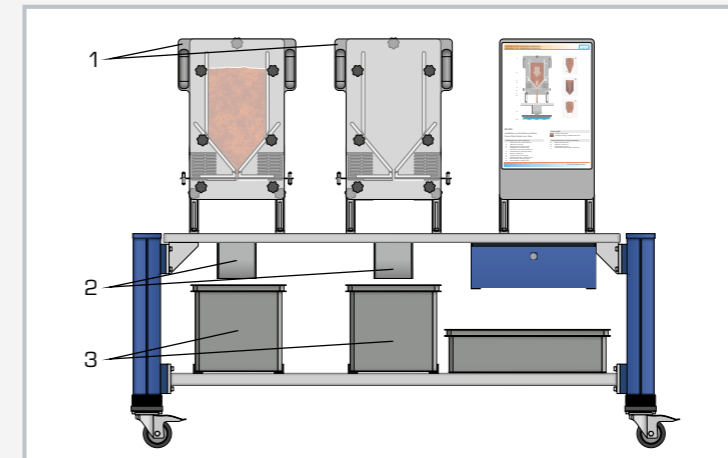
Para los ensayos con formación de bóvedas se recomienda utilizar harina (tipo 405) como material a granel adicional.

Contenido didáctico/ensayos

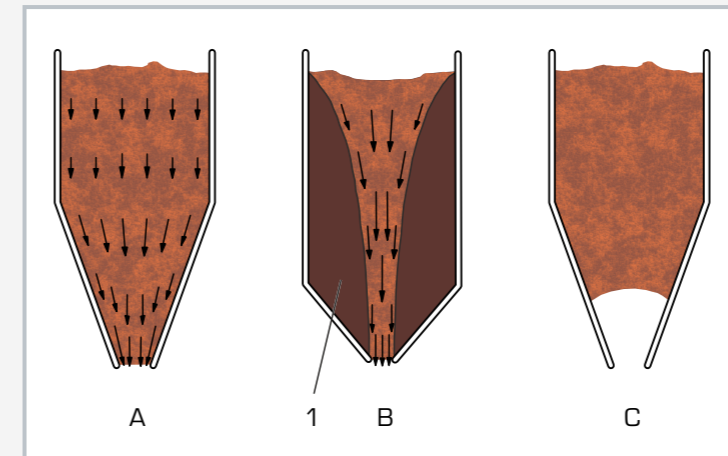
- influencia del material de las paredes y la inclinación de paredes de la tolva en el tiempo de descarga
- demostración de tipos de descarga típicos en los silos:
 - ▶ flujo de masa
 - ▶ flujo central
 - ▶ formación de bóvedas
- influencia de las propiedades de fluidez en el tiempo de descarga y los perfiles de fluencia
- comparación de diferentes materiales a granel
- comprobación del diseño del silo con CE 200

CE 210

Descarga de material a granel de silos



1 silo, 2 tolva colectora, 3 depósito colector



A flujo de masa: todo el material a granel está en movimiento
B flujo central: el material a granel en el centro está en movimiento y el material a granel en las zonas muertas (1) está en reposo
C formación de bóvedas: el flujo del material a granel se interrumpe

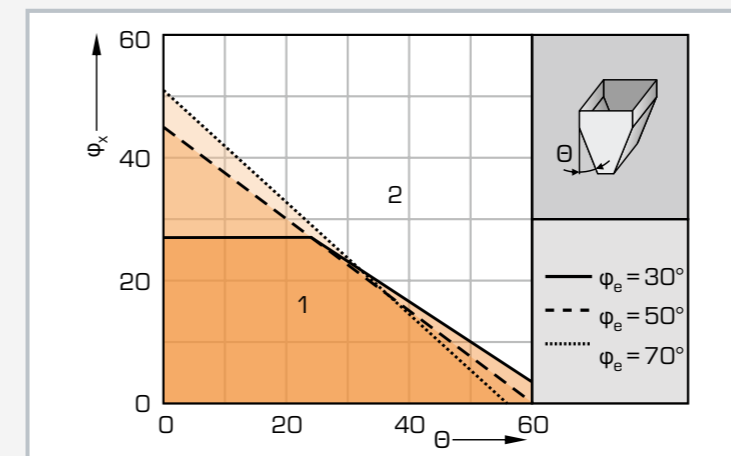


Diagrama de diseño de un silo en forma de cuña para distintos ángulos de fricción efectivos ϕ_e .
1 flujo de masa, 2 flujo central; ϕ_x ángulo de fricción de la pared, θ inclinación de la tolva de salida

Especificación

- [1] estudio de la descarga de material a granel de silos con tolvas de salida en forma de cuña
- [2] demostración de formación de bóvedas, flujo de masa y flujo central con distintos materiales a granel
- [3] 2 silos con distintos materiales de las paredes de las tolvas
- [4] paredes frontales de los silos de material transparente
- [5] silos desmontables para la limpieza
- [6] ángulo de la pared de la tolva con sección transversal de salida invariable ajustable gradualmente
- [7] pisador para comprimir el material a granel
- [8] cronómetro para determinar los tiempos de descarga
- [9] comprobación práctica de los resultados de diseño del CE 200

Datos técnicos

- 2 silos con tolvas en forma de cuña
- sección transversal de cuerpos básicos: 200x200mm
 - anchura de salida: 10...70mm
 - altura de la pared recta del silo: aprox. 300mm
 - altura de la tolva: aprox. 50...140mm
 - volumen: aprox. 14...18L

2 materiales a granel

- granulado de plástico: 2...5mm
- espelta: 5...15mm

Balanza

- con función de pesaje
- hasta 10kg
- alimentación eléctrica: 230V, 50Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase; UL/CSA opcional

Cronómetro

- 0...10h

LxAnxAI: 1830x790x1420mm

Peso: aprox. 190kg

Necesario para el funcionamiento

- 1 material a granel adicional (p.ej. harina tipo 405)

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 sistema de almacenamiento
- 2 depósitos colectores con tapa
- 1 balanza
- 1 envase con granulado de plástico (20L)
- 1 envase con espelta (24L)
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 200**Propiedades de fluidez de materiales a granel****Descripción**

- **determinación de las propiedades de fluidez de materiales a granel con un aparato de cizalla anular para el diseño de silos**
- **manejo sencillo gracias al recorrido de cizallamiento ilimitado**
- **software de análisis profesional**

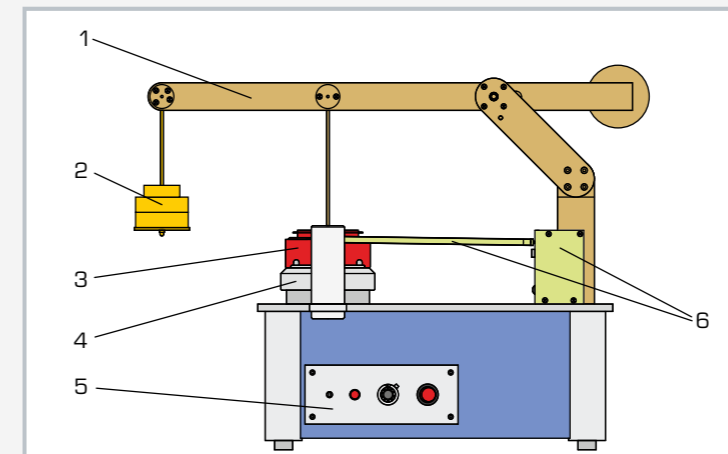
Determinar las propiedades de fluidez de un polvo o un material a granel que se ponen de manifiesto durante su manipulación. Por ejemplo, en los silos se puede producir una salida irregular del material a granel, llegando incluso a interrumpirse el flujo. Para evitar estos problemas en la práctica, se pueden diseñar los silos en base a las medidas realizadas con aparatos de cizalla, por ejemplo con el aparato de cizalla de Jenike, llamado también aparato de cizalla anular. En el aparato de cizalla anular, se dispone una muestra de material dentro de una célula de cizallamiento de forma anular. A través de la tapa se ejerce una fuerza normal sobre la muestra. Un colgador con diferentes pesas genera esta fuerza normal. Un motor mueve la célula de cizallamiento en relación a la tapa, para someter la muestra a cizallamiento. Para la compactación (cizallamiento inicial) se somete la muestra a una fuerza normal elevada. Un transductor de fuerza amplificado electrónicamente registra las fuerzas de cizallamiento, que se registran a lo largo del tiempo mediante un software de adquisición de datos.

Después del cizallamiento inicial se cizalla con una fuerza normal reducida (medida de la resistencia) y se registra también con el software. A partir de las curvas de la fuerza de cizallamiento pueden determinarse propiedades tales como la resistencia a la presión y el rozamiento interno del material a granel. Para calcular la densidad del material a granel se determina el volumen de la muestra, midiendo para ello el descenso de la tapa con un pie de rey. A fin de considerar también la influencia del material de las paredes de la tolva en el comportamiento de descarga, se realiza una medida independiente con una muestra anular del material de las paredes.

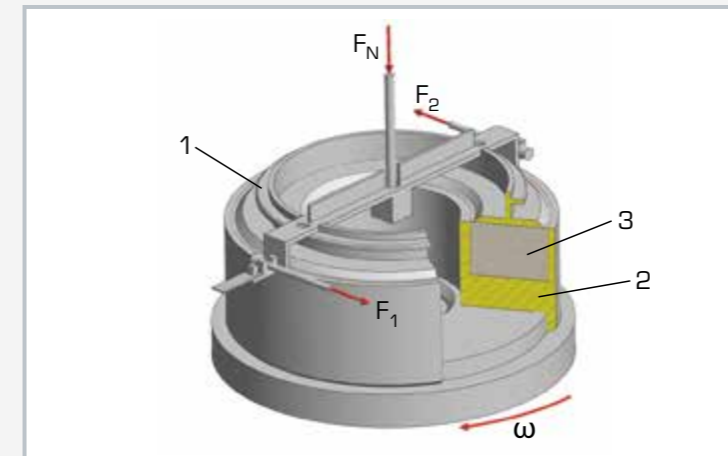
Se dispone de un software de análisis para determinar las propiedades de fluidez a partir de los resultados de los ensayos. Con las propiedades de fluidez, así obtenidas, se calcula la geometría óptima de la tolva de descarga de un silo. Para comprobar los resultados obtenidos para el diseño, así como del flujo de masa o el flujo central, se dispone del equipo de ensayo CE 210. El aparato de cizalla anular y el software de análisis fueron desarrollados por el **Prof. Dr. Schulze (Universidad de Braunschweig / Wolfenbüttel)**.

Contenido didáctico/ensayos

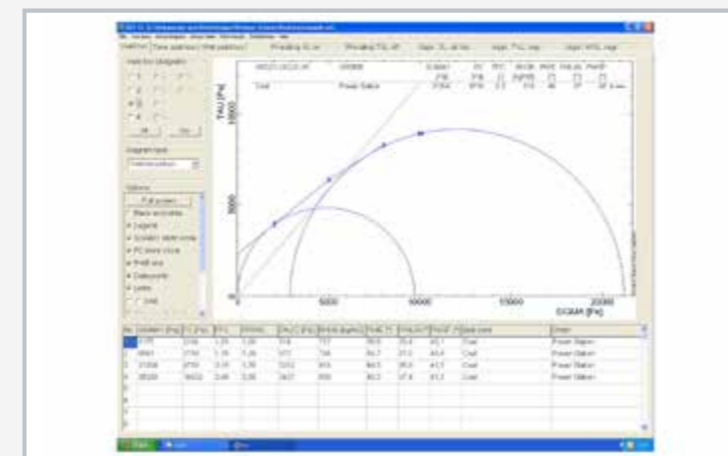
- registro de las curvas de fuerza de cizallamiento de materiales a granel
- construcción de lugares de flujo (yield loci) y de lugares de flujo en la pared
- determinación de las propiedades de fluidez
 - ▶ resistencia a la presión
 - ▶ rozamiento interno
 - ▶ densidad
 - ▶ ángulo de rozamiento con la pared
- determinación de la geometría óptima de la tolva de un silo para material a granel

CE 200**Propiedades de fluidez de materiales a granel**

1 sistema de carga para generar la fuerza normal, 2 pesas, 3 célula de cizallamiento, 4 unidad de accionamiento, 5 elementos de mando, 6 sensor de fuerza (fuerza de cizallamiento) con barra de tracción



Célula de cizallamiento para determinar lugares de flujo (yield loci): 1 tapa, 2 célula de cizallamiento, 3 material a granel; F_1 , F_2 fuerzas de cizallamiento, F_N fuerza normal, ω sentido de giro de la célula de cizallamiento



Representación de la pantalla del software de análisis: lugar de flujo (yield locus) con círculos de esfuerzo de Mohr

Especificación

- [1] diseño de silos para material a granel con ayuda de un aparato de cizalla anular
- [2] 1 célula de cizallamiento anular para determinar lugares de flujo
- [3] 1 célula de cizallamiento anular con muestra del material de las paredes para determinar lugares de flujo en la pared
- [4] cizallado de la muestra (material a granel) por giro de la célula de cizallamiento mediante un motor
- [5] carga vertical sobre la muestra a través de la tapa añadiendo diferentes pesas
- [6] sensor de fuerza para medir fuerzas de cizallamiento
- [7] pie de rey para medir el cambio de la altura y de la densidad de la muestra del material a granel
- [8] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10
- [9] software GUNT para registrar las curvas de la fuerza de cizallamiento
- [10] software de análisis para determinar los parámetros relevantes del material a granel

Datos técnicos**Célula de cizallamiento**

- volumen de la muestra: aprox. 70cm³
- material: aluminio

Célula de cizallamiento con muestra del material de las paredes

- volumen de la muestra: aprox. 15cm³
- material: aluminio

Motor

- consumo de potencia: máx. 75W
- número de revoluciones: 500...3000min⁻¹
- 1 juego de pesas
 - 4x 500g
 - 2x 200g
 - 2x 100g
 - 2x 50g

Rangos de medición

- fuerza: 0...40N
- balanza: 0...1000g

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 400x240x330mm
Peso: aprox. 18kg

Necesario para el funcionamiento

PC con Windows

Volumen de suministro

equipo de ensayo, 1 célula de cizallamiento, 1 célula de cizallamiento con muestra del material de las paredes, 1 pie de rey, 1 software GUNT + cable USB, 1 CD con software de análisis, 1 envase con material a granel, 1 balanza, 1 material didáctico

Conocimientos básicos

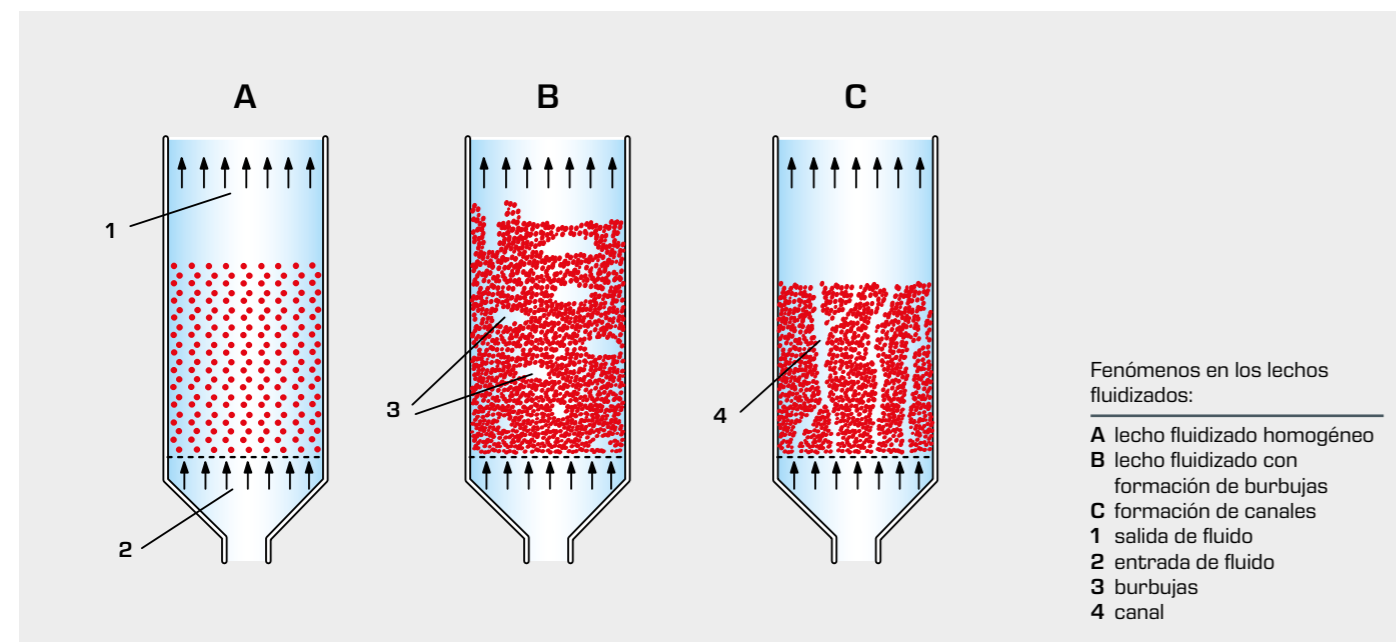
Lechos fluidizados

En un lecho fluidizado participan dos fases: un sólido y un fluido (gas o líquido). Si un fluido fluye a través de una capa de material sólido granulado en reposo a una velocidad suficiente (velocidad de fluidización), las partículas sólidas individuales que forman la capa quedan suspendidas. Este fenómeno se denomina fluidización. El lecho fluidizado que así se origina se comporta de forma similar a un líquido en términos de flujo y termodinámico.

Si la velocidad es excesiva, las partículas son extraídas del lecho fluidizado. Comienza el transporte hidráulico o neumático.

Las grandes superficies de contacto existentes entre el sólido y el fluido favorecen los procesos de transporte de calor y materia entre las partículas y el fluido, así como entre las partículas entre sí.

Un campo de aplicación es la combustión en lecho fluidizado. En este caso, la combustión tiene lugar en un lecho fluidizado formado por combustible triturado, con aplicación de aire caliente. El principio del lecho fluidizado permite trabajar con temperaturas de combustión más bajas. Gracias a esto se pueden mantener las emisiones de óxidos de nitrógeno en un nivel de concentración muy bajo.



En los lechos fluidizados se pueden presentar los siguientes fenómenos:

Lecho fluidizado homogéneo

Al aumentar la velocidad de flujo del fluido se produce un aumento uniforme de volumen del lecho fluidizado. Las partículas sólidas están distribuidas homogéneamente en todo el lecho. En la práctica, este comportamiento sólo se puede observar en líquidos utilizando partículas de igual tamaño.

Lecho fluidizado no homogéneo

Se producen procesos de clasificación o segregación de partículas en el lecho fluidizado. Las partículas de mayor densidad se acumulan en la zona inferior. Si se emplea un gas como fluido, casi siempre se forman burbujas en el lecho fluidizado. Estas burbujas están exentas de sustancias sólidas. Las burbujas pequeñas se unen en su camino hacia la superficie, formando burbujas más grandes que revientan en la superficie. La superficie del lecho fluidizado tiene el aspecto de un líquido en ebullición.

Formación de canales

Si el sólido es un material de grano fino y las partículas se adhieren entre sí, es posible que no se forme un lecho fluidizado. Se forman canales de flujo preferente. En las zonas contiguas a los canales no existe flujo. En el caso de tales sustancias sólidas sólo puede formarse un lecho fluidizado agitando adicionalmente.

Conocimientos básicos

Transporte neumático

Con las instalaciones de transporte neumático se transportan materiales a granel, en polvo o en grano, por tuberías con ayuda de un flujo de gas (generalmente aire). Estos materiales a granel pueden ser, por ejemplo, productos alimentarios tales como harina o leguminosas.

Las instalaciones de transporte neumático constan esencialmente de un compresor de aire, una tubería de transporte y un separador de polvo (p. ej. ciclón de gases). El transporte puede tener lugar en dirección horizontal, vertical e inclinada.

La tubería de transporte se puede conectar en el lado de aspiración (transporte por aspiración) o en el lado de descarga (transporte por presión) del compresor de aire. También existen instalaciones combinadas de aspiración y presión. Las instalaciones de transporte por aspiración trabajan totalmente sin formación de polvo, gracias a que la depresión existente en el sistema impide la salida de aire cargado de polvo. Con las instalaciones de transporte por presión se pueden superar mayores diferencias de altura y distancias que con las instalaciones de transporte por aspiración.

Dependiendo de la velocidad y del contenido de sólidos del flujo de aire, en las tuberías **horizontales** se pueden presentar diferentes modos de transporte:

Transporte volante (transporte en fase diluida)

A velocidades elevadas, las partículas sólidas se mueven distribuidas uniformemente en toda la sección de la tubería. Las partículas chocan entre sí o contra la pared del tubo.

Transporte en madeja

Si se reduce la velocidad manteniendo constante el contenido de sólidos, la energía del flujo deja de ser suficiente para mantener en suspensión toda la materia sólida. Una parte de las partículas sólidas se desliza por el fondo de la tubería en forma de madeja. La otra parte es transportada en forma volante por encima de la madeja.

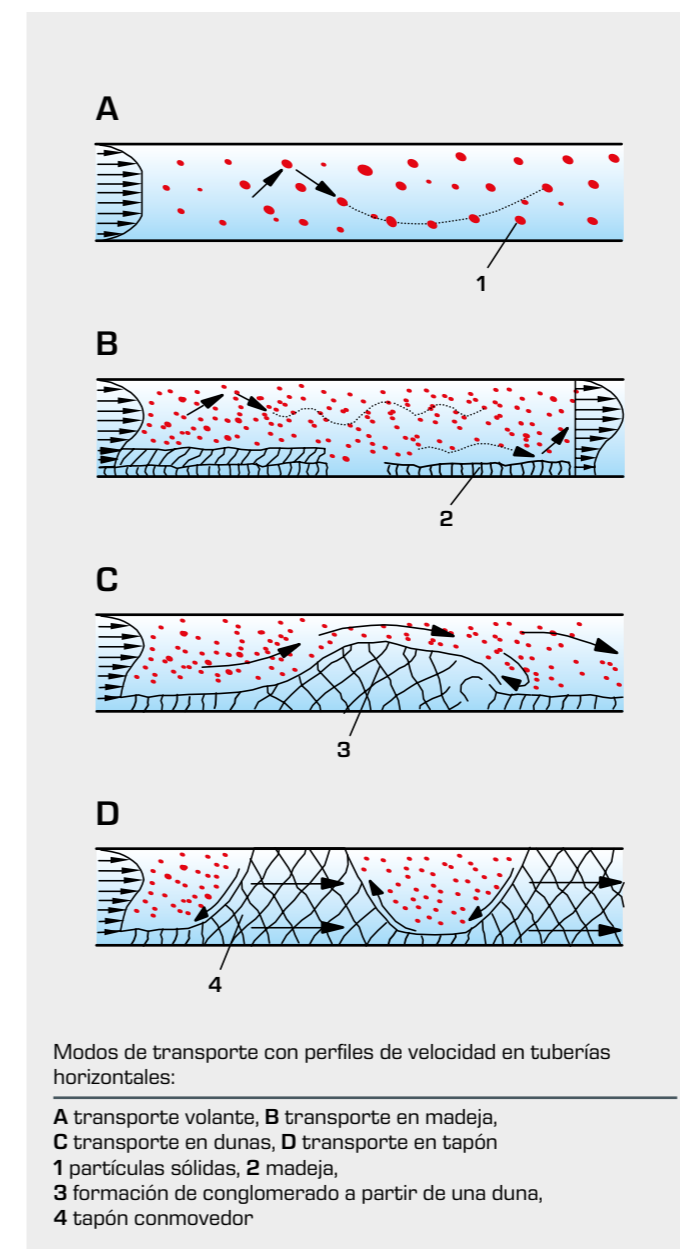
Transporte en dunas (transporte en fase densa)

Si se reduce aún más la velocidad, las partículas sólidas se mueven como una duna. Las partículas se desplazan por encima de la cumbre de la duna y se depositan en el lado protegido de la misma. En caso de una mayor disminución de la velocidad, pueden formarse a partir de las dunas conglomerados que ocupan una gran parte de la sección de la tubería.

Transporte en tapón (transporte en fase densa)

A velocidades muy bajas, los conglomerados ocupan toda la sección de la tubería y se forman los llamados tapones. Los conglomerados y los tapones avanzan muy lentamente. Si el compresor no tiene suficientes reservas de presión, el transporte de dunas, conglomerados y tapones puede causar rápidamente la obstrucción de la tubería.

En las tuberías **verticales** se presentan, en principio, los mismos modos de transporte. Sin embargo, la fuerza de la gravedad tiene en este caso una mayor influencia.



CE 220

Formación de lecho fluidizado



Contenido didáctico/ensayos

- fundamentos de la fluidización de lechos fijos
- observación y comparación del proceso de fluidización en agua y aire
- pérdidas de carga en función de
 - ▶ velocidad de flujo
 - ▶ tipo y tamaño de las partículas del lecho fijo
- determinación de la velocidad de desagregación y comparación con valores calculados teóricamente (ecuación de Ergun)
- dependencia de la altura del lecho fluidizado de la velocidad de flujo
- verificación de la ecuación de Carman-Kozeny

Descripción

- estudio experimental del proceso de fluidificación
- comparación de la formación de lechos fluidizados en gases y líquidos
- pérdidas de carga en un lecho fijo y un lecho fluidizado

Si un lecho de partículas sólidas es atravesado por un flujo de líquidos o gases y el lecho fijo se afloja hasta tal punto que las partículas sólidas pueden moverse libremente, el lecho fijo se convierte en un lecho fluidizado. Para caracterizar un lecho fluidizado puede utilizarse la pérdida de carga del fluido que fluye a través del lecho. Unas aplicaciones típicas de los lechos fluidizados son, por ejemplo, el secado de materia sólida o los procesos de tostado y combustión.

El CE 220 se utiliza para observar la formación de un lecho fluidizado en agua y en aire.

La fase sólida y dispersa, que se encuentra por encima de una placa sinterizada porosa, es atravesada desde abajo por la fase continua (agua o aire). Si la velocidad del fluido es inferior a la así llamada velocidad de desagregación, el fluido simplemente fluye a través del lecho fijo sin que las partículas se muevan. Este estado se denomina lecho fijo. A mayores velocidades, la capa se afloja y las partículas empiezan a moverse. Esto hace que el lecho fijo se convierta en un lecho fluidizado. El aumento de la velocidad provoca una expansión vertical del lecho fluidizado. A una velocidad suficientemente alta, las partículas son expulsadas del lecho fluidizado.

En la práctica, las partículas se transportan en tubos, por ejemplo. En el CE 220, un filtro o la placa sinterizada retienen las partículas.

Los flujos de los fluidos se leen en rotámetros. El caudal de agua se regula por medio del número de revoluciones de la bomba. El caudal volumétrico de aire se puede ajustar a través de una válvula de estrangulación separada. En el volumen de suministro se incluye un instrumento de medida electrónico manual para medir las pérdidas de carga. La altura de los lechos fluidizados se lee en las escalas de los depósitos.

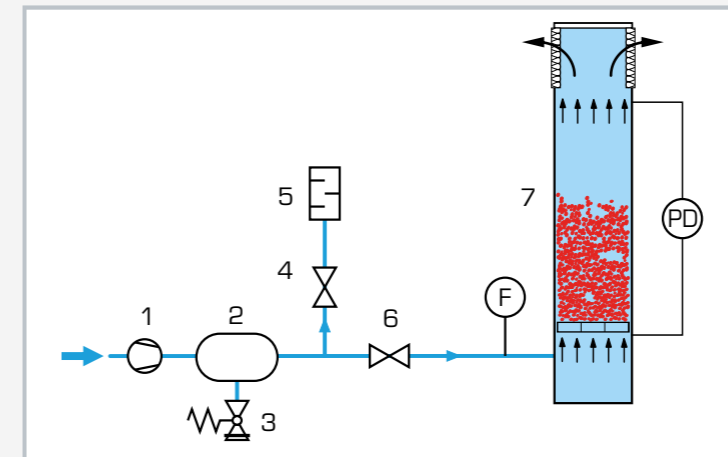
Los depósitos son extraíbles, de modo que el relleno puede ser reemplazado fácilmente. Como relleno se suministran bolas de vidrio (para ensayo de impacto) de diferentes tamaños.

CE 220

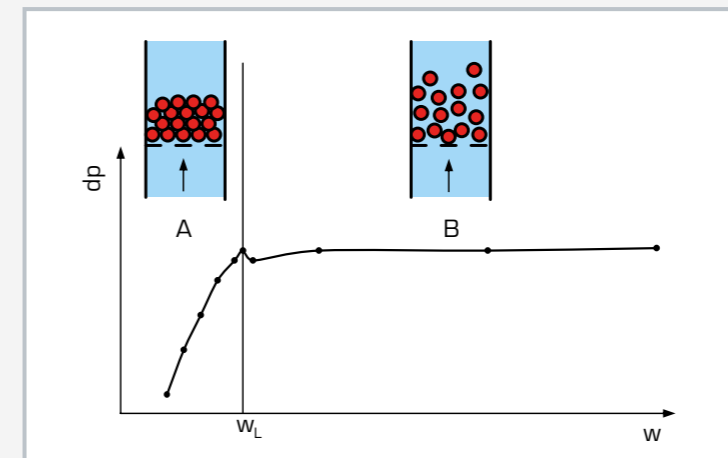
Formación de lecho fluidizado



1 rebosadero, 2 depósito para agua, 3 rotámetro para agua, 4 instrumento de medida manual pérdida de carga, 5 rotámetro para aire, 6 depósito para aire, 7 filtro



Montaje experimental para la formación de lechos fluidizados con aire
1 compresor de diafragma, 2 depósito a presión, 3 válvula de seguridad, 4 válvula de derivación, 5 silenciador, 6 válvula de aguja, 7 depósito (aire);
F caudal, PD presión diferencial



Pérdida de carga de un lecho fluidizado a través del cual fluye aire
 d_p pérdida de carga, w velocidad de flujo, w_L velocidad de desagregación;
A lecho fijo, B lecho fluidizado

Especificación

- [1] estudio de la transición de un lecho fijo a un lecho fluidizado
- [2] ensayos con aire y agua en paralelo
- [3] ambos depósitos son extraíbles
- [4] escalas en los depósitos para medir la altura del lecho fluidizado
- [5] alimentación de agua vía depósito de reserva con bomba de diafragma
- [6] alimentación de aire comprimido vía depósito a presión y compresor de diafragma
- [7] caudal volumétrico del aire ajustable vía válvulas
- [8] caudal del agua ajustable a través del número de revoluciones la bomba de diafragma
- [9] medición de las pérdidas de carga con un instrumento de medida electrónico manual

Datos técnicos

- 2 depósitos
- longitud: 380mm
 - \varnothing interior: 44mm
 - graduación de escala: 1mm
 - material: PMMA
- Bomba de diafragma (agua)
- caudal máx.: 1,7L/min
 - altura de elevación máx.: 70m
- Compresor de diafragma (aire)
- caudal volumétrico máx.: 39L/min
 - presión máx.: 2bar

Depósito de reserva de agua: aprox. 5,5L
Depósito a presión: 2L

Rangos de medición

- presión: 0...200mmCA
- caudal: 0,2...1,6L/min (agua)
- caudal volumétrico: 4...33NL/min (aire)
- altura: 25...370mm

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 750x610x1010mm
Peso: aprox. 80kg

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 1 envase con bolas de vidrio para ensayo de impacto (180...300 μ m; 1kg)
- 1 envase con bolas de vidrio para ensayo de impacto (420...590 μ m; 1kg)
- 1 material didáctico

CE 222

Comparación de lechos fluidizados



Contenido didáctico/ensayos

- fundamentos de la fluidización de lechos fijos
- formación de lechos fluidizados con aire
- pérdidas de carga en función de
 - ▶ velocidad en conductos vacíos
 - ▶ tamaño de las partículas
 - ▶ densidad de las partículas
 - ▶ altura del lecho fijo
- determinación de la velocidad de fluidización y comparación con valores calculados teóricamente (ecuación de Ergun)
- dependencia de la altura del lecho fluidizado de la velocidad de flujo
- verificación de la ecuación de Carman-Kozeny

Descripción

- dos columnas transparentes de diferentes diámetros para observar la formación de lechos fluidizados en gases
- pérdida de carga en lechos fijos y fluidizados

Cuando gases fluyen a través de capas de material a granel (lechos fijos), éstas se pueden convertir en un lecho fluidizado. Los campos de aplicación de los lechos fluidizados son, por ejemplo, el secado de sólidos, combustiones y el recubrimiento de partículas.

Este banco de ensayos ha sido desarrollado en colaboración con la universidad "University of Greenwich", UK. CE 222 contiene dos columnas transparentes de diferentes diámetros para la formación de lechos fluidizados utilizando aire comprimido como gas. Una escala en las columnas indica la altura del lecho fijo o lecho fluidizado.

La columna a estudiar se alimenta con aire comprimido a través de válvulas electromagnéticas. Se puede utilizar una columna a la vez. Las columnas se pueden extraer para cambiar el lecho fijo. Como relleno se suministran bolas de vidrio (para ensayo de impacto) de diferentes tamaños.

Al principio de los ensayos, un lecho fijo descansa sobre una placa sinterizada en el fondo de la columna. El aire comprimido fluye hacia arriba a través de la columna y sale por el filtro de aire. Si la velocidad del aire es inferior a la llamada velocidad de aflojamiento, el aire simplemente fluye a través del lecho fijo. A velocidades más altas, el lecho fijo se afloja de tal manera que las partículas pasan a un estado de suspensión. El lecho fijo se convierte en un lecho fluidizado. Si la velocidad aumenta más, algunas partículas son descargadas del lecho fluidizado (transporte).

El filtro de aire en la cabeza de la columna retiene estas partículas.

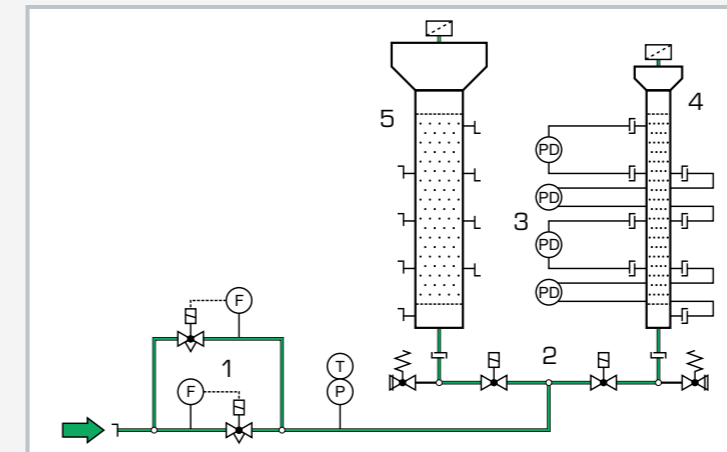
El caudal volumétrico del aire comprimido se mide y regula con dos rangos de medición. Ambas columnas están equipadas con puntos de medición para la conexión de sensores de presión diferencial que registran la pérdida de carga en el lecho fijo y en el lecho fluidizado. Los valores medidos se transfieren directamente a un ordenador a través de una interfaz USB y se visualizan allí con ayuda del software suministrado. El banco de ensayos se maneja a través del software de GUNT. Una alimentación de aire comprimido externa es necesaria para el funcionamiento.

CE 222

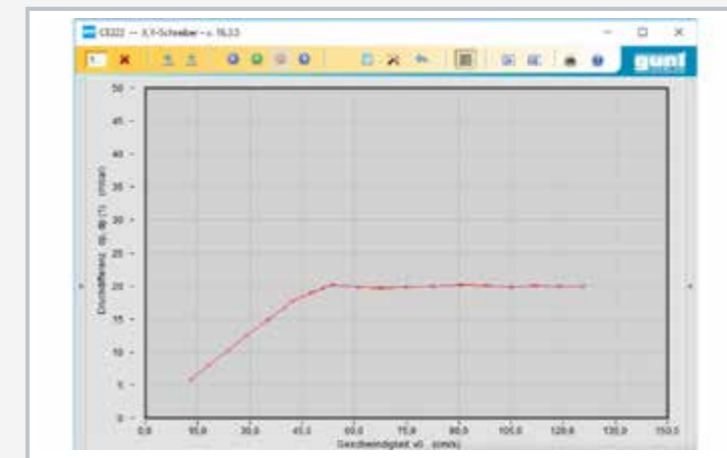
Comparación de lechos fluidizados



1 columna K1 con Ø 100mm, 2 columna K2 con Ø 50mm, 3 puntos de medición de la presión diferencial de K1, 4 alimentación de gas de K1, 5 alimentación de gas del banco de ensayos, 6 medición del caudal para 2 rangos de medición



1 medición del caudal, 2 conmutación de columnas, 3 medición de la presión diferencial, 4 columna K2 con Ø 50mm, 5 columna K1 con Ø 100mm



Captura de pantalla del software: resultados de medición en el registrador X,Y

Especificación

- [1] estudio de la formación de lechos fluidizados de materia sólida en gas
- [2] 2 columnas transparentes extraíbles con diferentes diámetros
- [3] válvulas electromagnéticas para seleccionar la columna que se va a estudiar
- [4] cada columna con placa sinterizada, escalamiento, filtro de aire
- [5] cada columna con 4 puntos de medición de la presión diferencial en el lecho fijo y lecho fluidizado para determinar las pérdidas de carga
- [6] regulación del caudal volumétrico con 2 rangos de medición
- [7] bolas de vidrio para ensayo de impacto en diferentes tamaños como relleno
- [8] software GUNT con funciones de control y adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

- 2 columnas
- longitud: 500mm
 - Ø 1x 50mm, 1x 100mm
 - material: vidrio
 - escalamiento, graduación: 1mm

Rangos de medición

- caudal: 1x 1,8...18L/min, 1x 15...150L/min
- presión diferencial: 4x 0...50mbar
- presión: 0...2,5bar
- temperatura: 0...60°C

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1400x800x1700mm

Peso: aprox. 132kg

Necesario para el funcionamiento

aire comprimido (1,8...150L/min, 5bar)
PC con Windows

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 envase con bolas de vidrio para ensayo de impacto (180...300µm; 2kg)
- 1 envase con bolas de vidrio para ensayo de impacto (420...590µm; 2kg)
- 1 juego de accesorios
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 material didáctico

CE 250

Transporte neumático



Contenido didáctico/ensayos

- conocer el principio básico y el funcionamiento de una instalación para el transporte neumático
- observación de diferentes modos de transporte en función del contenido en sólidos y de la velocidad del aire
- determinación de la velocidad de arrastre del sólido
- determinación del contenido de sólidos en el flujo de transporte
- pérdida de presión en función del contenido en sólidos y de la velocidad del aire

Descripción

- transporte neumático a presión de sólidos, en sentido ascendente en una sección de tubo vertical
- tuberías y depósitos transparentes para observar los distintos modos de transporte
- ensayos prácticos a escala de laboratorio

Con las instalaciones de transporte neumático, se pueden transportar por tuberías sólidos dispersos a grandes distancias.

El material sólido se transporta desde un depósito de alimentación por una canaleta vibratoria hasta un flujo de aire. Una tobera de inyección intercambiable dispersa el sólido en el flujo de aire. El flujo de aire transporta el sólido en sentido ascendente por la tubería. El transporte termina en un depósito colector.

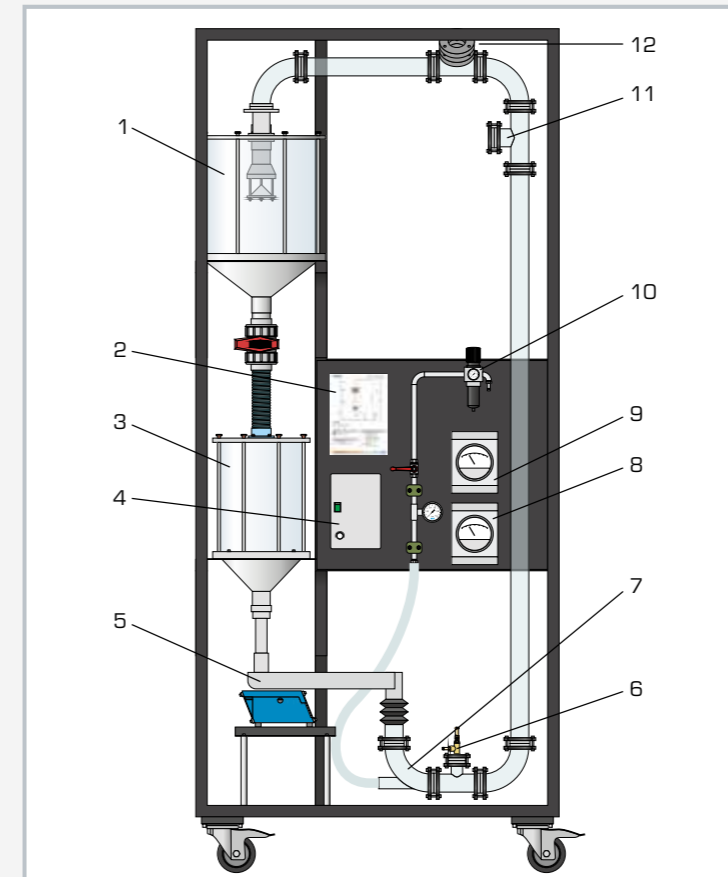
Dependiendo de la velocidad y del contenido en sólidos del flujo de aire, se pueden presentar diferentes modos de transporte: a velocidades elevadas, el sólido se mueve distribuido uniformemente en toda la sección de la tubería de transporte (transporte volante). Al disminuir la velocidad se forman junto a las paredes del tubo, madejas y conglomerados que resbalan por efecto de su mayor velocidad de sedimentación. Las madejas y los conglomerados se deshacen continuamente en el aire y se vuelven a formar. Una velocidad menor que la velocidad de sedimentación de las partículas individuales lleva finalmente al transporte en tapón. Los diferentes modos de transporte se pueden observar a través de la pared transparente de la tubería.

Para determinar la pérdida de presión y la velocidad del flujo se dispone de puntos de medición en todas las posiciones relevantes. La velocidad del flujo de aire se fija con un regulador de presión. El caudal másico de sólidos se puede fijar con un potenciómetro para un intervalo amplio de oscilaciones de la canaleta vibratoria. El aire comprimido hay que suministrarse mediante la red del laboratorio.

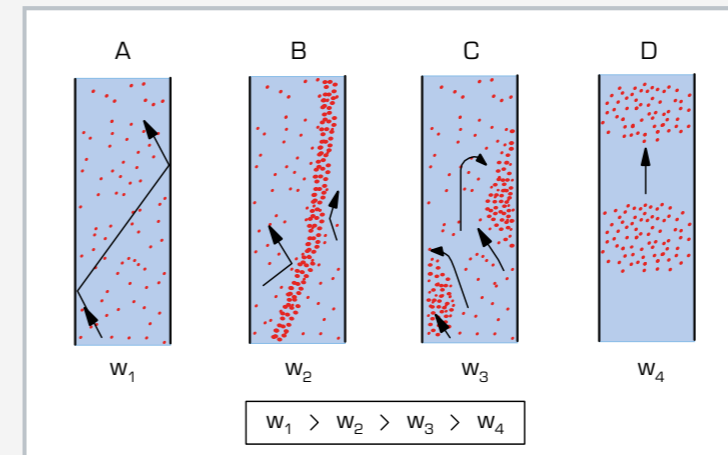
Como material sólido se recomienda la utilización de guisantes o plástico granulado.

CE 250

Transporte neumático



1 depósito colector, 2 esquema del proceso, 3 depósito de alimentación, 4 cuadro de mandos de la canaleta vibratoria, 5 canaleta vibratoria, 6 punto de medición de presión, 7 tobera de inyección, 8 indicador de la presión diferencial, 9 indicador de velocidad, 10 regulador de precisión de presión, 11 toma de medición de velocidad (tubo de Pitot), 12 punto de medición de presión



Modos de transporte vertical: A transporte volante, B transporte en madeja, C transporte en conglomerados, D transporte en tapón; w velocidad del aire

Especificación

- [1] transporte neumático a presión de sólidos, en sentido ascendente, en una sección de tubo vertical
- [2] alimentación del sólido al flujo de aire a través de una canaleta vibratoria con regulación de la amplitud de las oscilaciones
- [3] 4 toberas de inyección desmontables para la dispersión del material alimentado el flujo de aire
- [4] sección de tubo vertical, de vidrio
- [5] depósito colector y depósito de alimentación transparentes (PMMA)
- [6] depósito colector y depósito de alimentación conectados por tubería con grifo
- [7] regulador de precisión de presión para el ajuste de la presión de entrada y del flujo caudal volumétrico
- [8] puntos para medición de pérdidas de presión y caudal volumétrico

Datos técnicos

Sección de tubo vertical
■ altura: 2m
■ diámetro: 50mm

Depósitos
■ alimentación: 20L
■ colector: 40L

Rangos de medición
■ velocidad: 0...36m/s
■ presión diferencial: 0...10kPa
■ presión: 0...1bar

230V, 50Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1280x800x2880mm
Peso: aprox. 190kg

Necesario para el funcionamiento

aire comprimido: min. 1500mbar, 60m³/h

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 4 toberas
- 1 envase con plástico granulado (PP; 30kg)
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

Introducción

Vista previa Los conceptos didácticos de GUNT para la ingeniería de procesos térmicos	086
--	-----

Secado y evaporación

Conocimientos básicos Secado	088
Conocimientos básicos Evaporación	089
CE 130 Secado por convección	090
CE 715 Evaporación en película ascendente	092

Estudio experimental de las operaciones básicas de la ingeniería de procesos térmicos

Le ofrecemos el programa completo para el estudio experimental de las operaciones básicas de la ingeniería de procesos térmicos.

Nuestros bancos de ensayos permiten comprender más fácilmente los complejos fundamentos teóricos de los procesos de separación térmicos. Las fuerzas impulsoras y los efectos de los procesos de transporte de calor y materia necesarios para conseguir la separación se pueden observar y experimentar. De este modo se prepara al estudiante para el manejo Responsable y consciente de instalaciones reales. En muchos casos, el proceso de aprendizaje eficaz se facilita con un software de adquisición de datos.

Destilación/rectificación

Conocimientos básicos Destilación	094
Conocimientos básicos Rectificación	095
Vista previa CE 600 Rectificación continua	096
CE 600 Rectificación continua	098
CE 602 Rectificación discontinua	100
CE 610 Comparación de columnas de rectificación	102

Absorción y adsorción

Conocimientos básicos Absorción	104
Conocimientos básicos Adsorción	105
Vista previa CE 400 Absorción de gases	106
CE 400 Absorción de gases	108
CE 405 Absorción de película descendente	110
CE 540 Secado del aire por adsorción	112
Vista previa CE 583 Adsorción	114
CE 583 Adsorción	116

Cristalización y procesos de separación mediante membranas

Conocimientos básicos Cristalización	118
Conocimientos básicos Procesos de separación mediante membranas	119
CE 520 Cristalización por enfriamiento	120
CE 530 Ósmosis inversa	122

Extracción

Conocimientos básicos Extracción líquido-líquido	124
Conocimientos básicos Extracción sólido-líquido	125
CE 620 Extracción líquido-líquido	126
CE 630 Extracción sólido-líquido	128

Transferencia de masa

Conocimientos básicos Transferencia de masa	130
CE 110 Difusión en líquidos y gases	132

Los conceptos didácticos de GUNT para la ingeniería de procesos térmicos

¿De qué se ocupa la ingeniería de procesos térmicos?

El objeto de la ingeniería de procesos térmicos es el estudio de los procesos de separación térmicos. En mezclas de sustancias formadas por al menos dos componentes, se modifica de forma selectiva la composición de la mezcla (concentración) por medio de procesos de transporte de calor y materia. Las fuerzas impulsoras (diferencias de temperatura y de concentración) de estos procesos de transporte se originan por la adición de una

fase opuesta que contiene a uno o varios de los componentes de la mezcla. Tanto las mezclas de sustancias a separar como la fase opuesta selectiva pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas. Los procesos reciben el nombre de procesos de equilibrio entre fases y se clasifican en función de las fases que estén en contacto.

¿Cómo se pueden clasificar las operaciones básicas de la ingeniería de procesos térmicos?

Procesos de separación basados en el equilibrio entre fases

líquido/gas	evaporación	destilación/rectificación	absorción
líquido/líquido	extracción	mediante membranas/ósmosis inversa	
sólido/líquido		cristalización	adsorción
sólido/gas	secado		

La modelización de los procesos de separación térmicos se basa en las leyes de la conservación de la masa, la energía y cantidad de movimiento (impulso lineal), de validez absoluta, en los equilibrios de fases, y en los modelos cinéticos de transporte de calor y de materia. Los parámetros de los modelos cinéticos tienen que determinarse y las velocidades de transporte de calor y materia tienen que optimizarse. Para comprender por completo los principios básicos de ingeniería de procesos, como por ejemplo el flujo en paralelo y en contracorriente, procesos multietapa, estructura de superficies activas o evolución uniforme de la fuerza impulsora, es imprescindible realizar ensayos prácticos. La creatividad necesaria para la planificación, la estructuración y la implementación de ensayos relacionados con la determinación de parámetros de los modelos, sólo se puede mostrar de manera ilustrativa y comprensible por medio de bancos de ensayos.



Prof. Dr.-Ing. habil.
Kurt Gramlich
(Universidad de Anhalt),
nuestro asesor técnico para
la ingeniería de procesos
térmicos.

El prof. Gramlich nos ha asesorado para la creación de este programa, aportando la experiencia de muchos años en el campo de la ingeniería de procesos térmicos.

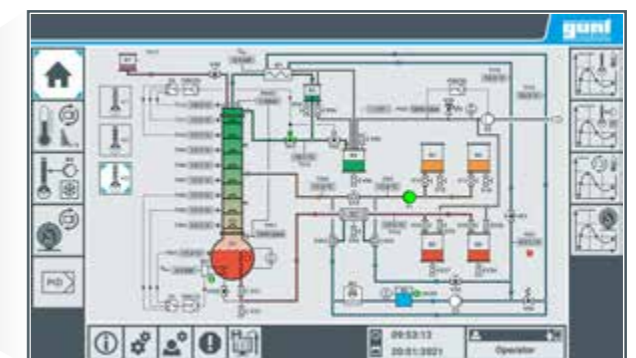
Los textos de esta página han sido redactados por el prof. Gramlich.

Nuestros sistemas didácticos para la ingeniería de procesos térmicos

Secado	CE 130 Secado por convección
Evaporación	CE 715 Evaporación en película ascendente
Destilación y rectificación	CE 600 Rectificación continua CE 602 Rectificación discontinua CE 610 Comparación de columnas de rectificación
Absorción	CE 400 Absorción de gases CE 405 Absorción de película descendente
Adsorción	CE 540 Secado del aire por adsorción CE 583 Adsorción
Extracción	CE 620 Extracción líquido-líquido CE 630 Extracción sólido-líquido
Cristalización	CE 520 Cristalización por enfriamiento
Procesos de separación mediante membranas	CE 530 Ósmosis inversa
Transferencia de masa	CE 110 Difusión en líquidos y gases



CE 600
Rectificación
continua



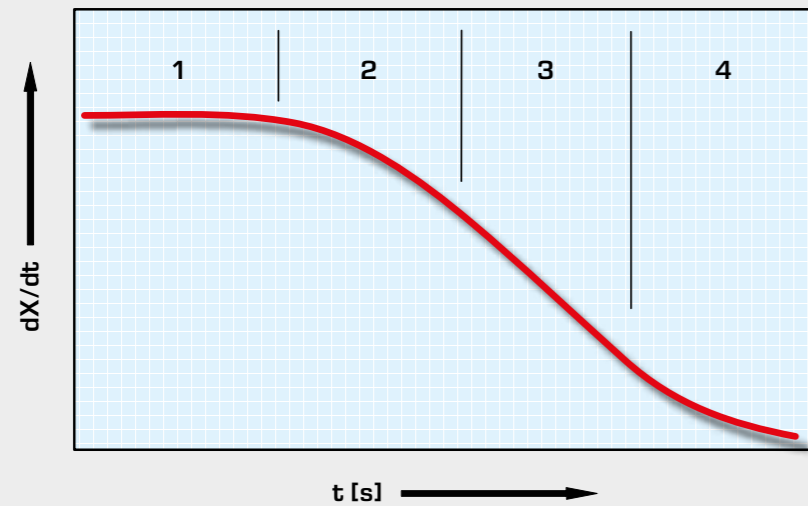
Interfaz de usuario de la pantalla táctil

Conocimientos básicos Secado

En general se entiende por secado la separación de humedad de sólidos, líquidos o gases. Para el secado de gases y de líquidos se aplica generalmente la adsorción. Un campo de aplicación típico del secado de sólidos es el de la tecnología de alimentos.

En el caso del secado térmico de sólidos se extrae la humedad del material por vaporización. La evolución del secado depende de la forma en que esté presente la humedad en el material. Al principio se evapora el líquido adherido a la superficie del mate-

rial a secar. Una vez eliminado este líquido, comienza el secado de la humedad contenida en los capilares y los poros. La velocidad de secado va disminuyendo debido a que es necesario superar las fuerzas capilares o la resistencia a la difusión. El agua de cristalización ligada a la estructura cristalina sólo se puede eliminar por calentamiento intenso y a velocidades de secado bajas.



Curva de secado de un sólido con zonas de secado (1-4):

dX/dt velocidad de secado, X contenido de humedad [kg (agua)/kg (sólido seco)], t tiempo de secado, 1 humedad superficial, 2 humedad en capilares, 3 humedad en poros, 4 humedad en la estructura cristalina

Debido a la gran diversidad de materiales húmedos de importancia técnica, cuyos comportamientos de secado pueden ser radicalmente diferentes, en la técnica de secado se aplican muchos de los principios de la ingeniería de procesos.

Se pueden distinguir las siguientes operaciones básicas:

■ Secado por convección

Un flujo de gas transmite por convección el calor necesario para secar el material. Además de aportar calor, el gas sirve también para arrastrar y eliminar la humedad perdida por el material.

■ Secado por contacto directo

El material a secar se deposita o se hace pasar sobre superficies muy calientes. El calor se transmite al material preferentemente por conducción.

■ Secado por radiación

El material a secar absorbe radiación electromagnética emitida por fuentes de radiación (p. ej. radiadores de infrarrojos). El calentamiento y la evaporación se producen en este caso no sólo en la superficie del material, sino también en su interior.

■ Liofilización

La humedad del material húmedo congelado se transfiere, bajo vacío y por debajo del punto triple, directamente del estado sólido al de vapor.

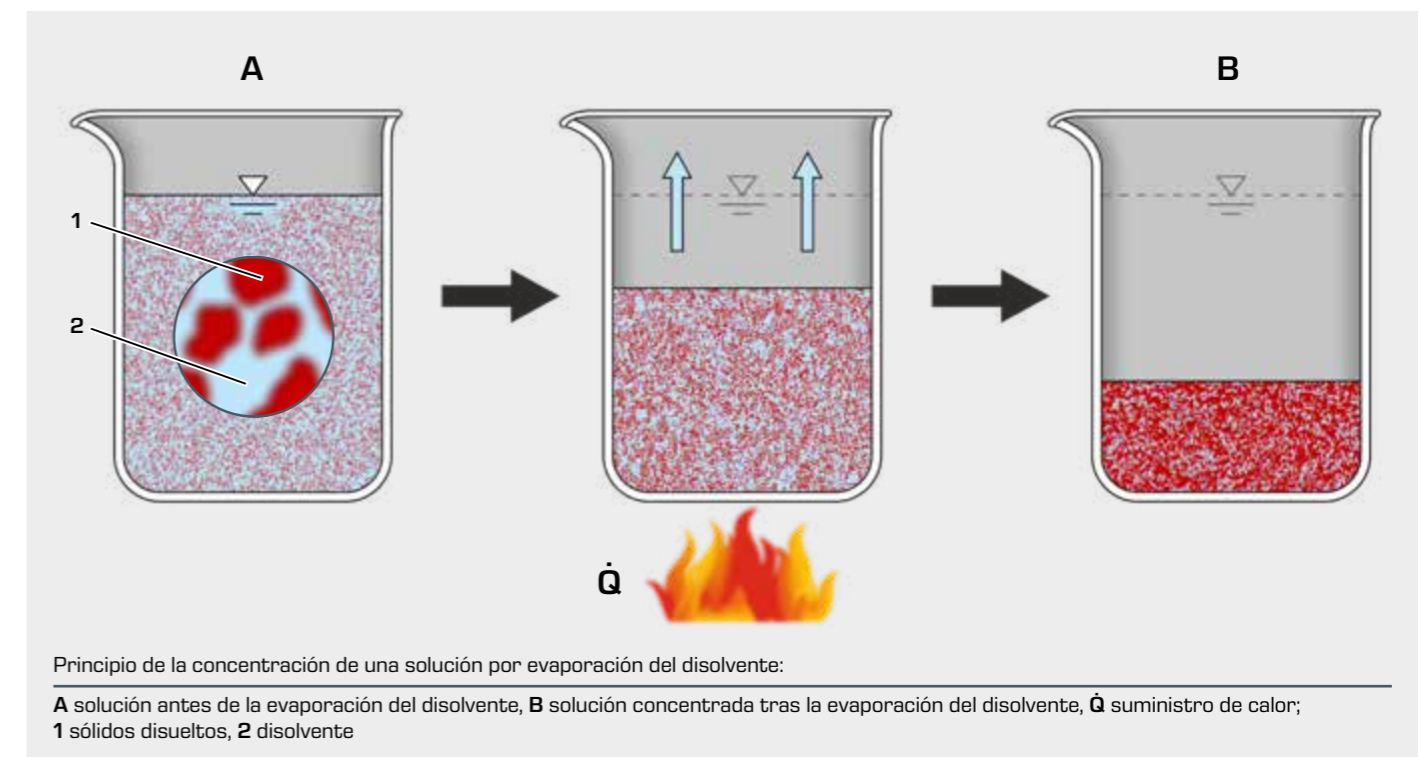
■ Secado por alta frecuencia

El material a secar se dispone entre los electrodos de un condensador de placas y se expone a campos eléctricos de alta frecuencia. Una parte de la energía suministrada es absorbida por el material. Como consecuencia, se calienta el material y la humedad se elimina.

Conocimientos básicos Evaporación

En el ámbito de la ingeniería de procesos térmicos, se entiende por evaporación la separación parcial del disolvente de una solución. Un ejemplo de solución es el agua salina, en la que la sal está disuelta en el disolvente. Por aportación de calor se evapora exclusivamente el disolvente puro (en este ejemplo, agua), que

se desprende de la solución y se separa. La solución remanente tiene así una mayor concentración de los sólidos disueltos (sal) que antes de la aportación del calor.



El objetivo de la evaporación puede ser: la recuperación del disolvente, la formación de una solución concentrada o la obtención de los sólidos disueltos por cristalización.

Aplicaciones industriales de la evaporación:

- Concentración de soluciones salinas, álcalis, ácidos, soluciones de plásticos, zumos de fruta y hortalizas, leche, etc.
- Obtención de productos como p. ej. azúcar a partir del jugo clarificado, sal a partir de salmuera, agua potable a partir de agua del mar.

Según sea el objetivo del proceso de separación, se usan diferentes modelos de evaporadores. Básicamente se trata de cambiadores de calor en los que generalmente se utiliza vapor de agua como medio de calefacción. La solución puede atravesar los

tubos de un cambiador de calor de uno (straight-through evaporator) o de múltiples pasos (circulation evaporator). Para soluciones que contengan sustancias sensibles a la temperatura se emplean evaporadores de película. De esta forma se limita el tiempo de permanencia de la solución en la zona de temperaturas elevadas.

CE 130

Secado por convección



Descripción

- **secadero por convección para ensayos de secado de sólidos granulares**
- **registro de curvas de secado**

Los secaderos por convección se utilizan con frecuencia para secar sólidos en la tecnología de alimentos. Con el CE 130 puede llegar a ser analizado y representado gráficamente el secado por convección de sólidos granulares.

Para secar los sólidos se dispone de cuatro bandejas metálicas extraíbles de material inoxidable que se pueden colocar en un canal de secado. Las bandejas con los sólidos a secar están expuestas en el canal a un flujo de aire. El flujo de aire sirve por una parte para calentar los sólidos y por otra para evacuar el contenido de humedad eliminado. La velocidad de flujo se puede regular fijando el número de revoluciones de un soplante. El aire se puede calentar con un dispositivo de calefacción ajustable. La puerta transparente del canal de secado permite observar la marcha del proceso de secado.

Con una balanza digital se puede registrar la variación de la masa de los sólidos debido a la vaporización del contenido de humedad. La temperatura y la humedad relativa del aire se captan con un sensor combinado de temperatura y humedad antes y después del paso del aire por los sólidos, y se visualizan de forma digital. Un sensor adicional mide la velocidad de flujo.

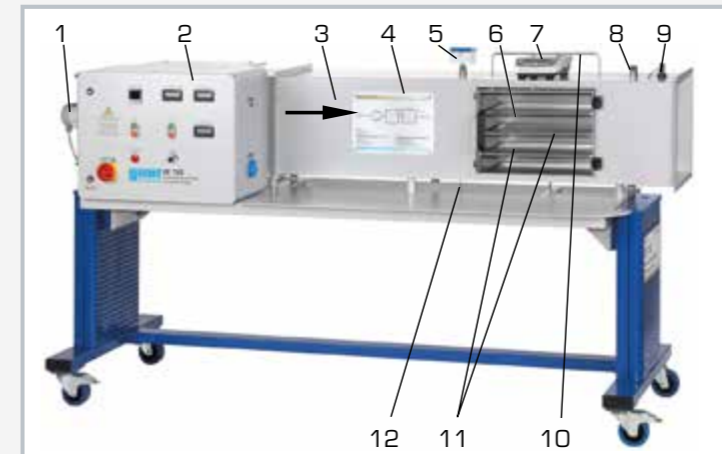
Los valores medidos más relevantes (variación de la masa, humedad, temperatura, velocidad de flujo) se pueden transmitir también directamente a un PC, donde se procesan.

Contenido didáctico/ensayos

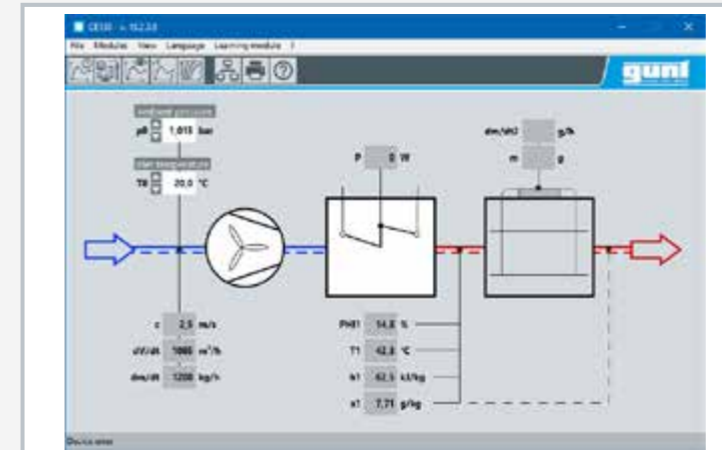
- influencia de la temperatura y la humedad del aire en la intensidad del secado
- registro de curvas de secado en diversas condiciones externas constantes
- determinación de la velocidad de secado con diferentes parámetros del aire y diferentes propiedades de los sólidos
- evaluación de los procesos de secado a través de balances de energía y masa

CE 130

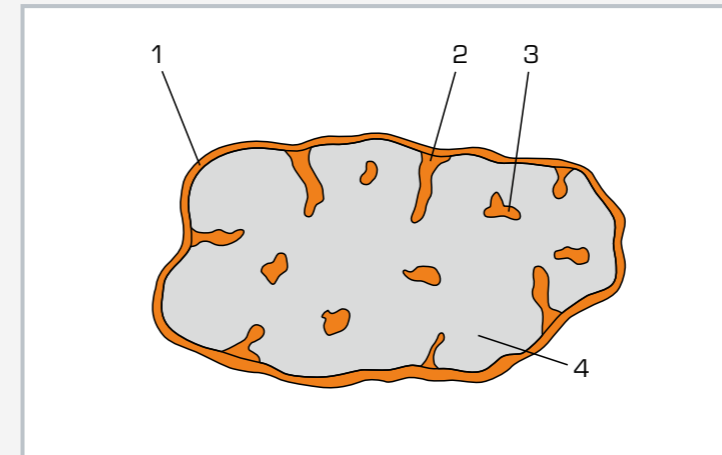
Secado por convección



1 soplante, 2 armario de distribución con indicadores digitales, 3 canal de secado, 4 esquema de proceso, 5 punto de medición con sensor combinado de humedad y temperatura, 6 puerta transparente, 7 balanza digital, 8 punto de medición de humedad y temperatura, 9 sensor de velocidad de flujo, 10 soporte para bandejas de secado, 11 bandejas de secado, 12 sensor de temperatura de la regulación



Captura de pantalla del software



Sustancia a secar húmeda: 1 humedad superficial, 2 humedad capilar, 3 humedad en los poros, 4 agua de constitución

Especificación

- [1] secadero para estudiar el secado por convección de sólidos
- [2] secado en 4 bandejas metálicas de material inoxidable en un canal de secado por el que pasa aire
- [3] ajuste de la velocidad de flujo a través del número de revoluciones de un soplante
- [4] calentamiento del aire con dispositivo de calefacción regulable
- [5] balanza digital para determinar la variación del peso en el proceso de secado
- [6] 1 sensor combinado para medir la humedad y la temperatura antes y después de los sólidos
- [7] 1 sensor de velocidad de flujo
- [8] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

Canal de secado

- longitud: 2340mm (con soplante)
- medidas interiores: 350x350mm

Soplante

- potencia: 33W
- caudal máx.: 700m³/h
- número de revoluciones máx.: 950min⁻¹

Dispositivo de calefacción

- potencia: 0...6750W
- con limitador de temperatura ajustable

Balanza

- rango de medición: 0...10000g
- resolución: 0,1g

Rangos de medición

- humedad del aire: 0...100% r.F.
- temperatura: 0...125°C
- velocidad de flujo: 0...2,5m/s

400V, 50Hz, 3 fases
400V, 60Hz, 3 fases
230V, 60Hz, 3 fases
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 2350x800x1200mm
Peso: aprox. 175kg

Necesario para el funcionamiento

PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 balanza
- 4 bandejas de secado
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 material didáctico

CE 715

Evaporación en película ascendente



La ilustración muestra un aparato similar

Contenido didáctico/ensayos

- principio básico de la evaporación en película para la concentración de soluciones sensibles a la temperatura
- estudio de las variables que influyen en la concentración de sólidos de la solución concentrada
- influencia de la presión y el caudal del alimento en el proceso de separación
- influencia del caudal y de la presión del vapor de calefacción en el proceso de separación
- estudio de las variables que influyen en la eficiencia energética del proceso
- balances de energía en los cambiadores de calor
- limpieza de la instalación estando montada

Descripción

- **evaporador en película ascendente para concentrar soluciones sensibles a la temperatura**
- **uso higiénico gracias a los materiales seleccionados, como acero inoxidable y vidrio**
- **se puede limpiar la instalación estando montada**
- **proceso en contracorriente**

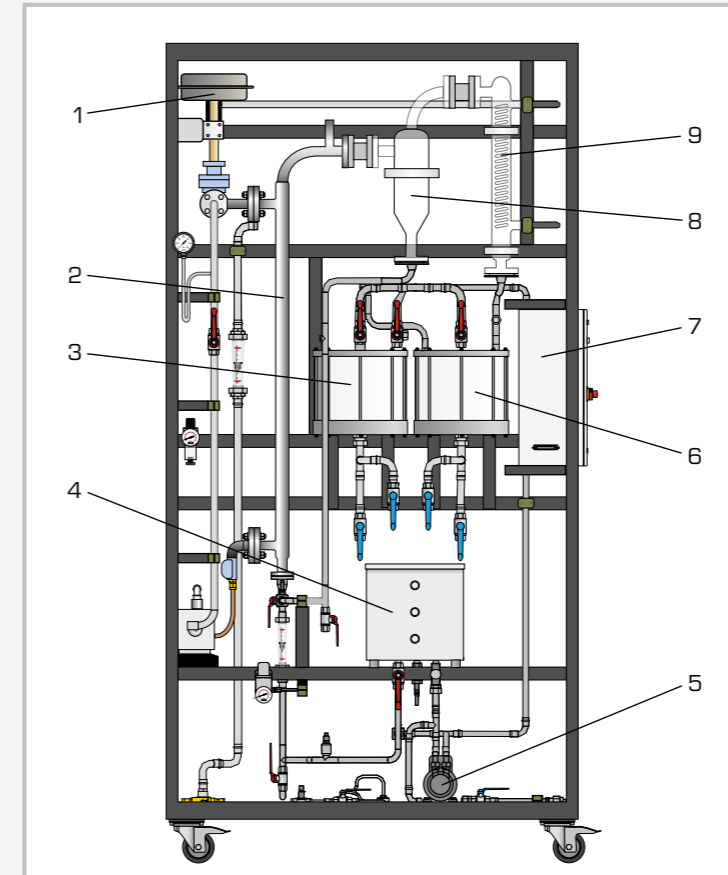
Los evaporadores se emplean para concentrar soluciones en la ingeniería de procesos y la tecnología de alimentos. Una parte del disolvente se separa por evaporación, quedando la solución remanente con una concentración más elevada de sólidos disueltos. Los evaporadores de película se emplean sobre todo cuando se tratan soluciones sensibles a la temperatura, como por ejemplo la leche.

Con el banco de ensayos CE 715 se puede estudiar el comportamiento operativo de un evaporador en película ascendente. La solución sin tratar se transporta desde el depósito de alimento al evaporador, en el que se introduce por su parte inferior. El evaporador es un cambiador de calor de tubos concéntricos calentado con vapor. La presión del vapor de calefacción del lado de la sección anular (lado carcasa) se ajusta con un regulador PID. A la salida del evaporador está conectado un ciclón que separa el disolvente evaporado de la solución concentrada. El disolvente evaporado separado se condensa en un condensador refrigerado con agua y se recoge en un depósito. La solución concentrada se puede recoger también en un depósito, o bien se devuelve al evaporador para concentrarla aún más.

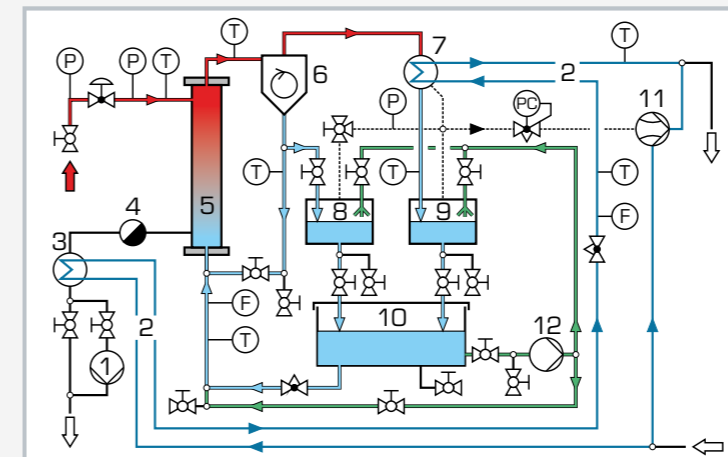
Los dos depósitos, el ciclón y el condensador son de vidrio, lo que permite una buena observación del proceso. El sistema puede funcionar también a vacío, lo que permite reducir la temperatura de ebullición del disolvente. Para el balance y el control del proceso se registran las presiones, las temperaturas y los caudales relevantes. Para limpiar la instalación en modo de funcionamiento se han previsto una bomba y unas boquillas de limpieza en los depósitos de condensado y de concentrado. Se recomienda el uso del equipo con una solución de sal común y agua.

CE 715

Evaporación en película ascendente



1 válvula de control del vapor de calefacción, 2 evaporador en película ascendente, 3 depósito de concentrado, 4 depósito de alimento, 5 bomba para limpieza, 6 depósito de condensado, 7 armario de distribución, 8 ciclón, 9 condensador



1 bomba del vapor de calefacción condensado, 2 agua de refrigeración, 3 refrigerador condensado, 4 purgador del agua del vapor, 5 evaporador en película ascendente, 6 ciclón, 7 condensador, 8 depósito de concentrado, 9 depósito de condensado, 10 depósito de alimento, 11 trompa de agua, 12 bomba para la limpieza; F caudal, P presión, T temperatura

Especificación

- [1] evaporador en película ascendente para concentrar soluciones sensibles a la temperatura
- [2] evaporador de tubos concéntricos de acero inoxidable, calentado por vapor de calefacción
- [3] válvula de control para ajustar la presión del vapor de calefacción mediante un regulador PID
- [4] trompa de agua y regulador de vacío para reducir la temperatura de evaporación
- [5] separación de la solución concentrada y el disolvente evaporado mediante un ciclón de vidrio
- [6] condensador de vidrio para condensar el disolvente evaporado separado
- [7] depósito de alimento, de acero inoxidable
- [8] depósito de concentrado y depósito de condensado de vidrio
- [9] registro de caudal, presión y temperatura
- [10] vapor procedente de la red de suministro del laboratorio o de la unidad CE 715.01

Datos técnicos

- Evaporador en película ascendente
- superficie de transmisión térmica: $0,08\text{m}^2$
 - longitud: aprox. 1,2m
- Válvula de control: valor K_{vs} : $0,4\text{m}^3/\text{h}$
- Trompa de agua
- vacío final: aprox. 100mbar
 - caudal: aprox. 90L/min
- Regulador de vacío: -100...0kPa
- Condensador del disolvente evaporado
- superficie de transmisión térmica: $0,2\text{m}^2$
- Depósitos
- alimento: aprox. 30L
 - concentrado, condensado: aprox. 10L cada uno

Rangos de medición

- temperatura: 7x $0...170^\circ\text{C}$
- presión: -1...1bar; $0...6\text{bar}$ (abs); $0...10\text{bar}$
- caudal: 2...36L/h; $0...1000\text{L}/\text{h}$

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1420x750x2640mm
Peso: aprox. 300kg

Necesario para el funcionamiento

agua de refrigeración / agua residual: min. 500L/h
aire comprimido (válvula de control): 3...4bar, max. 300L/h
vapor: min. 3bar, min. 5kg/h o CE 715.01

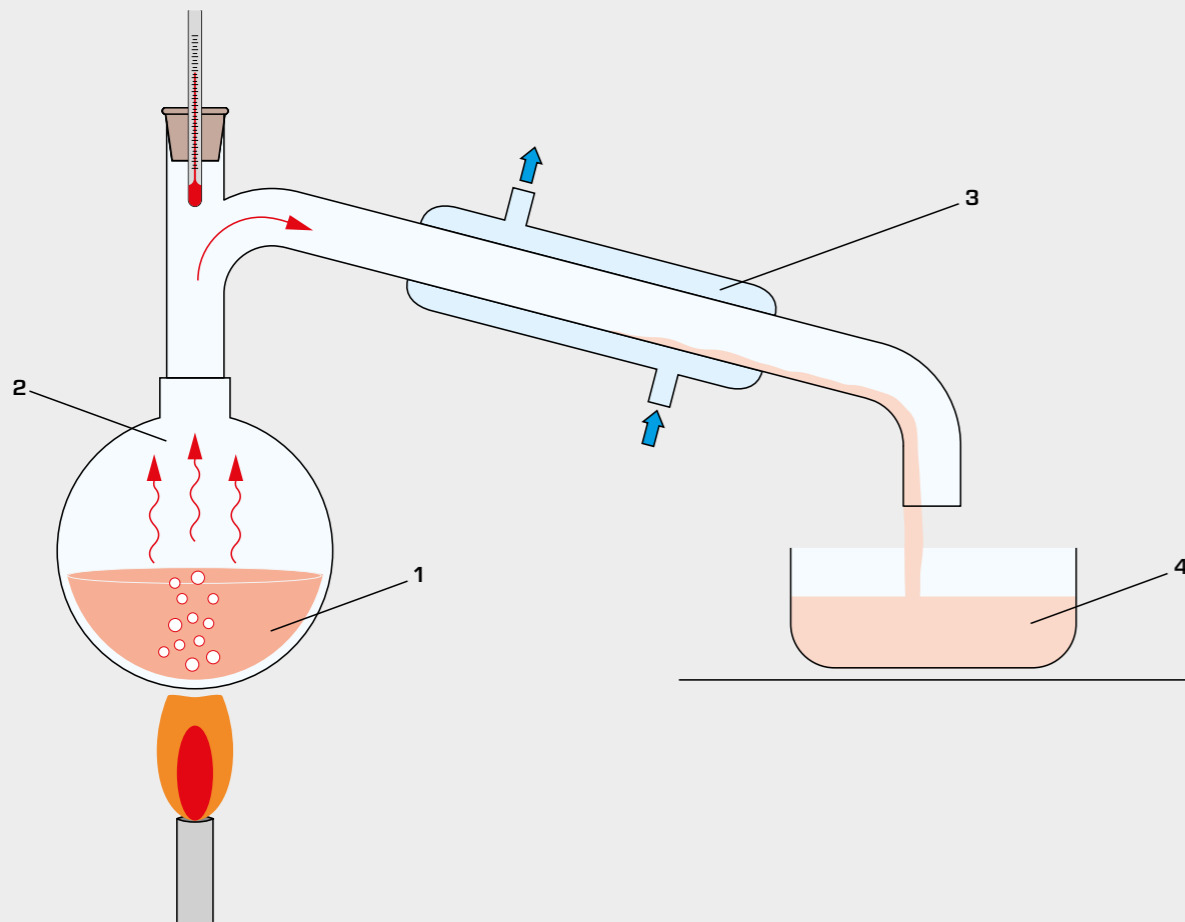
Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de mangueras
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos Destilación

La destilación es una operación básica con la que se pueden separar mezclas líquidas homogéneas. El proceso aprovecha las diferentes volatilidades de los componentes de la mezcla a separar. Se conoce como volatilidad la tendencia de una sustancia a

pasar de la fase líquida a la gaseosa. Ejemplos de líquidos muy volátiles son la acetona, el alcohol y la gasolina.



Principio de la destilación:

1 mezcla líquida en ebullición, 2 fase de vapor subido, 3 condensador, 4 destilado

Para la separación se pone en ebullición la mezcla líquida. La fase de vapor que se forma consta de varios componentes. Esta fase vapor es muy rica en los componentes más volátiles de la mezcla. La fase vapor obtenida se separa de la fase líquida y se condensa (destilado). En la fase líquida permanecen preferentemente los componentes menos volátiles.

La destilación no produce una separación completa de la mezcla líquida, sino la separación en dos mezclas con diferentes contenidos de componentes más volátiles y menos volátiles.

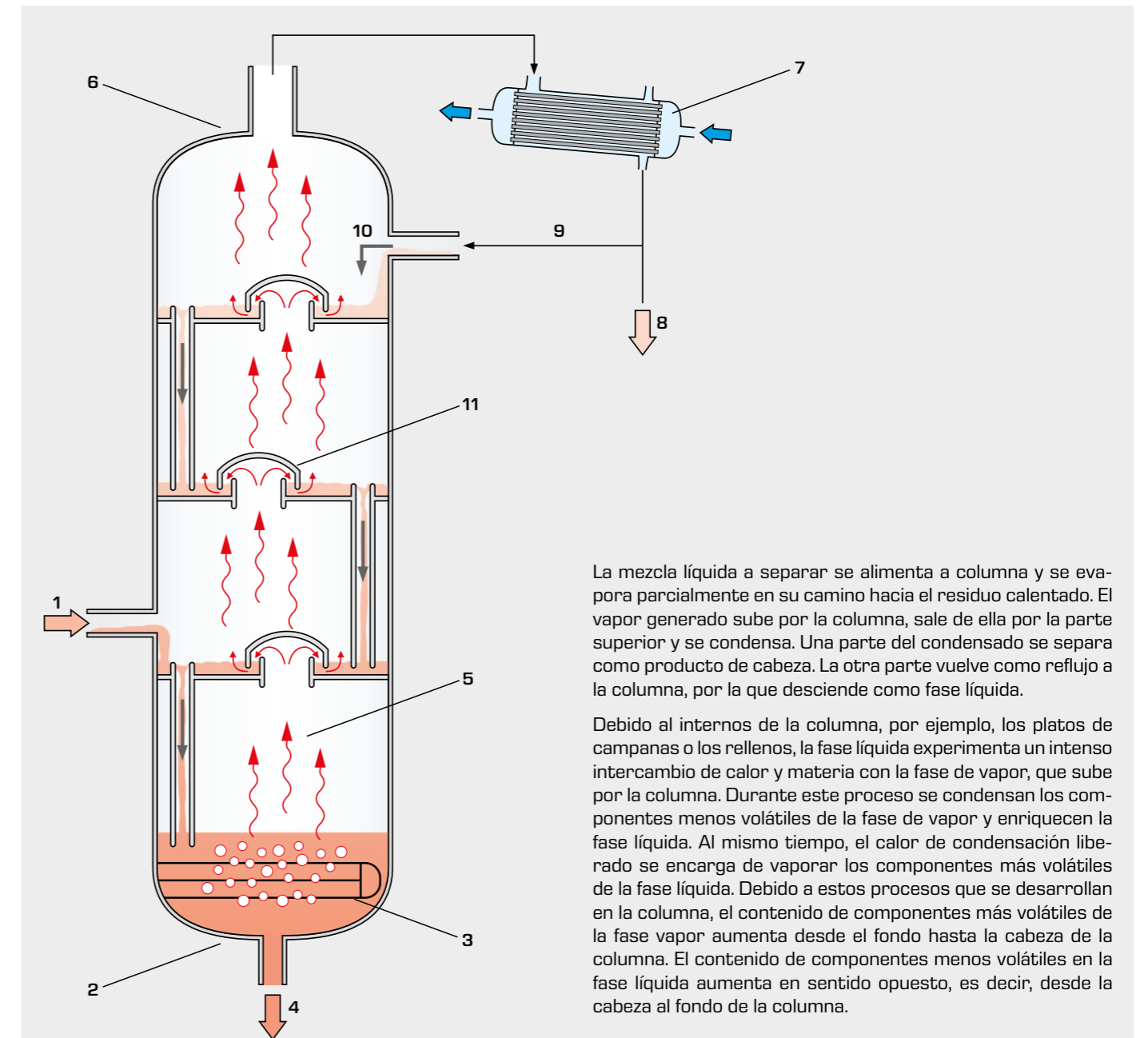
El principio de la separación se basa en el hecho de que el contenido de componentes más volátiles en la fase de vapor es mayor que en la fase líquida.

Conocimientos básicos Rectificación

La rectificación es una de las formas de la destilación. Se utiliza para sustancias que se requieren de gran pureza y/o en grandes cantidades, por ejemplo, para el fraccionamiento del petróleo.

Si se vuelve a destilar el condensado obtenido de una destilación, se obtiene un nuevo destilado con un contenido aún mayor de componentes más volátiles. Repitiendo varias veces este proceso se puede aumentar con cada paso este contenido en el destilado.

En la práctica, esta destilación multietapa se realiza en una columna de destilación en contracorriente (rectificación).



Representación simplificada de una columna de rectificación:

1 alimentación, 2 fondo de la columna (calderín), 3 dispositivo de calefacción del fondo, 4 residuo, 5 fase de vapor subido, 6 cabeza de la columna, 7 condensador, 8 producto de cabeza (destilado), 9 reflujo, 10 fase líquida flujo hacia al fondo, 11 plato de columna (en la figura: plato de campanas)

La mezcla líquida a separar se alimenta a columna y se evapora parcialmente en su camino hacia el residuo calentado. El vapor generado sube por la columna, sale de ella por la parte superior y se condensa. Una parte del condensado se separa como producto de cabeza. La otra parte vuelve como reflujo a la columna, por la que desciende como fase líquida.

Debido a los internos de la columna, por ejemplo, los platos de campanas o los rellenos, la fase líquida experimenta un intenso intercambio de calor y materia con la fase de vapor, que sube por la columna. Durante este proceso se condensan los componentes menos volátiles de la fase de vapor y enriquecen la fase líquida. Al mismo tiempo, el calor de condensación liberado se encarga de vaporar los componentes más volátiles de la fase líquida. Debido a estos procesos que se desarrollan en la columna, el contenido de componentes más volátiles de la fase vapor aumenta desde el fondo hasta la cabeza de la columna. El contenido de componentes menos volátiles en la fase líquida aumenta en sentido opuesto, es decir, desde la cabeza al fondo de la columna.

Vista previa

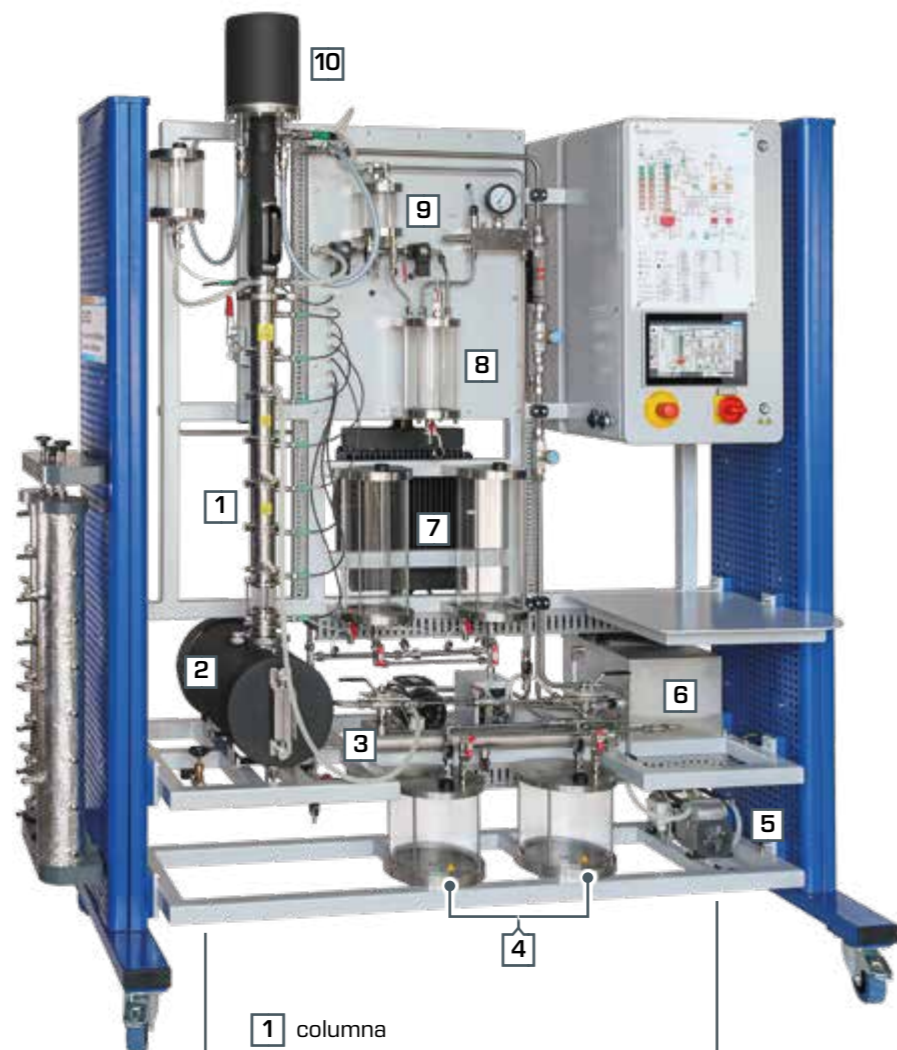
CE 600 Rectificación continua

Las mezclas de líquidos formadas por líquidos solubles entre sí pueden separarse mediante procesos térmicos como la destilación. La rectificación corresponde a una destilación energéticamente optimizada que se realiza varias veces consecutivas.

El equipo CE 600 representa una rectificación continua a escala de laboratorio. Para los experimentos se dispone de tres tipos diferentes de columnas:

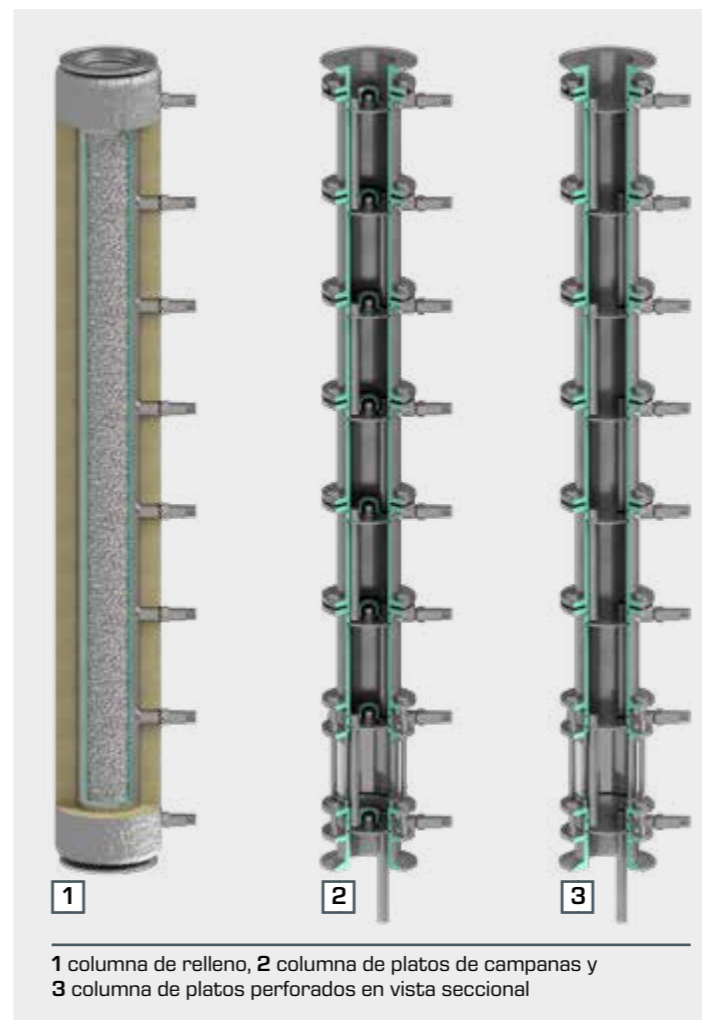
- columna de platos de campanas
- columna de platos perforados
- columna de relleno

La columna de platos de campanas y la columna de platos perforados tienen ocho platos cada una. La mezcla de líquidos que debe separarse puede introducirse en las columnas a tres alturas diferentes. El precalentamiento de la alimentación es posible con la ayuda de un cambiador de calor.



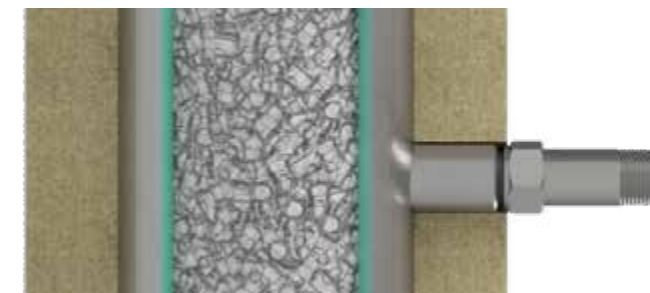
- 1 columna
- 2 fondo de la columna con dispositivo de calefacción
- 3 cambiador de calor
- 4 depósito de residuo
- 5 bomba de diafragma
- 6 depósito de agua para el circuito de refrigeración
- 7 depósito de alimentación
- 8 depósito de producto de cabeza
- 9 depósito de separación de fases
- 10 condensador del producto de cabeza

Al producto:



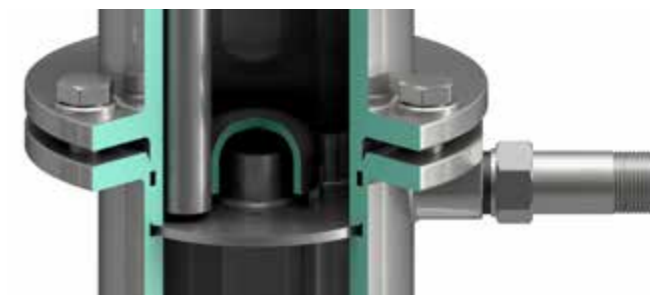
1 columna de relleno, 2 columna de platos de campanas y 3 columna de platos perforados en vista seccional

Columna de relleno



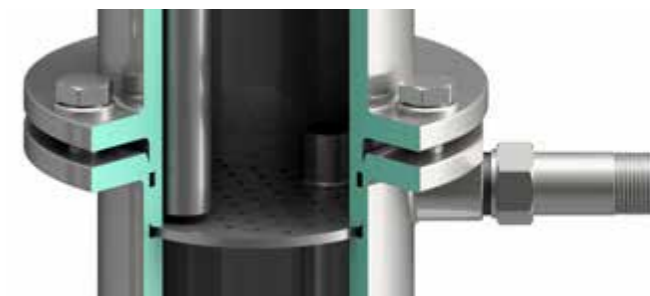
Una columna de relleno consiste en una carga con material de relleno. El material de relleno tiene una superficie muy grande que se utiliza para la separación. La fase líquida fluye hacia abajo a través del material de relleno y la fase gaseosa hacia arriba. En ese proceso se produce una transferencia de masa entre las fases.

Columna de platos de campanas



Cada campana consta de una chimenea a la que fluye la fase gaseosa desde abajo. La campana situada encima desvía la fase gaseosa y permite su salida cerca del fondo. Durante el funcionamiento, la campana se encuentra en la fase líquida, de modo que la fase gaseosa asciende a través de la fase líquida al salir. En ese proceso se produce una transferencia de masa entre las fases.

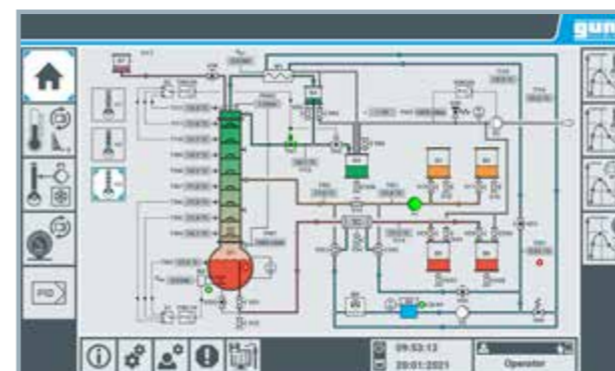
Columna de platos perforados en vista seccional



Cada plato perforado consta de 3 secciones: la alimentación a través de un tubo desde el plato de arriba, las perforaciones en el centro del plato y la salida hacia el plato de abajo. Durante el funcionamiento, la fase gaseosa fluye a través del plato perforado desde abajo y asciende por la fase líquida. En ese proceso se produce una transferencia de masa entre las fases.

Contenidos didácticos

- estudio y comparación de una columna de platos perforados, de una columna de platos de campanas y de una columna de relleno
 - ▶ en funcionamiento continuo
 - ▶ en funcionamiento discontinuo
 - ▶ en funcionamiento a vacío
 - ▶ con diferentes alturas de alimentación
 - ▶ con diferente número de platos (en la columna de platos perforados y de platos de campanas)
- regulación de temperatura orientado a la práctica en la columna
 - ▶ la relación de reflujo como actuador para la cabeza de la columna
 - ▶ potencia calorífica como actuador para el fondo de la columna
- determinación de perfiles de temperatura
- pérdida de presión en la columna
- aumento de la eficacia energética por el precalentamiento del alimento



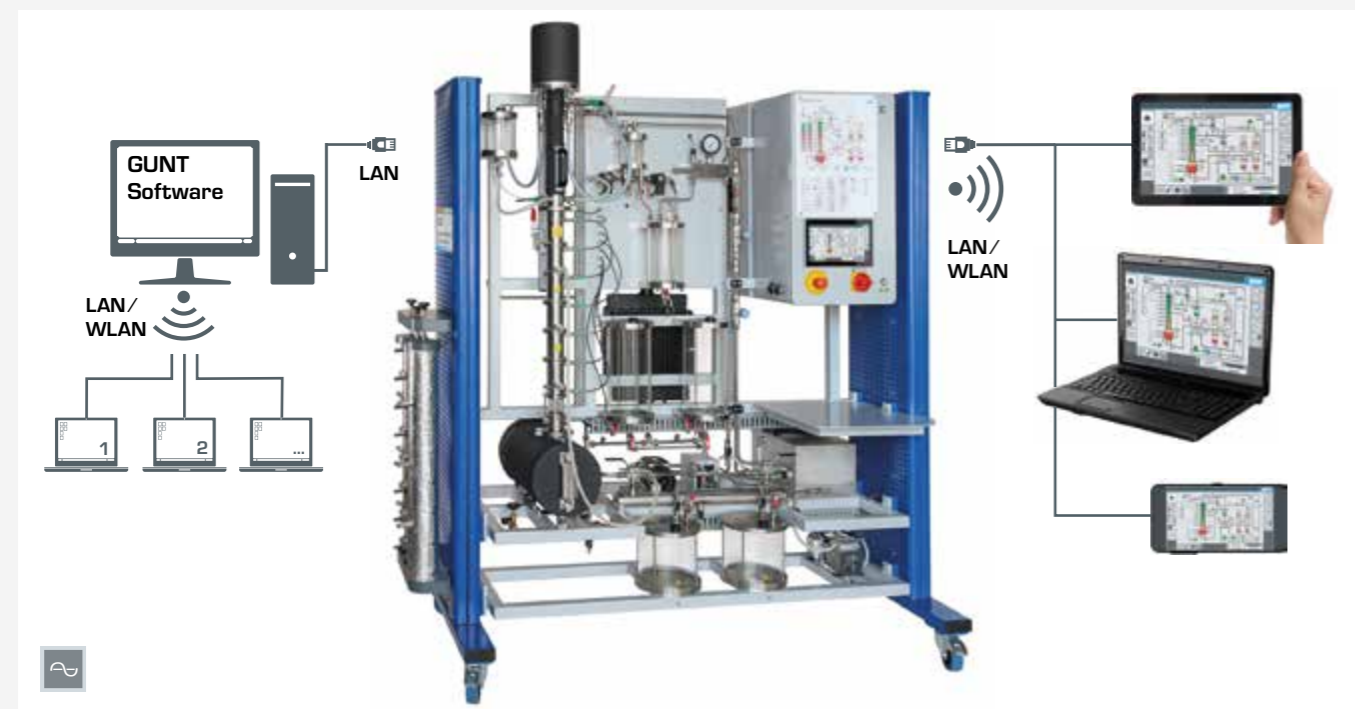
Interfaz de usuario de la pantalla táctil

PLC y software

La planta de ensayo se controla mediante un PLC integrado con pantalla táctil. Los valores de medición se muestran en la pantalla táctil y pueden visualizarse simultáneamente en un PC o dispositivo terminal móvil a través de una red LAN. Con ayuda del software GUNT pueden evaluarse los valores de medición.

CE 600

Rectificación continua



La ilustración muestra el equipo CE 600 con la columna de platos perforados. "screen mirroring" es posible con diferentes dispositivos finales

Descripción

- comparación de la columna de relleno, la columna de platos perforados y la columna de platos de campanas
- es posible el funcionamiento a vacío con bomba de diafragma
- control de instalación mediante un PLC integrado
- un enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring" con dispositivos finales adicionales: PC, tableta, smartphone

La rectificación es un importante método de separación térmica de mezclas líquidas homogéneas en la industria, por ejemplo, para el fraccionamiento del petróleo. La rectificación corresponde a una destilación optimizada energéticamente, lograda en múltiples etapas consecutivas. A la destilación en múltiples etapas en contracorriente se le da el nombre de rectificación.

El CE 600 contiene 3 columnas intercambiables: una columna de platos perforados, una columna de platos de campanas y una columna de relleno. La mezcla líquida a separar puede ser alimentada en columnas a tres alturas diferentes. El precalentamiento de la alimentación es posible mediante un intercambiador de calor. Para el CE 600 se recomienda emplear una mezcla de etanol y agua como mezcla líquida.

La mezcla líquida alimentada en la columna se evapora parcialmente en su camino hacia el residuo en ebullición al fondo de la columna. El vapor generado asciende por la columna. Está enriquecido con el componente de menor punto de ebullición (etanol). Abandona la columna por la parte superior y se condensa en un condensador. Una parte de este condensado se recoge en un depósito y la otra parte se devuelve como reflujo a la columna. Allí experimenta, en su descenso, un intenso intercambio de calor y materia con el vapor ascendente. Este intercambio da como resultado un mayor enriquecimiento de la fase vapor en etanol y de la fase líquida en agua. La fase líquida cae hacia el fondo de la columna (calderín) y se puede recoger en dos depósitos.

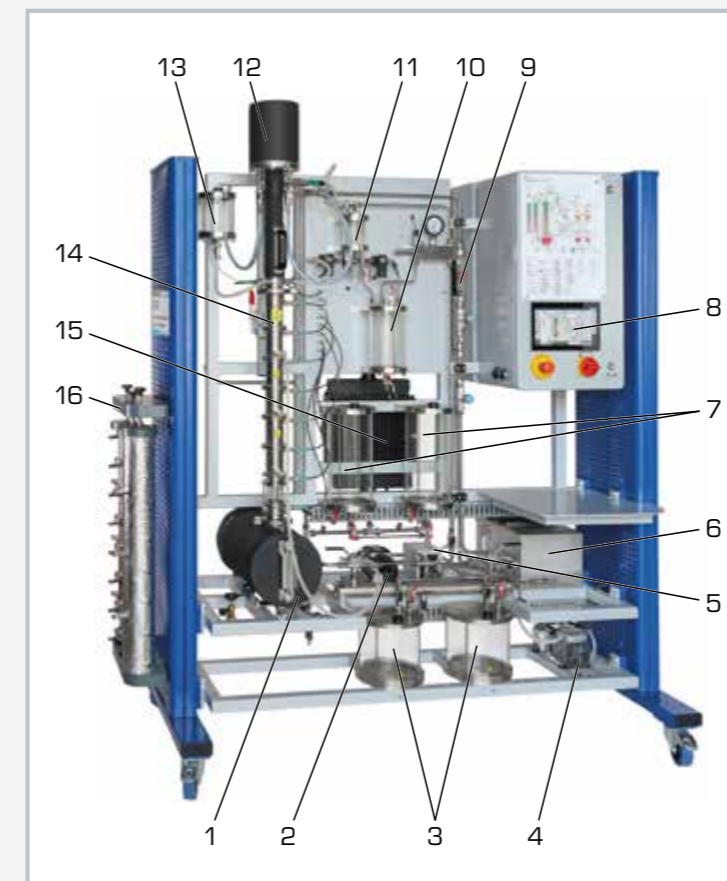
El control del banco de ensayos se realiza mediante un PLC vía la pantalla táctil. Mediante un enrutador integrado, el banco de ensayos puede ser operado y controlado alternativamente a través de un dispositivo final. La interfaz de usuario también puede ser representada con los dispositivos finales adicionales ("screen mirroring"). A través del PLC, los valores de medición se pueden registrar internamente. El acceso a los valores de medición registrados es posible desde los dispositivos finales a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente. Vía conexión LAN directa los valores de medición también se pueden transferir a un ordenador y evaluar allí con ayuda del software GUNT.

Contenido didáctico/ensayos

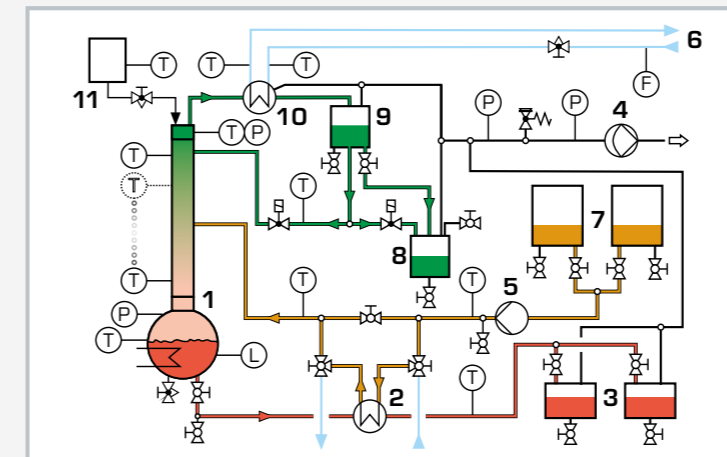
- estudio y comparación de una columna de platos perforados, de una columna de platos de campanas y de una columna de relleno
 - ▶ en funcionamiento continuo
 - ▶ en funcionamiento discontinuo
 - ▶ en funcionamiento a vacío
 - ▶ con diferentes alturas de alimentación
 - ▶ con diferente número de platos (en la columna de platos perforados y de platos de campanas)
- regulación de temperatura orientado a la práctica en la columna
 - ▶ la relación de reflujo como actuador para la cabeza de la columna
 - ▶ potencia calorífica como actuador para el fondo de la columna
- determinación de perfiles de temperatura
- pérdida de presión en la columna
- aumento de la eficacia energética por el precalentamiento del alimento
- "screen mirroring": la interfaz de usuario se refleja con dispositivos finales
 - ▶ navegación en el menú, independiente de la visualización en la pantalla táctil
 - ▶ diferentes niveles de usuario disponibles en el dispositivo final: observación de los ensayos o manejo y control

CE 600

Rectificación continua



1 evaporador con columna, 2 cambiador de calor precalentamiento de alimentación/refrigeración del residuo, 3 depósito de residuo, 4 bomba de diafragma, 5 bomba de alimentación, 6 depósito de reserva de agua de refrigeración, 7 depósito de alimentación, 8 depósito de producto de cabeza, 9 depósito de separación de fases, 10 condensador del producto de cabeza, 11 depósito de disolvente, 12 fijación columnas



1 evaporador con columna, 2 cambiador de calor precalentamiento de alimentación/refrigeración del residuo, 3 depósito de residuo, 4 bomba de diafragma, 5 bomba de alimentación, 6 depósito de reserva de agua de refrigeración, 7 depósito de alimentación, 8 depósito de producto de cabeza, 9 depósito de separación de fases, 10 condensador del producto de cabeza, 11 depósito de disolvente;
F caudal, L nivel, P presión, T temperatura;
naranja: alimentación, rojo: residuo, verde: producto de cabeza, azul: circuito de agua de refrigeración

Especificación

- [1] rectificación continua y discontinua
- [2] control de instalación mediante PLC vía pantalla táctil
- [3] enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring": visualización de la interfaz de usuario con hasta 5 dispositivos finales
- [4] columna de relleno, columna de platos perforados y columna de platos de campanas, intercambiables
- [5] columna de platos perforados y columna de platos de campanas con 8 platos
- [6] columna de relleno con anillos Raschig
- [7] 3 conexiones para la alimentación y 8 sensores de temperatura en cada columna
- [8] calderín con dispositivo de calefacción eléctrica
- [9] condensador y depósito de separación de fases para producto de cabeza
- [10] ajuste de la relación de reflujo por medio de válvulas
- [11] cambiador de calor para precalentamiento de la alimentación con residuo o refrigeración del residuo con agua de refrigeración
- [12] ahorro de agua mediante el circuito cerrado de agua de refrigeración con refrigerador de agua/aire
- [13] es posible el funcionamiento a vacío con bomba de diafragma
- [14] areómetro incluido para la determinación de la composición de alimentación / productos
- [15] adquisición de datos a través del PLC en la memoria interna, acceso a los valores de medición registrados a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente
- [16] software GUNT para la adquisición de datos a través de LAN en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

PLC: Eaton XV303 con sistema de E/S XN300
Columnas: altura x diámetro interior: 780x50mm
Bomba de alimentación: caudal máx.: 320mL/min
Bomba de agua de refrigeración: caudal máx.: 10L/min
Bomba de diafragma: vacío final aprox. 213mbar abs.
Depósitos
■ alimentación: 2 de aprox. 5L
■ residuo: 2 de aprox. 5L
■ producto de cabeza: aprox. 1,9L
Superficies de transferencia de calor
■ precalentamiento de la alimentación/refrigeración del residuo: 0,03m²
■ condensador de producto de cabeza: 0,04m²

Rangos de medición

- temperatura: 3x 0...150°C
- sensor de presión: 2x 0...2,5bar (columna), 1x -1...1bar
- manómetro: -1...0,6bar
- relación de reflujo: 0...100%
- potencia: 0...4kW (dispositivo de calefacción)
- caudal: 30...320L/h (agua de refrigeración)
- densidad: 0,7...1g/mL

400V, 50Hz, 3 fases; 400V, 60Hz, 3 fases
230V, 60Hz, 3 fases; UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1905x790x2200mm
Peso: aprox. 400kg

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos, 1 juego de accesorios
- 1 software GUNT, 1 material didáctico

CE 602

Rectificación discontinua



Contenido didáctico/ensayos

- estudio y comparación de una columna de platos perforados y de una columna de relleno
 - ▶ en funcionamiento discontinuo
 - ▶ en funcionamiento a vacío
 - ▶ con diferentes relaciones de reflujo
 - ▶ con diferente número de platos
- determinación de perfiles de concentración
- determinación de perfiles de temperatura
- pérdida de presión en la columna

Descripción

- **rectificación discontinua**
- **comparación de la columna de relleno y la columna de platos perforados**
- **es posible el funcionamiento a vacío**
- **los platos de la columna de platos perforados se pueden extraer**

La destilación sirve para separar mezclas líquidas formadas por líquidos solubles entre sí. A la destilación en múltiples etapas en contracorriente se le da el nombre de rectificación. Para el banco de ensayos CE 602 se recomienda emplear una mezcla de etanol y agua como mezcla líquida. Se llena en el calderín (fondo de la columna). El vapor generado asciende por la columna. Está enriquecido con el componente de menor punto de ebullición (etanol).

Abandona la columna por la parte superior, se condensa en un condensador parcial y se recoge en un depósito de separación de fases. Una parte de este condensado se recoge como producto en un depósito y la otra parte se devuelve como reflujo a la columna. Allí experimenta, en su descenso, un íntimo intercambio de calor y materia con el vapor ascendente. Este intercambio da como resultado un mayor enriquecimiento de la fase vapor en etanol y de la fase líquida en agua. La fase líquida cae hacia el fondo de la columna (calderín) y se acumula allí.

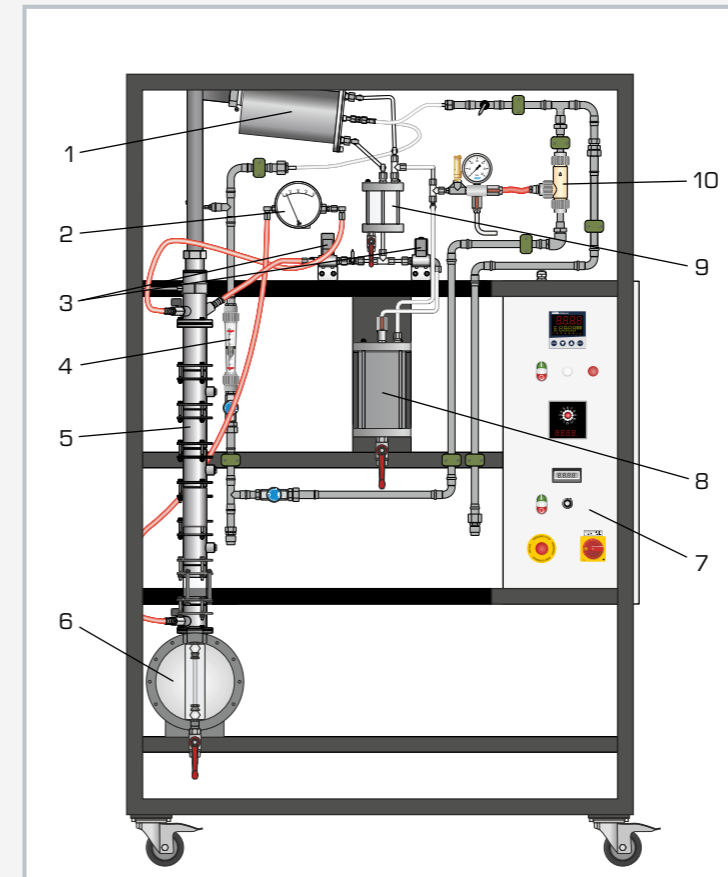
Se dispone de una columna de platos perforados y de una columna de relleno. La columna de relleno contiene anillos Raschig. La relación de reflujo se puede ajustar con válvulas.

Los valores de medición relevantes se registran con sensores y se indican digitalmente en el armario de distribución. El dispositivo de calefacción del fondo de la columna (calderín) se ajusta con un regulador PID.

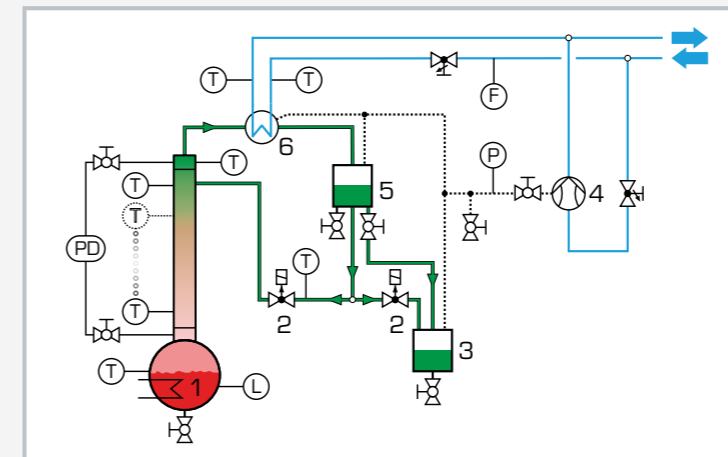
Un esquema de proceso, claro y de gran tamaño, colocado sobre el armario de distribución, permite una identificación sencilla de todas las variables del proceso.

CE 602

Rectificación discontinua



1 condensador del producto de cabeza, 2 manómetro (presión diferencial de la columna), 3 válvulas (relación de reflujo), 4 caudalímetro para agua de refrigeración, 5 columna de platos perforados o de relleno, 6 calderín, 7 armario de distribución con elementos de indicación y mando, 8 depósito de producto de cabeza, 9 depósito de separación de fases, 10 trompa de agua



1 calderín con columna, 2 válvulas (relación de reflujo), 3 depósito de producto de cabeza, 4 trompa de agua, 5 depósito de separación de fases, 6 condensador; F caudal, L nivel, P presión, PD presión diferencial, T temperatura; azul: agua de refrigeración

Especificación

- [1] rectificación discontinua con columna de relleno y columna de platos perforados
- [2] columnas intercambiables
- [3] columna de platos perforados con 8 platos
- [4] columna de relleno con anillos Raschig
- [5] es posible el funcionamiento a vacío con trompa de agua
- [6] calderín con dispositivo de calefacción eléctrica
- [7] depósito para producto de cabeza
- [8] condensador y depósito de separación de fases para producto de cabeza
- [9] todos los depósitos son de vidrio DURAN y acero inoxidable
- [10] ajuste de la relación de reflujo por medio de válvulas
- [11] 8 sensores de temperatura en cada columna

Datos técnicos

Columnas: diámetro interior: 50mm, altura: 765mm
Trompa de agua: vacío final: aprox. 200mbar
Depósitos

- producto de cabeza: aprox. 2000mL
- separación de fases: aprox. 500mL

Calderín

- potencia del dispositivo de calefacción: 0...4kW
- depósito: aprox. 10L

Superficie de transferencia de calor

- condensador de producto de cabeza: 0,04m²

Rangos de medición

- temperatura: 13x 0...150°C
- relación de reflujo: 0...100%
- caudal: 30...320L/h (agua de refrigeración)
- presión diferencial: 0...60mbar (columna)
- manómetro: -1...0,6bar

400V, 50Hz, 3 fases
230V, 60Hz, 3 fases, 400V, 60Hz, 3 fases
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1300x750x2100mm
Peso: aprox. 210kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua: 500...1000L/h, desagüe

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 columna
- 1 juego de mangueras
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 610

Comparación de columnas de rectificación



Contenido didáctico/ensayos

- examen y comparación de una columna de platos perforados y una columna de relleno
 - ▶ en funcionamiento continuo
 - ▶ con diferentes presiones
 - ▶ con diferentes relaciones de reflujo
 - ▶ con diferentes alturas de alimentación
- determinación de las proporciones de etanol en la alimentación y en los productos
- determinación del rendimiento de los platos perforados
- evaluación con el diagrama de McCabe-Thiele
- evaluación con el concepto NTU-HTU

Descripción

- **rectificación continua**
- **columna de relleno y columna de platos perforados**
- **alimentación de calor de proceso mediante vapor**
- **control de instalación con PLC vía panel táctil**
- **más de 40 magnitudes de medida y 12 circuitos de control**

Las columnas de rectificación se utilizan para la separación de fases líquidas y funcionan según el principio de la destilación. El proceso de separación "destilación" comprende la evaporación parcial de una fase líquida y la condensación de la fase gaseosa creada. El proceso de separación de la rectificación es una destilación multietapa energéticamente optimizada. La mezcla recomendada para el funcionamiento de la planta de ensayo es agua-etanol.

La planta de ensayo CE 610 está diseñada para el funcionamiento continuo de una columna de rectificación de forma no simultánea. Una columna de relleno con anillos Pall y una columna de platos perforados con diez platos están disponibles como columna de rectificación.

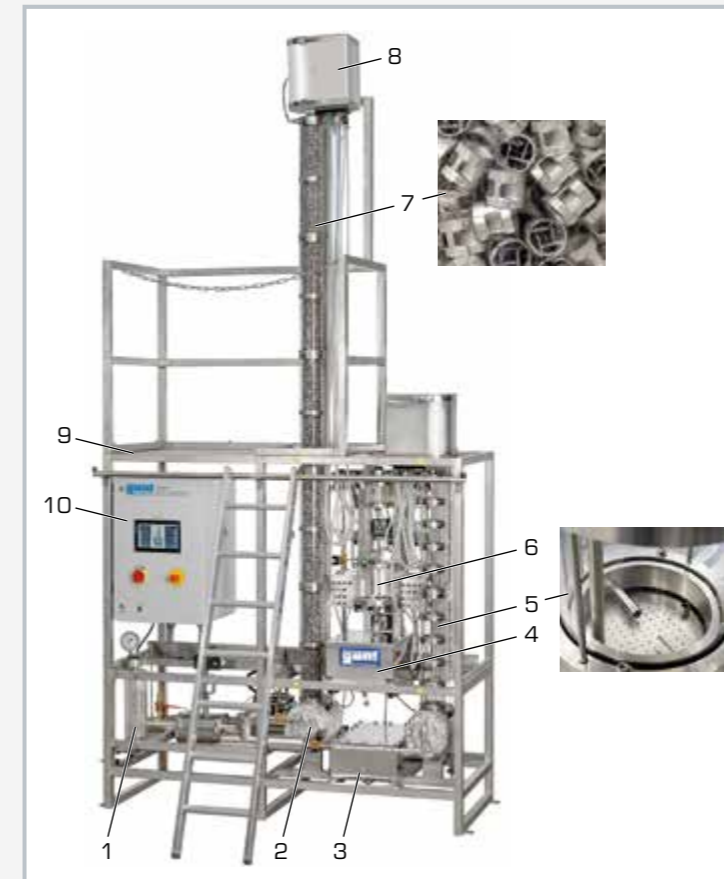
Para el examen de las columnas de rectificación se pueden variar diversos parámetros de proceso. Entre estos se encuentran, por ejemplo, la relación de reflujo y el punto de medición de la temperatura para la regulación de temperatura. El efecto de los cambios se determina por medio de las proporciones de etanol en los productos (medición gravimétrica), con lo cual se puede determinar la eficiencia de separación. Para la evaluación de los ensayos, se tiene a disposición en el software la determinación de los platos teóricos con ayuda del diagrama de McCabe-Thiele y el concepto NTU-HTU.

La planta de ensayo tiene amplias funciones de medición, regulación y manejo, que son controladas por un PLC. Un panel táctil visualiza los valores de medición y estados de funcionamiento y permite el manejo de la planta de ensayo. Los valores de medición se pueden transferir directamente a un ordenador vía USB y evaluar allí con ayuda del software.

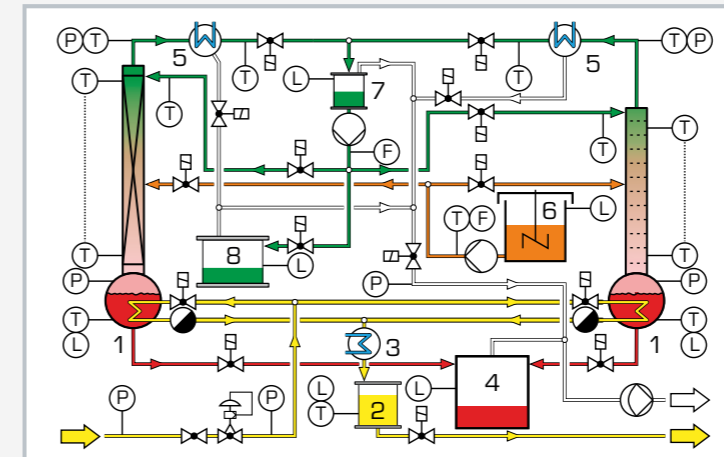
La alimentación de vapor se efectúa a través de la red del laboratorio o a través del generador de vapor eléctrico (CE 715.01) que se puede adquirir opcionalmente.

CE 610

Comparación de columnas de rectificación



1 depósito de condensado, 2 fondo de columna con evaporador, 3 depósito de producto de colector, 4 depósito de alimentación, 5 columna de platos perforados con condensador de cabeza de columna y fondo de columna, 6 depósito de producto de cabeza, 7 columna de relleno, 8 condensador de cabeza de columna, 9 plataforma, 10 armario de distribución con PLC y panel táctil



1 evaporador con columna, 2 depósito de condensado, 3 refrigerador de condensado, 4 depósito de residuo, 5 condensador de cabeza de columna, 6 depósito de alimentación, 7 depósito de separación de fases, 8 depósito de producto de cabeza; F caudal, L nivel, P presión, T temperatura; rojo: residuo, verde: producto de cabeza, naranja: alimentación, azul: agua de refrigeración, amarillo: vapor, blanco: vacío

Especificación

- [1] rectificación continua con columna de relleno o columna de platos perforados
- [2] relación de reflujo variable
- [3] columna de relleno con anillos Pall con 10 alturas de alimentación y mediciones de temperatura
- [4] columna de platos perforados con 10 platos; cada plato con alimentación y medición de temperatura
- [5] depósitos para alimentación, residuo y producto de cabeza hechos de vidrio DURAN y acero inoxidable
- [6] funcionamiento a un máximo de 115°C y 1,5bar
- [7] registro de todas las magnitudes relevantes con más de 40 sensores
- [8] PLC con panel táctil para el control de instalación
- [9] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

Columna de relleno

- diámetro interior: 100mm
- altura de relleno: 3000mm

Columna de platos perforados

- diámetro interior: 100mm
- número de platos perforados: 10

Bomba de alimentación

- caudal máx.: 19L/h

Depósito

- alimentación: 20L

Rangos de medición

- temperatura: 31x 0...150°C
- caudal: 1x 1,5...20L/h (alimentación)
- caudal: 1x 0,3...105L/h (destilado)
- caudal: 1x 24...720L/h (agua de refrigeración)
- presión:
 - ▶ 5x 0...2,5bar (abs.)
 - ▶ 1x 0...5bar
 - ▶ 1x 0...10bar

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase, 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAxA: 2030x850x4000mm

Peso: aprox. 480kg

Necesario para el funcionamiento

agua de refrigeración (min. 800L/h, min. 4bar, max. 25°C), vapor (8kg/h, 4...6bar)
PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 planta de ensayo
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos

Absorción

La absorción se utiliza para eliminar uno o varios componentes de un flujo gaseoso utilizando un disolvente. La absorción puede perseguir diversos objetivos:

- Recuperar un componente gaseoso deseado.

- Eliminar un componente gaseoso no deseado. Se puede tratar, por ejemplo, de la eliminación de una sustancia nociva de un flujo de gases residuales.

- Obtención de un líquido; un ejemplo sería la producción de ácido clorhídrico por absorción de HCl gaseoso en agua.

En la absorción participan por lo menos tres sustancias: el componente gaseoso a separar (absorbato), el gas portador y el disolvente (absorbente).

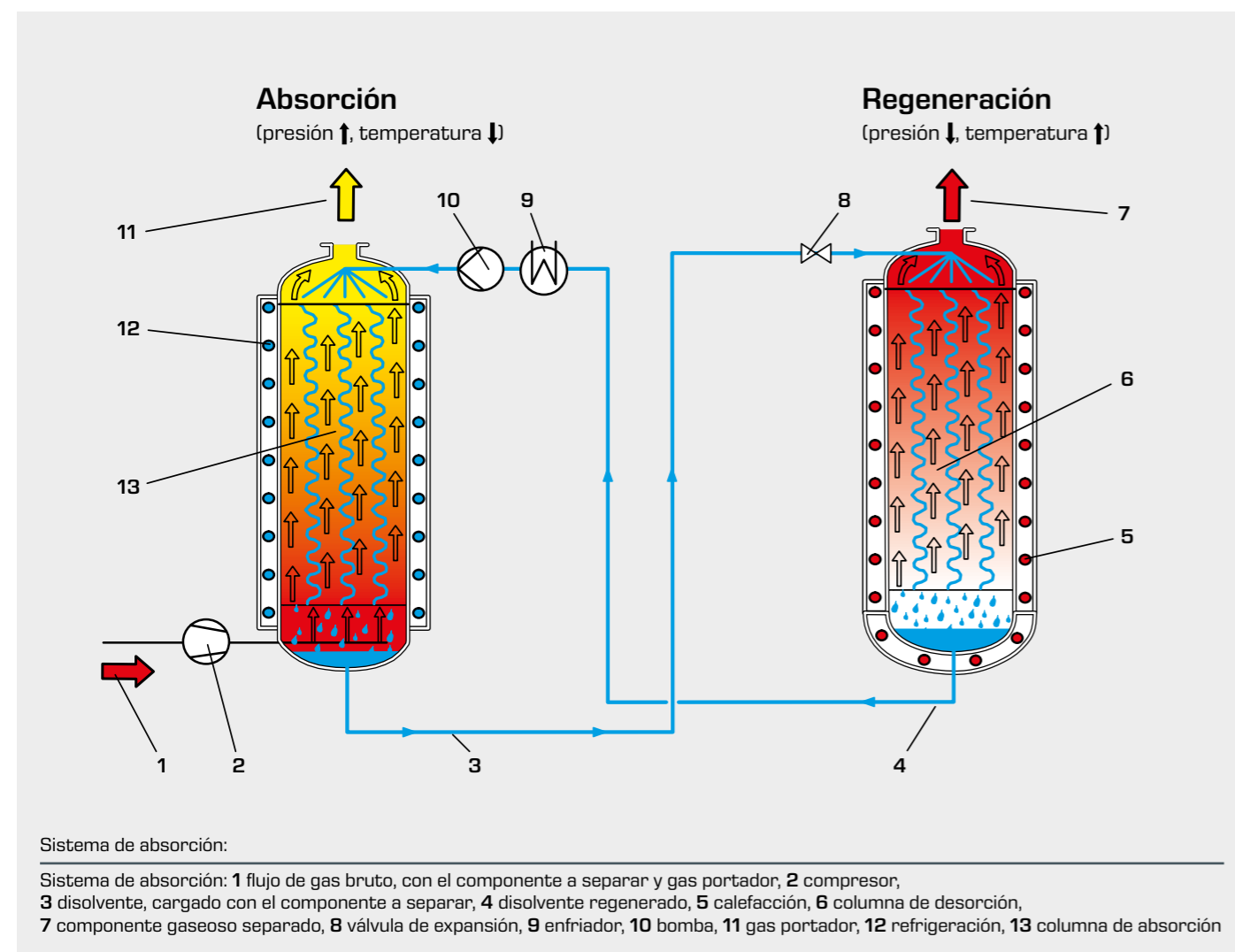
Conocimientos básicos

Adsorción

La adsorción se utiliza para eliminar de forma individual los componentes de una mezcla gaseosa o líquida. El componente a separar se liga de forma física o química a una superficie sólida.

El sólido recibe el nombre de adsorbente, y el componente que se adsorbe en él se denomina adsorbato. Si el adsorbente permanece en contacto con el adsorbato un tiempo suficiente, se establece un equilibrio de adsorción. El adsorbente está entonces

totalmente saturado y ya no puede admitir más adsorbato. El adsorbente más utilizado es el carbón activado. El carbón activado tiene una distribución de poros muy característica. Un gramo de carbón activado tiene, por ejemplo, una superficie de poros de 1000 m^2 aproximadamente.

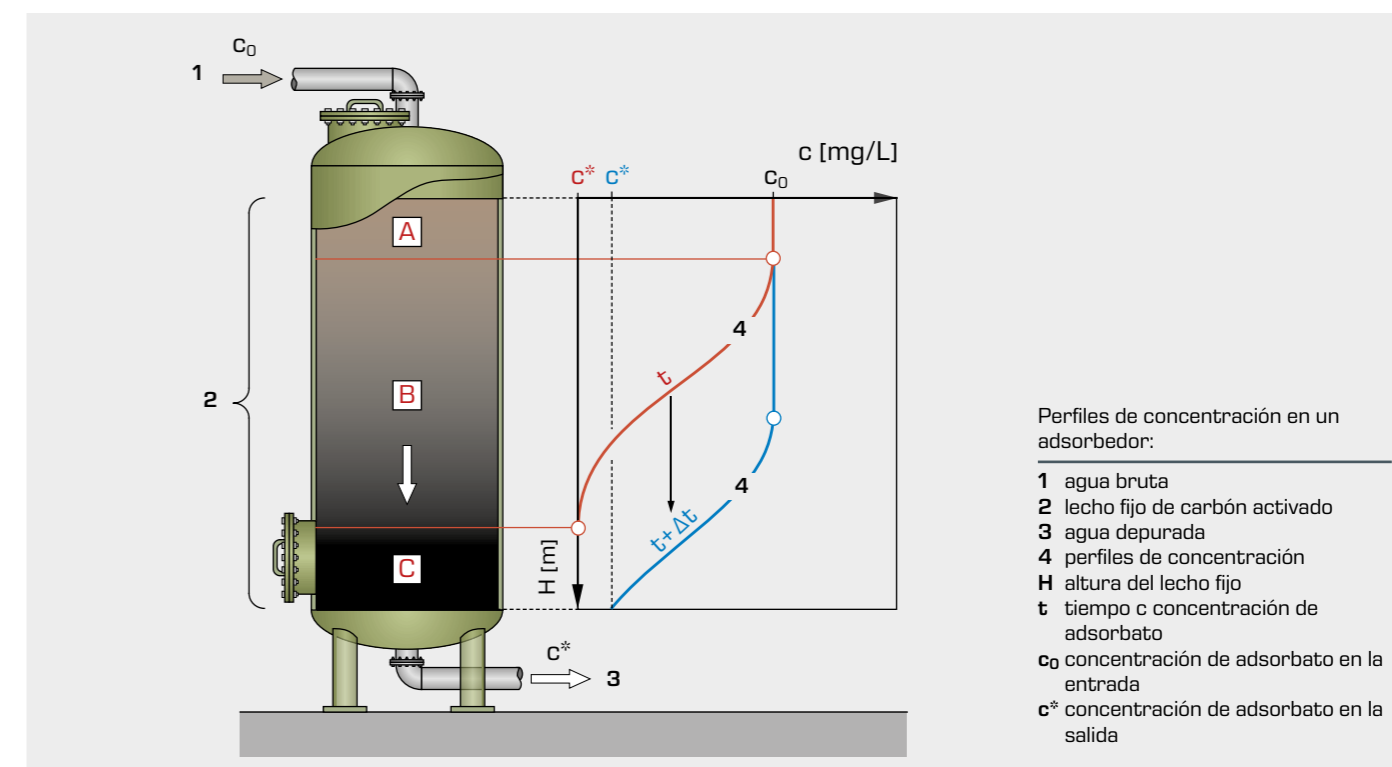


Según la naturaleza del componente gaseoso a separar, tiene que emplearse un disolvente que disuelva selectivamente dicho componente. En este caso, selectivamente significa que el disolvente absorbe principalmente el o los componentes a separar, y no el gas portador. Presiones elevadas y temperaturas bajas

favorecen la absorción. Dependiendo del tipo del disolvente, el gas se absorbe por disolución física (absorción física) o por reacción química (absorción química).

Para separar los componentes gaseosos del disolvente, la etapa de absorción va seguida, en la mayoría de los casos, de

una etapa de desorción para regenerar el disolvente. En la etapa de desorción se reduce, por efecto de temperaturas elevadas o presiones bajas, la solubilidad de los gases en el disolvente, eliminándolos del mismo. Por tanto, se puede reutilizar el disolvente, que se devuelve al circuito.



La adsorción se suele implementar con adsorbentes de flujo continuo. Después de transcurrir un tiempo t se establece un perfil de concentraciones como el trazado en rojo en la ilustración. Esto representa la evolución de la concentración de adsorbato en el agua a lo largo del lecho fijo.

Este perfil de concentración se divide en tres zonas:

- Zona A

El adsorbente está totalmente saturado y ya no puede admitir más adsorbato. Se ha alcanzado por lo tanto el equilibrio de adsorción. La concentración de adsorbato equivale a la concentración en la entrada (c_0).

- Zona B

El equilibrio de adsorción aún no se ha alcanzado, de modo que el adsorbato está todavía siendo adsorbido. Esta sección se conoce, en consecuencia, como **zona de transferencia de materia**.

- Zona C

Dado que en la zona B se ha extraído por completo el adsorbato, el adsorbente está aquí aún sin carga. La concentración de adsorbato es, por tanto, igual a cero.

El perfil de concentración migra con el tiempo a través del lecho fijo, en el sentido de flujo. En el momento $t + \Delta t$ se corresponde con la curva azul. Ya no queda adsorbente sin carga en todo el lecho sólido. La concentración de adsorbato a la salida (c^*) es mayor que cero. Este estado recibe el nombre de ruptura y la evolución de la concentración de adsorbato a la salida a lo largo del tiempo se conoce como curva de ruptura. La forma del perfil de concentración informa sobre la medida en que se aprovecha la capacidad del adsorbente hasta alcanzar la ruptura. Cuanto más estrecha es la zona de transferencia de materia, mejor se aprovecha la capacidad del adsorbente.

Vista previa

CE 400 Absorción de gases

Los procesos de absorción se utilizan frecuentemente en la conservación de la calidad del aire. Un campo típico de aplicación es la depuración del aire de salida en centrales energéticas para desulfurar gases. El banco de ensayos CE 400 le permite enseñar visualmente los fundamentos teóricos complejos de este proceso a escala de laboratorio.

El equipo ha sido concebido para la separación por absorción de dióxido de carbono de un flujo de aire. Como disolvente para absorber el dióxido de carbono se utiliza agua. De este modo se garantiza un funcionamiento seguro a los usuarios del equipo.



- 1 armario de distribución
- 2 columnas de absorción
- 3 manómetro de tubo en U
- 4 columna de desorción
- 5 grupo frigorífico
- 6 depósito de refrigeración
- 7 esquema de proceso

Funcionamiento

Los componentes principales del equipo son dos columnas de absorción llenas con anillos Raschig. La mezcla de aire/ CO_2 enfriada anteriormente se transporta desde abajo a la columna de absorción. El disolvente (agua) gotea a contracorriente desde arriba hacia abajo a través de las columnas de absorción, mientras que el dióxido de carbono se disuelve en el agua. El agua enriquecida de este modo con dióxido de carbono puede regenerarse después en una columna de desorción y vuelve a estar disponible para la absorción.

Tecnología de medición

El equipo está equipado con una técnica de medición y control muy completa. Todos los caudales, temperaturas y presiones relevantes se miden e indican continuamente. Cada una de las columnas de absorción está equipada además con un manómetro de tubo en U para medir las presiones diferenciales. El éxito del proceso de absorción puede comprobarse con ayuda del equipo de análisis de gas incluido. De este modo no necesita instrumentos de medición adicionales para obtener resultados cuantificables.



Equipo de análisis de gas para determinar el contenido de oxígeno y de dióxido de carbono.

Al producto:



UNIVERSITY OF Hull

El CE 400 ya se utiliza con éxito en muchas escuelas superiores de todo el mundo, como en la Universidad de Hull (Inglaterra).



Un empleado de GUNT explica a los docentes de la Universidad de Hull el funcionamiento de la absorción de gas con el CE 400.

Contenidos didácticos

- estudio del proceso de absorción al separar mezclas de gases en una columna de relleno
- determinación de las pérdidas de presión en la columna
- representación gráfica del proceso de absorción sobre el diagrama de equilibrio
- estudio de las variables que influyen en la eficacia de la absorción

CE 400

Absorción de gases



Contenido didáctico/ensayos

- estudio del proceso de absorción al separar mezclas de gases en una columna de relleno
- determinación de las pérdidas de presión en la columna
- representación gráfica del proceso de absorción sobre el diagrama de equilibrio
- estudio de las variables que influyen en la eficacia de la absorción

2E

Descripción

- separación de una mezcla de CO₂ y aire por absorción en contracorriente
- columna de relleno de vidrio DURAN
- funcionamiento seguro gracias al uso de agua como disolvente y gases inocuos
- regeneración del disolvente por vacío
- análisis de gases con analizador portátil

La absorción se utiliza para eliminar uno o varios componentes de un flujo gaseoso utilizando un disolvente.

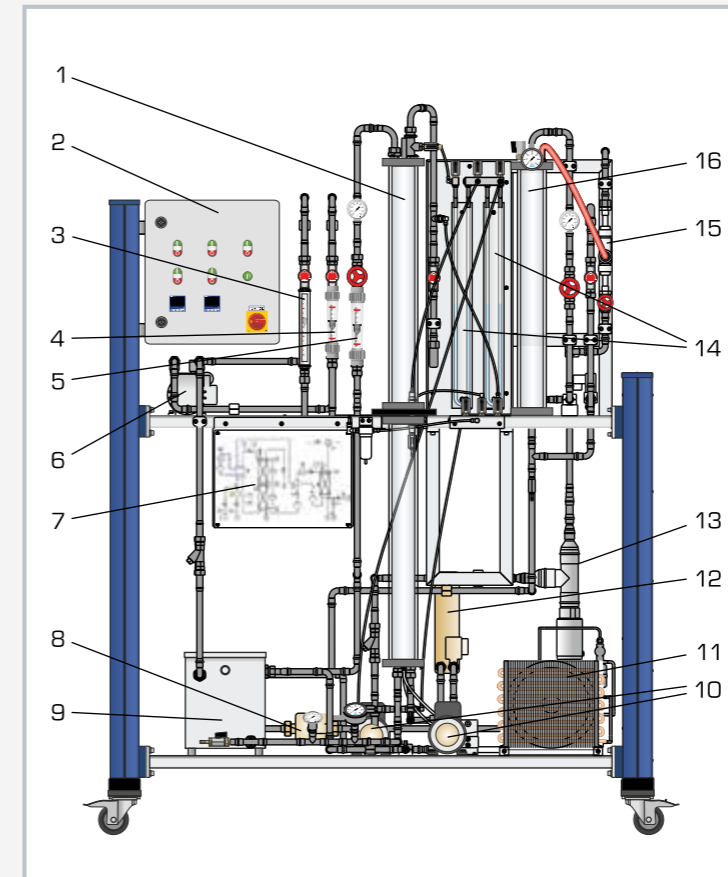
Primero se produce una mezcla de gas bruto a base de CO₂ y aire. Es posible ajustar la relación de mezcla por medio de válvulas. Los caudales de los componentes gaseosos se indican.

Un compresor transporta la mezcla de gases a la parte inferior de la columna de absorción. En la columna tiene lugar la separación de una parte del CO₂ en flujo en contracorriente con el disolvente. Como disolvente se emplea agua. El CO₂ es absorbido por el agua que baja por la columna. Para separar el CO₂ absorbido en el agua, la disolución se transporta desde la parte inferior de la columna de absorción hasta una columna de desorción. La solubilidad del CO₂ en el agua disminuye al bajar la presión y al aumentar la temperatura. Un dispositivo de calefacción calienta el agua. Una trompa de agua genera la depresión en la columna de desorción. Por tanto, el gas CO₂ se desprende del agua. Una bomba transporta el disolvente, así regenerado, a la columna de absorción.

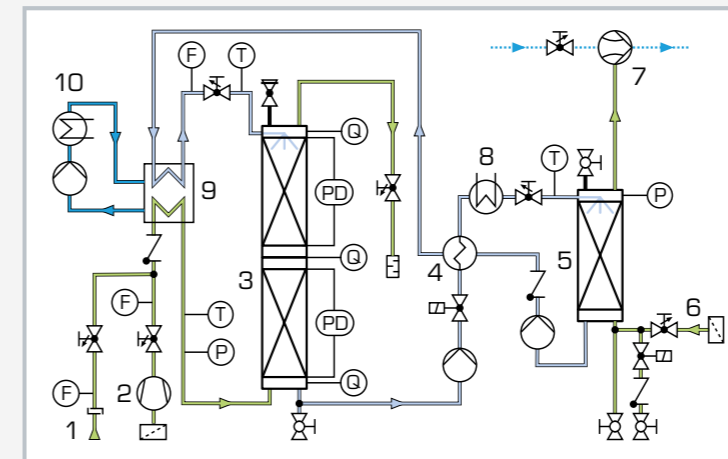
La temperatura del agua se puede regular. El caudal, la temperatura y la presión se registran continuamente. La columna está formada por dos zonas con relleno y está provista de conexiones para determinar las pérdidas de presión. La pérdida de presión en cada una de las zonas de relleno se puede leer con dos manómetros de tubo en U. El banco de ensayos dispone de puntos de toma de muestras para extraer muestras de gas y líquido respectivamente, lo que permite evaluar el resultado de la separación. Las muestras de gas se pueden medir con el analizador portátil incluido en el suministro.

CE 400

Absorción de gases



1 columna de absorción, 2 armario de distribución, 3 caudalímetro para CO₂, 4 caudalímetro para aire, 5 caudalímetro para disolvente, 6 compresor, 7 esquema de proceso, 8 bomba (refrigeración), 9 depósito de refrigeración, 10 bombas (absorción/desorción), 11 grupo frigorífico, 12 cambiador de calor, 13 dispositivo de calefacción, 14 manómetro de tubo en U, 15 trompa de agua, 16 columna de desorción



1 botella de gas CO₂ a presión con válvula de desahogo de presión, 2 compresor (aire), 3 columna de absorción, 4 cambiador de calor, 5 columna de desorción, 6 aire por desorción, 7 trompa de agua para generar vacío, 8 dispositivo de calefacción, 9 depósito de refrigeración, 10 grupo frigorífico; caudal, P presión, PD presión diferencial, T temperatura, Q punto de toma de muestras (gases)

Especificación

- [1] separación de una mezcla de CO₂ y aire por absorción en contracorriente de agua
- [2] producción de la mezcla de gases con CO₂ y aire ambiente
- [3] ajuste de la relación de mezcla con válvulas
- [4] compresor para transportar la mezcla de gases a la columna
- [5] columna de absorción (de relleno) y columna de desorción de vidrio DURAN
- [6] regeneración continua del disolvente en circuito con columna de desorción a vacío
- [7] 1 bomba para columna de desorción y 1 bomba para devolver el disolvente a la columna de absorción
- [8] regulación de la temperatura del agua con dispositivo de calefacción y grupo frigorífico
- [9] refrigerante R513A, GWP: 631

Datos técnicos

Columna de absorción
■ altura: 2x 750mm, diámetro interior: 80mm
Columna de desorción
■ altura: 750mm, diámetro interior: 80mm
2 bombas (absorción/desorción)
■ caudal máx.: 17,5L/min
■ altura de elevación máx.: 47m
1 bomba (refrigeración)
■ caudal máx.: 29L/min
■ altura de elevación máx.: 1,4m
Compresor
■ sobrepresión máx.: 0,5bar
■ caudal de impulsión máx.: 34L/min
Potencia frigorífica: 1432W a 5/32°C
Refrigerante: R513A, GWP: 631
■ volumen de llenado: 600g
■ equivalente de CO₂: 0,4t

Rangos de medición

- caudal:
 - ▶ 0,2...2,4Nm³/h (aire)
 - ▶ 50...600L/h (disolvente)
 - ▶ 0,4...5,4L/min (CO₂)
- temperatura: 2x -200...100°C, 3x 0...120°C, 4x 0...60°C
- presión: 1x 0...2,5bar, 1x -1...0,6bar
- presión diferencial: 2x 0...25mmCA
- contenido en CO₂: 0...100% [vol.]

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 230V, 60Hz, 3 fases
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1920x790x2300mm
Peso: aprox. 290kg

Necesario para el funcionamiento

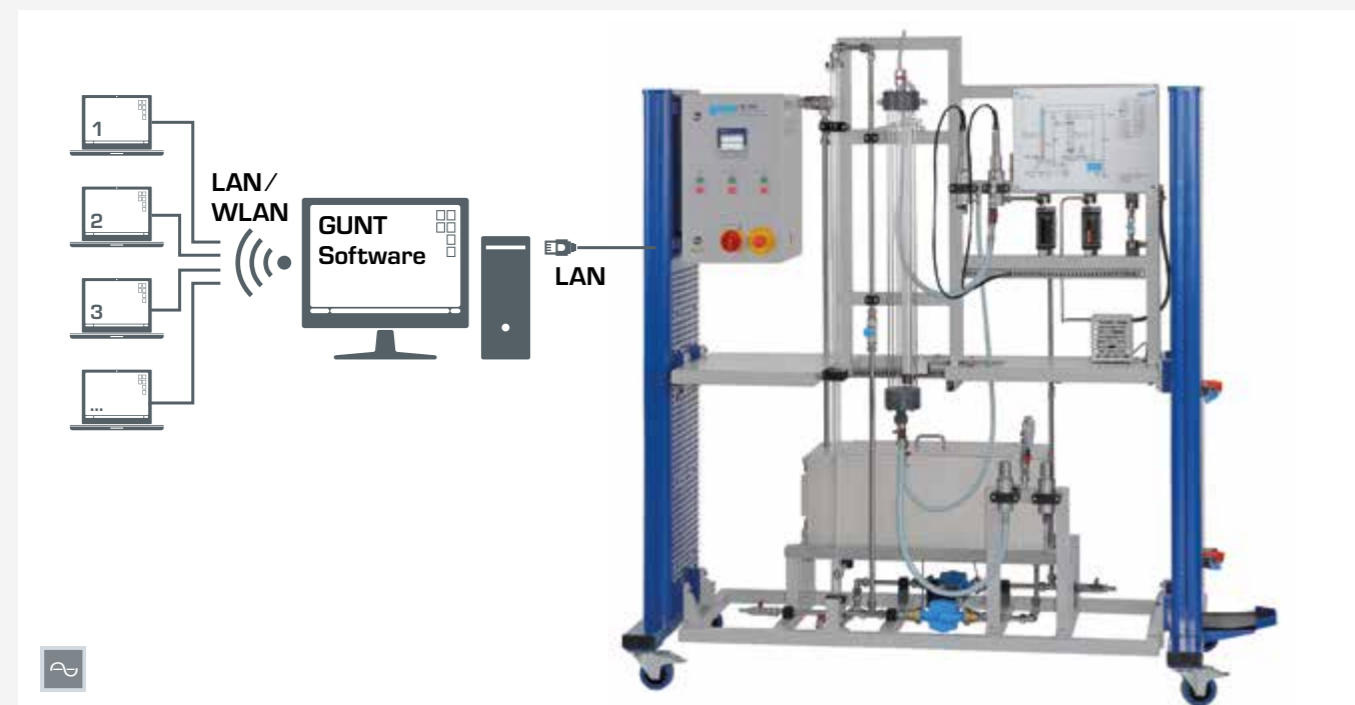
Botella de gas CO₂ con válvula de desahogo de presión; toma de agua, desagüe

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 analizador de gases portátil
- 1 juego de mangueras
- 1 material didáctico

CE 405

Absorción de película descendente



Software GUNT compatible con la conexión en red: control y manejo través de 1 ordenador. Observación, adquisición, evaluación de los ensayos en un número ilimitado de puestos de trabajo a través de la red LAN/WLAN propia del cliente.

Descripción

- separación del oxígeno por medio de absorción
- regeneración continua del disolvente con nitrógeno por stripping
- funcionamiento seguro gracias al uso de agua como disolvente y gases inocuos
- capacidad de funcionar en red: observar, adquirir y evaluar los ensayos a través de la red propia del cliente

La absorción se utiliza para eliminar uno o varios componentes de un flujo gaseoso utilizando un disolvente. La absorción selectiva es un proceso técnico importante para la depuración de mezclas de gases. Con el banco de ensayos CE 405 se pueden analizar los procesos elementales en el sistema agua-oxígeno-nitrógeno.

Un compresor transporta aire ambiente a la parte inferior de la columna de absorción. En la pared de la columna de absorción fluye agua hacia abajo en forma de una película fina. El aire circula hacia arriba por el centro de la columna. Una parte del oxígeno contenido en el aire se disuelve en esta fina película de agua. El flujo de aire sale de la columna por la parte de arriba. El agua con el oxígeno disuelto sale de la columna por la parte de abajo y fluye hacia un depósito. Una bomba transporta el agua con

el oxígeno disuelto hacia la cabeza de la columna de desorción. La columna de desorción es un simple tubo por el cual el agua fluye hacia abajo. La columna es alimentada con nitrógeno, que proviene de una botella de gas comprimido y entra a la columna por la base. El nitrógeno asciende atravesando el agua en forma de burbujas dispersamente distribuidas. La presión parcial del oxígeno en el agua es mayor que la presión parcial en la fase gaseosa (nitrógeno). Por esta razón, una parte del oxígeno sale del agua y pasa a la fase gaseosa (stripping). Por medio de este proceso aumenta la capacidad del agua para la absorción de oxígeno. Una bomba transporta el disolvente regenerado de esta manera hacia la cabeza de la columna de absorción. Los materiales transparentes utilizados permiten una observación óptima de todos los procesos en las dos columnas.

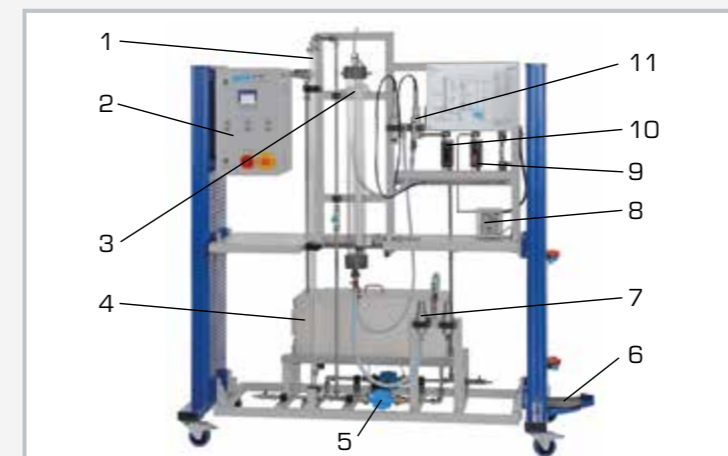
Unas válvulas y caudalímetros permiten ajustar el flujo de aire, así como el flujo del disolvente. La concentración de oxígeno y la temperatura antes y después de la columna de absorción son registradas continuamente y se indica digitalmente. Vía conexión LAN directa los valores de medición también se pueden transferir a un ordenador y evaluar allí con ayuda del software GUNT.

Contenido didáctico/ensayos

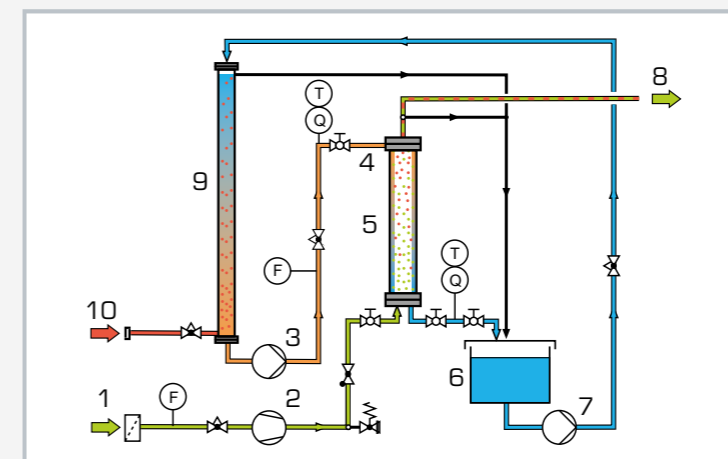
- análisis del proceso de absorción en la separación de oxígeno de un flujo de aire dentro de una columna de película descendente
- balance del proceso
- determinación del coeficiente de transferencia de masa en función de
 - ▶ caudal volumétrico de aire
 - ▶ caudal del disolvente agua
- regeneración del disolvente por stripping
- familiarizarse con el proceso en contracorriente

CE 405

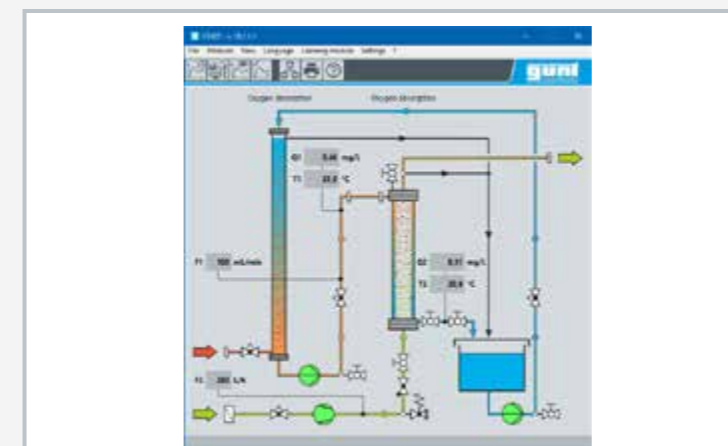
Absorción de película descendente



1 columna de desorción, 2 armario de distribución, 3 columna de absorción, 4 depósito, 5 bomba, 6 soporte para cilindro de gas presurizado, 7 sensores de oxígeno y temperatura después de la absorción, 8 compresor, 9 caudalímetro (aire), 10 caudalímetro (agua), 11 sensores de oxígeno y temperatura antes de la absorción



1 entrada de aire, 2 compresor, 3 bomba, 4 disolvente regenerado, 5 columna de absorción, 6 depósito (disolvente con oxígeno disuelto), 7 bomba, 8 salida de aire, 9 columna de desorción, 10 entrada de nitrógeno (externa); F caudal, Q concentración de oxígeno, T temperatura



Captura de pantalla del software

Especificación

- [1] columna de película descendente transparente para la absorción de oxígeno del aire ambiente en agua
- [2] regeneración continua del agua (disolvente) en una columna de desorción transparente por stripping con nitrógeno
- [3] compresor transporta del aire ambiente a la columna de película descendente
- [4] 2 bombas transportan del agua entre las columnas
- [5] válvulas y caudalímetros para ajustar el flujo de aire y de agua
- [6] sensores para la concentración de oxígeno y de la temperatura antes y después de la columna de absorción
- [7] indicación digital de los valores de medición
- [8] capacidad de red: observar, adquirir y evaluar ensayos a través de un número ilimitado de puestos de trabajo con software GUNT a través de la red LAN/WLAN propia del cliente
- [9] adquisición de datos a través de red propia del cliente o a través de conexión LAN directa con software GUNT en Windows 10

Datos técnicos

Columna de absorción

- Ø interior x altura: 32x890mm
- material: vidrio

Columna de desorción

- Ø interior x altura: 24x1650mm
- material: PMMA

2 bombas

- caudal max.: 58L/min (cada una)
- altura de elevación máx.: 3,7m (cada una)

Compresor

- sobrepresión máx.: 2bar
 - caudal de salida máx.: 23L/min
- Depósito, acero inoxidable, volumen: aprox. 50L

Rangos de medición

- caudal: 38...380mL/min (agua)
- caudal: 36...360NL/h (aire)
- temperatura: 2x 0...50°C
- concentración de oxígeno: 2x 0...20mg/L

230V, 50Hz, 1 fase; 230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase; UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1930x790x1980mm
Peso: aprox. 135kg

Necesario para el funcionamiento

botella de nitrógeno con reductor de presión
PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de accesorios
- 1 software GUNT
- 1 material didáctico

CE 540

Secado del aire por adsorción



Contenido didáctico/ensayos

- principio básico de la adsorción y la desorción
- estudio de las variables que influyen en el proceso de adsorción y desorción
 - ▶ influencia de los caudales de aire
 - ▶ humedad y temperatura del aire
 - ▶ altura de llenado del adsorbente
- representación de los procesos en el diagrama h-w
- registro de curvas de ruptura y determinación del tiempo de ruptura

Descripción

- **secado del aire húmedo por adsorción**
- **proceso continuo con regeneración del adsorbente**
- **columnas transparentes y adsorbente con indicador para observar la zona de transferencia de materia**
- **software GUNT con funciones de control y adquisición de datos**

Con el equipo CE 540 se pueden enseñar de forma ilustrativa, por medio de ensayos, los complejos fundamentos teóricos de los procesos de adsorción.

Un compresor aspira aire ambiente. El aire pasa por el baño de agua de un humidificador y tiene luego una humedad relativa de 100%. Antes de que el aire entre por la parte inferior en la columna de adsorción, se ajustan su humedad relativa y su temperatura con un dispositivo de calefacción.

El aire húmedo atraviesa el adsorbente (gel de sílice), dispuesto como lecho fijo en una columna transparente. Durante esta etapa se adsorbe el contenido de humedad del aire. El adsorbente contiene un indicador colorimétrico. La coloración del indicador permite identificar la zona de transferencia de materia ("Mass Transfer Zone", MTZ). El aire así secado abandona la columna y sale al exterior.

Para la regeneración del adsorbente se aspira aire ambiente con un segundo compresor. El aire se calienta y entra en la columna por la parte superior. También este proceso de desorción se puede observar en la columna transparente. El banco de ensayos permite estudiar simultáneamente los procesos de adsorción y desorción.

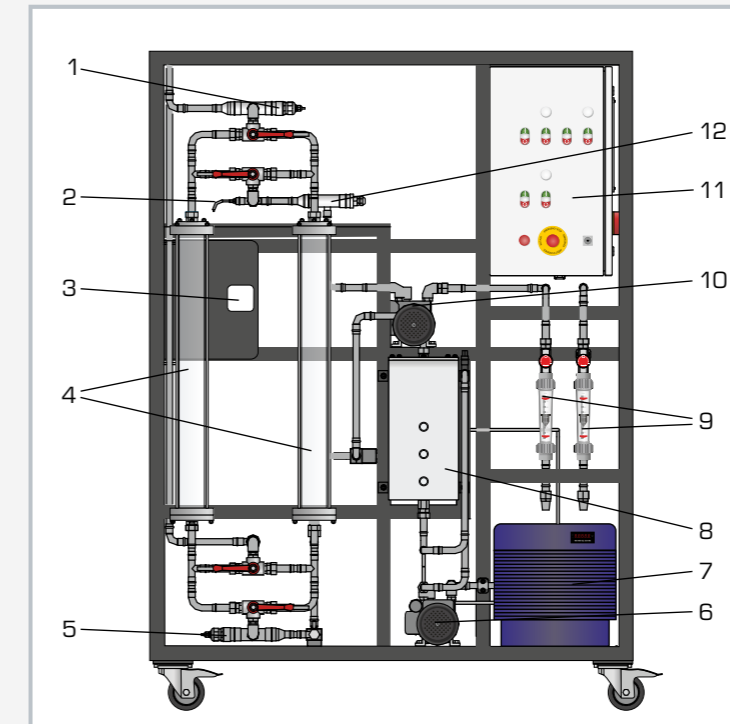
Una vez agotada la capacidad del adsorbente en una de las columnas, se hace pasar el aire húmedo, para el secado, por una segunda columna con adsorbente regenerado.

Se dispone de un circuito con bomba y grupo frigorífico para ajustar la temperatura del baño de agua en el humidificador. La temperatura y la humedad del aire a secar se ajustan por medio de un software. Los caudales de ambos flujos de aire se pueden ajustar mediante válvulas.

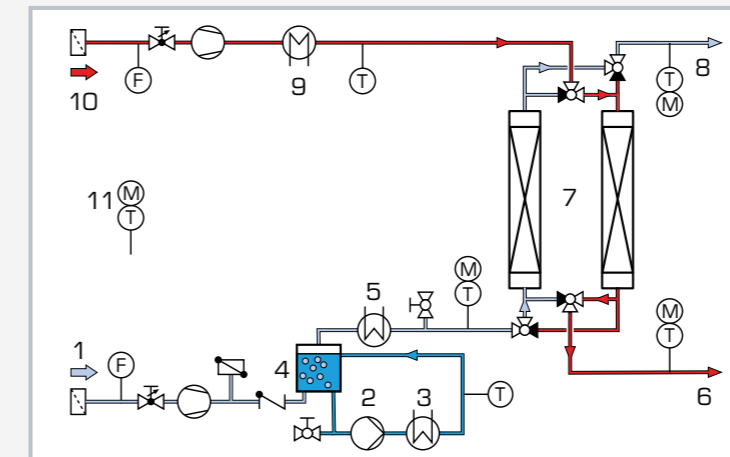
Por registro de las humedades relativas del aire y las temperaturas en todos los puntos relevantes se puede establecer por completo un balance de ambos procesos. Los valores medidos se registran con un software. Permiten representar el proceso de adsorción y desorción en el diagrama h-w, siendo posible también el registro de curvas de ruptura.

CE 540

Secado del aire por adsorción



1 sensor de humedad y temperatura del aire seco, 2 sensor de temperatura del aire de regeneración, 3 sensor de humedad y temperatura del aire ambiente, 4 columnas de adsorción, 5 sensor de humedad y temperatura del aire de entrada húmedo, 6 compresor para aire de entrada, 7 grupo frigorífico, 8 humidificador (baño de agua), 9 sensores de caudal del aire de regeneración y del aire de entrada, 10 compresor del aire de regeneración, 11 armario de distribución con elementos de mando, 12 dispositivo de calefacción del aire de regeneración



1 aire de entrada (azul), 2 bomba para humidificador, 3 grupo frigorífico, 4 humidificador (baño de agua), 5 dispositivo de calefacción, 6 aire de regeneración cargado (rojo), 7 columnas de adsorción, 8 aire seco, 9 dispositivo de calefacción, 10 aire para regeneración, 11 aire ambiente; M humedad, T temperatura, F caudal

Especificación

- [1] secado continuo del aire húmedo por adsorción
- [2] 2 columnas para cargar y regenerar el adsorbente alternativamente
- [3] observación de la zona de transferencia de materia (MTZ) mediante columnas transparentes y adsorbente con un indicador colorimétrico
- [4] 2 compresores para transporte del aire de entrada y el aire de regeneración desde el entorno
- [5] humidificación del aire de entrada por paso a través de un baño de agua
- [6] circuito con bomba y grupo frigorífico para regulación de la temperatura del baño de agua
- [7] ajuste de la humedad relativa y de la temperatura del aire de entrada con dispositivo de calefacción
- [8] dispositivo de calefacción para ajustar la temperatura del aire de regeneración
- [9] ajuste de los caudales del aire de regeneración y del aire de entrada por medio de válvulas
- [10] software GUNT con funciones de control y adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

- 2 columnas
- Ø aprox. 80mm
 - altura: aprox. 800mm
- 2 compresores
- sobrepresión máx.: 1 bar
 - caudal máx.: 8m³/h
- Bomba para humidificador
- caudal máx.: 600L/h
 - altura de elevación máx.: 1,5m
- Grupo frigorífico
- potencia frigorífica: 395W para una dif. de temperatura de 10K / 250L
- 2 dispositivos de calefacción para aire
- potencia (aire de entrada): 160W
 - potencia (regeneración): 2x 250W

Rangos de medición

- caudal: 2x 0...10Nm³/h
- temperatura: 3x 0...50°C; 1x 0...200°C, 1x -25...125°C (aire)
- humedad rel.: 4x 0...100%
- temperatura: 1x 0...50°C (agua)

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 230V, 60Hz, 3 fases
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1390x750x1890mm
Peso: aprox. 150kg

Necesario para el funcionamiento

PC con Windows

Volumen de suministro

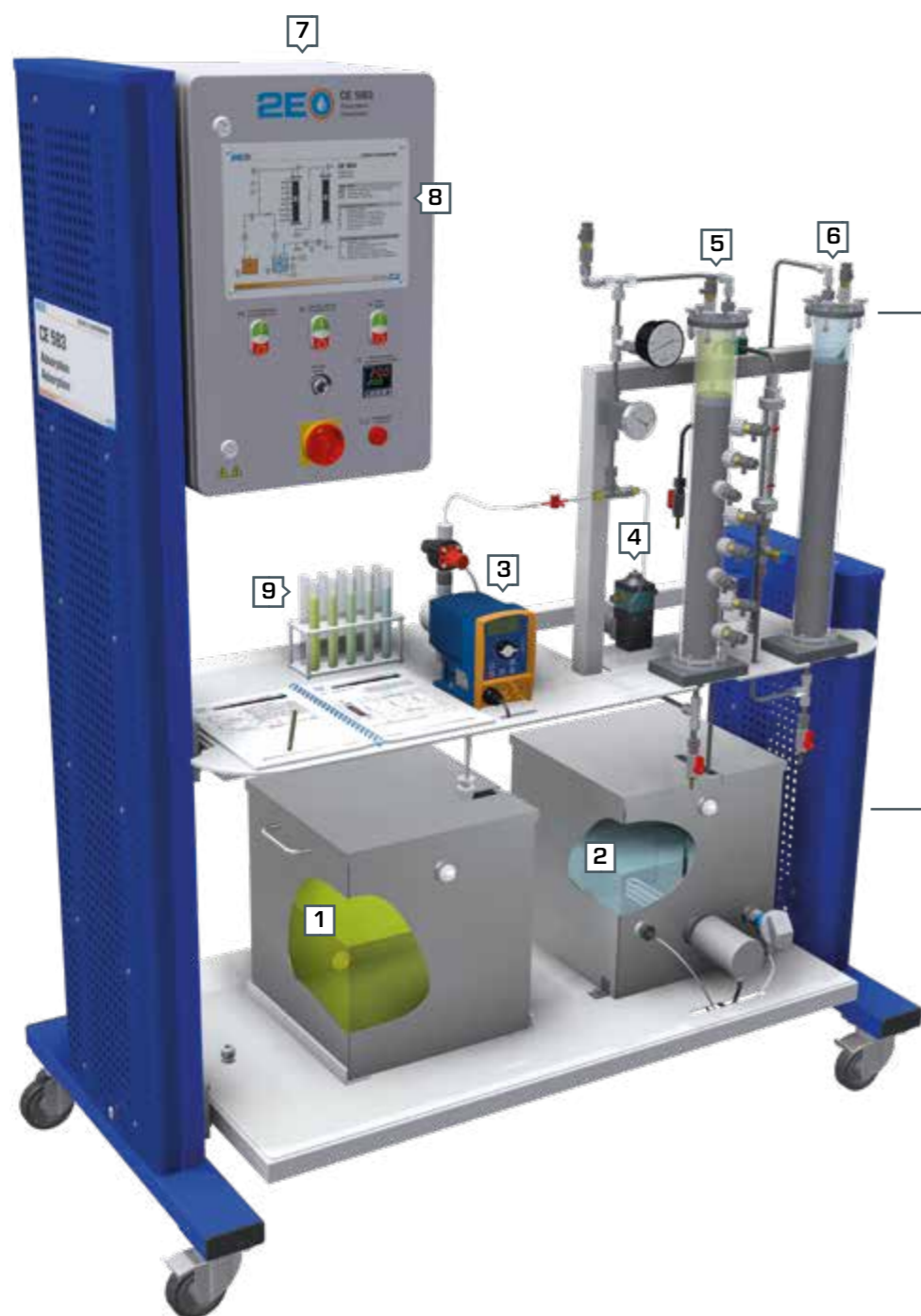
- 1 banco de ensayos
- 1 envase con gel de sílice E
- 1 juego de herramientas
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 material didáctico

Vista previa
CE 583 Adsorción

Tratamiento de aguas adsorbtivo en funcionamiento continuo

La adsorción en carbón activado es una alternativa eficaz y muy practicada para eliminar sustancias orgánicas no biodegradables como, p. ej., hidrocarburos clorados. Con nuestro equipo CE 583 puede aclarar los fundamentos de este proceso en funcionamiento continuo y, por tanto, bajo aspectos muy prácticos.

Los componentes principales son dos adsorbedores conectados en serie, rellenos con carbón activado granulado. El primer adsorbedor está equipado con grifos de toma de muestras para que pueda determinar los perfiles de concentración. Los perfiles de concentración son esenciales para poder comprender la adsorción.



- 1 concentrado de adsorbato
- 2 agua depurada
- 3 bomba dosificadora
- 4 bomba de circulación
- 5 primer adsorbedor
- 6 segundo adsorbedor
- 7 armario de distribución
- 8 esquema de proceso
- 9 tubos de ensayo para toma de muestras

i Adsorbato

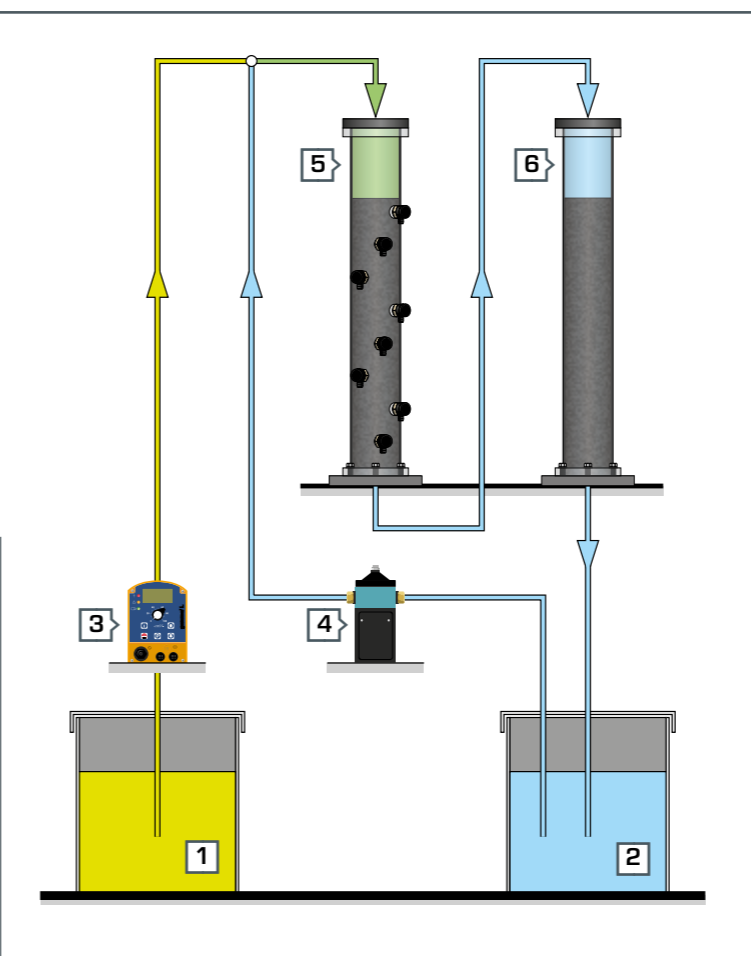
El adsorbato es la sustancia disuelta en el agua, que debe eliminarse mediante adsorción.

Principio de funcionamiento

El agua depurada circula a través de los dos adsorbedores. Una bomba dosificadora inyecta solución concentrada de adsorbato en el área de entrada del primer adsorbedor en el circuito. La bomba dosificadora permite un ajuste muy preciso del caudal. De este modo puede ajustarse con mucha precisión la concentración de entrada deseada del adsorbato. El segundo adsorbedor asegura que el agua en circulación no contenga ningún adsorbato, incluso si el primer adsorbedor se ha agotado completamente. Esto garantiza una concentración de adsorbato constante a la entrada del primer adsorbedor, también en ensayos de larga duración.

Regulación de temperatura

El equipo está equipado con una regulación de temperatura. De este modo puede estudiarse la influencia de la temperatura del agua en el proceso de adsorción.

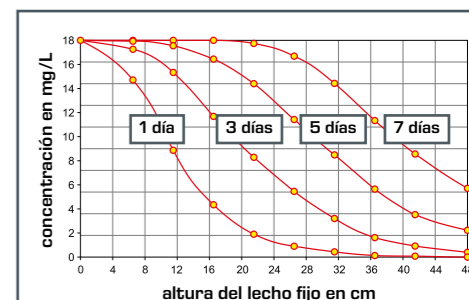


Principio de funcionamiento del CE 583
Al producto:



i Nuestra recomendación

Puede demostrar de forma muy visual el proceso de adsorción si utiliza como adsorbato un colorante hidrosoluble y adsorbible. Este tipo de sustancias son, p. ej., azul de metileno o fluoresceína.



Extracto del manual del CE 583:
perfiles de concentración de azul de metileno en distintos momentos

i Contenidos didácticos

- registro de perfiles de concentración
- registro de curvas de ruptura
- relación entre los perfiles de concentración y curvas de ruptura
- determinación de la zona de transferencia de materia
- balances de masa y eficiencia de un adsorbedor
- predicción de curvas de ruptura
- transmisión de los resultados a la escala industrial
- reconocimiento la influencia de los siguientes factores:
 - ▶ tiempo de contacto
 - ▶ temperatura
 - ▶ modo de funcionamiento

CE 583
Adsorción**Contenido didáctico/ensayos**

- registro de perfiles de concentración
- registro de curvas de ruptura
- relación entre los perfiles de concentración y curvas de ruptura
- determinación de la zona de transferencia de materia
- balances de masa de un adsorbedor
- eficiencia de un adsorbedor
- predicción de curvas de ruptura
- transmisión de los resultados a la escala industrial
- reconocimiento la influencia de los siguientes factores:
 - ▶ tiempo de contacto
 - ▶ temperatura
 - ▶ modo de funcionamiento

Descripción

- adsorción de sustancias disueltas en carbón activado
- perfiles de concentración y curvas de ruptura
- determinación de la zona de transferencia de materia
- influencia de la temperatura y del tiempo de contacto en la adsorción
- ensayos prácticos a escala de laboratorio

El CE 583 demuestra la eliminación de sustancias disueltas mediante adsorción. Las sustancias disueltas en agua bruta en la adsorción se denominan adsorbatos.

Una bomba transporta el agua de un depósito a través de un circuito con dos adsorbedores rellenos con carbón activado. La bomba transporta el agua depurada al primer adsorbedor.

En el flujo de agua depurada, se dosifica una solución de adsorbato concentrada con una bomba dosificadora. El agua bruta producida entra en el adsorbedor y fluye a través del lecho fijo de carbón activado. De este modo, el adsorbato se adsorbe al entrar en contacto con el carbón activado. Para poder eliminar eventualmente del agua cantidades todavía presentes del adsorbato, el agua circula a continuación a través de un adsorbedor adicional [adsorbedor de seguridad]. El agua depurada se reconduce a la tubería de entrada del primer adsorbedor, donde se vuelve a dosificar una solución de adsorbato concentrada. De este modo, se produce un circuito de agua cerrado.

Los caudales de las bombas se pueden ajustar. De este modo se pueden modificar los siguientes parámetros:

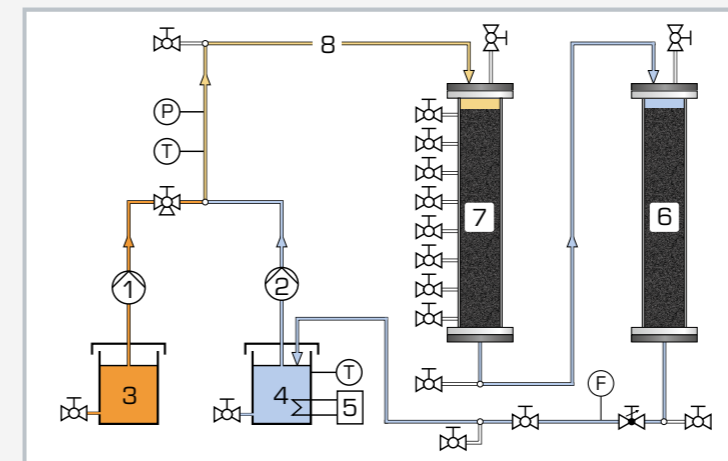
- la concentración del adsorbato en el agua bruta
- el tiempo de contacto del agua bruta con el carbón activado

La temperatura del agua se puede regular. De esta manera, se puede examinar la influencia de temperatura en la adsorción. El caudal, la temperatura y la presión se registran continuamente. Los puntos de toma de muestras están colocados de tal modo que las curvas de ruptura y los perfiles de concentración puedan registrarse.

Para analizar los ensayos se requiere de equipamiento analítico. La selección del equipamiento analítico depende del tipo de adsorbato utilizado. Se puede utilizar, p. ej., azul de metileno como adsorbato. La concentración de azul de metileno se puede determinar con un fotómetro.

CE 583
Adsorción

1 depósito de solución de adsorbato, 2 bomba de circulación, 3 depósito de agua depurada, 4 dispositivo de calefacción, 5 sensor de temperatura, 6 caudalímetro, 7 adsorbedor de seguridad, 8 adsorbedor, 9 termómetro, 10 manómetro, 11 armario de distribución, 12 bomba dosificadora



1 bomba dosificadora, 2 bomba de circulación, 3 solución de adsorbato concentrada, 4 agua depurada, 5 dispositivo de calefacción, 6 adsorbedor de seguridad, 7 adsorbedor, 8 agua bruta; F caudal, P presión, T temperatura

Especificación

- [1] 2 adsorbedores llenos de carbón activado
- [2] adsorbedor con 8 puntos de toma de muestras
- [3] adsorbedor de seguridad para circuito de agua cerrado
- [4] proceso continuo
- [5] bomba dosificadora para solución de adsorbato concentrada
- [6] bomba para la circulación del agua depurada
- [7] regulación de la temperatura del agua
- [8] indicador digital de temperatura
- [9] caudal ajustable
- [10] modificación de la concentración de adsorbato y del tiempo de contacto

Datos técnicos

Adsorbedor y adsorbedor de seguridad

- diámetro interior: 60mm cada uno
- altura: 600mm cada uno
- capacidad: 1700cm³ cada uno

Depósitos

- agua depurada: 45L
- solución de adsorbato: 45L

Bomba de circulación

- caudal máx.: 180L/h
- max. head: 10m

Bomba dosificadora

- caudal máx.: 2,1L/h
- altura de elevación máx.: 160m

Dispositivo de calefacción

- potencia máx.: 500W

Rangos de medición

- caudal: 0...60L/h
- temperatura: 0...60°C
- presión: 0...2,5bar

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1500x790x1900mm
Peso: aprox. 180kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe
azul de metileno (recomendación)

Volumen de suministro

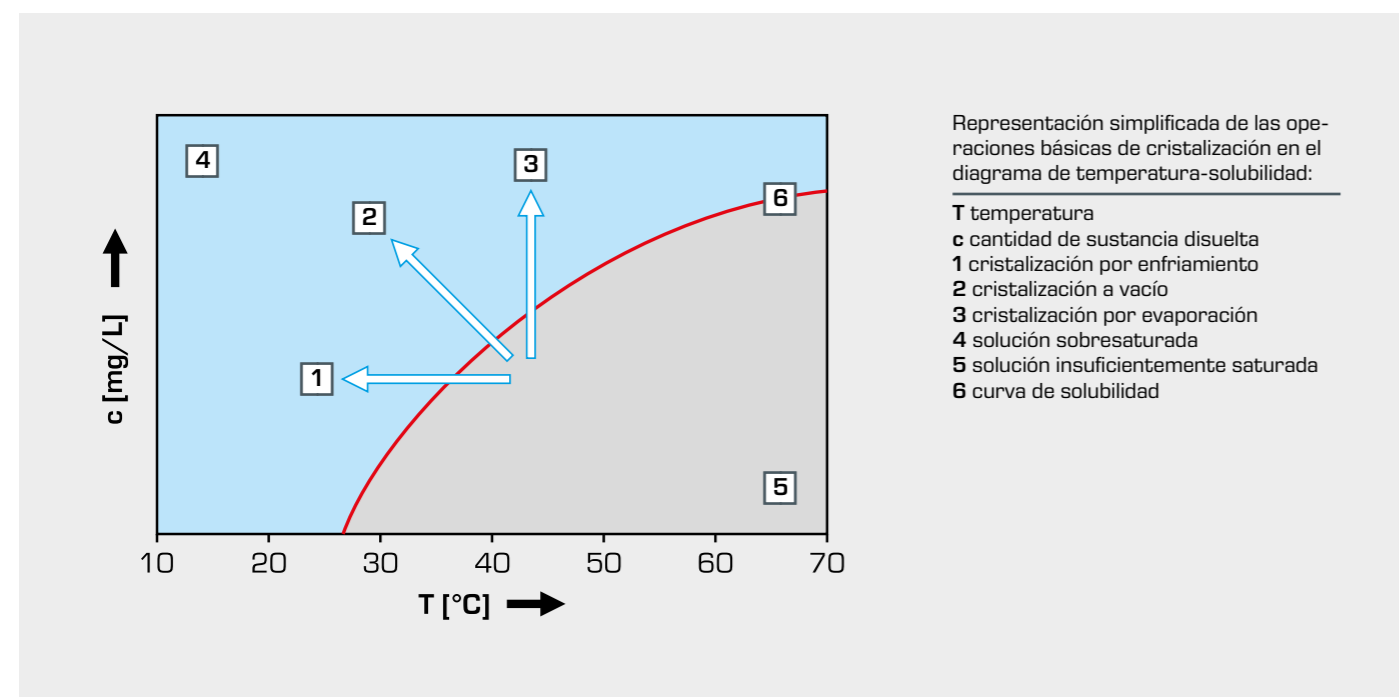
- 1 banco de ensayos
- 1 envase con carbón activado
- 1 juego de tubos de ensayo
- 1 juego de herramientas
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos Cristalización

La cristalización es una operación básica de la ingeniería de procesos térmicos, que sirve ante todo para la separación y la purificación, pero también para la conformación de materiales. Una característica de la cristalización es la formación de una nueva fase sólida (cristalizado). El cristalizado se puede formar a partir de una solución, de una masa fundida o de un vapor. En la ingeniería industrial química y de procesos se sitúa en un primer plano la técnica de cristalización a partir de fases líquidas, especialmente de soluciones. Desempeña un papel importante la producción de materias cristalinas en grandes cantidades,

como son la obtención del azúcar, la de sal común y la de fertilizantes, a partir de soluciones acuosas.

Un disolvente (p. ej. agua) es capaz de disolver una determinada cantidad de una sustancia (sal) a una temperatura dada. Mientras no se alcance la capacidad de absorción límite (concentración de saturación) de sustancia disuelta en el disolvente, sólo existe una fase, la líquida. Al superarse la concentración de saturación, comienza a cristalizar la sustancia disuelta. Se forma una segunda fase, sólida, el cristalizado.



La cristalización se puede lograr por tres operaciones básicas:

■ Cristalización por enfriamiento

Si la solubilidad variase mucho con la temperatura, la concentración de saturación se puede sobrepasar por enfriamiento.

■ Cristalización por evaporación

Se evapora una parte del disolvente, hasta que la cantidad de sustancia disuelta en la solución restante supere la concentración de saturación. Esta operación básica se emplea en los casos en que la solubilidad depende poco de la temperatura.

■ Cristalización a vacío

En esta operación básica se aprovecha una combinación de los dos efectos antes mencionados. En un evaporador a vacío se evapora una parte del disolvente. La eliminación del calor necesario enfría además la solución. Esta operación básica es ventajosa, ante todo, para los casos de sustancias sensibles a la temperatura, ya que la evaporación en vacío tiene lugar a temperaturas más bajas.

Conocimientos básicos Procesos de separación mediante membranas

En comparación con la filtración, los procesos de separación mediante membranas eliminan del agua sustancias de un tamaño significativamente menor (p. ej. virus o iones disueltos). Las fuerzas impulsoras de separación pueden ser, por ejemplo, diferencias de concentración o de presión entre ambos lados de la membrana. En el tratamiento de aguas se emplean los siguientes procesos de separación mediante membranas:

Microfiltración

Ultrafiltración

Nanofiltración

Ósmosis inversa

La diferencia de presiones (denominada presión transmembra) aumenta en el orden indicado anteriormente. Al mismo tiempo disminuye el límite de separación (tamaño de las menores sustancias separables). El agua depurada se denomina permeado y la fracción del agua bruta retenida recibe el nombre de rechazo.

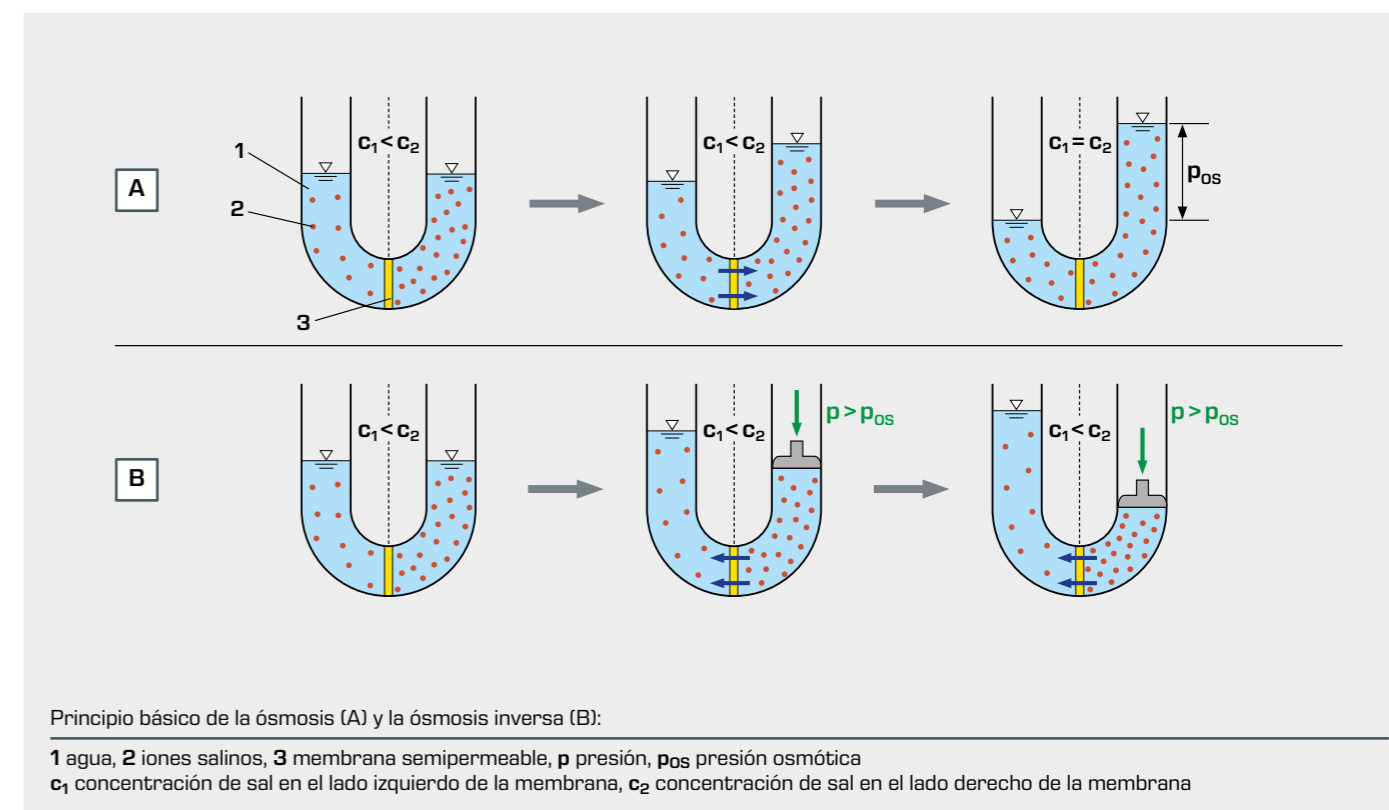
Ósmosis inversa

La ósmosis inversa es especialmente importante. Esta operación básica permite obtener agua de alta pureza. Esto es necesario para muchos procesos industriales. Otro ejemplo de aplicación es la desalinización de agua de mar.

Para comprender el proceso de ósmosis inversa, consideremos el siguiente ejemplo (ilustración). Dos disoluciones salinas de concentraciones diferentes están separadas por una membrana semipermeable. La membrana sólo deja pasar las moléculas de agua. Para compensar la diferencia de concentración el agua pasa a través de la membrana desde el lado izquierdo hacia el derecho. El nivel del agua sube en el lado derecho hasta que se establece un estado de equilibrio, el llamado equilibrio

osmótico. A ambos lados de la membrana se alcanza entonces la misma concentración de sal. La diferencia de presión hidrostática originada entre ambos lados de la membrana se conoce como presión osmótica.

Para invertir el sentido de flujo del agua (ósmosis inversa) se ha de superar la presión osmótica. Para lograr esto es necesario ejercer en el lado derecho de la membrana una presión mayor que la osmótica. El agua fluye entonces de derecha a izquierda a través de la membrana. En el lado derecho se obtiene el rechazo y en el izquierdo el permeado. Para los ejemplos de aplicación mencionados son necesarias presiones de hasta 100 bares aproximadamente.



CE 520

Cristalización por enfriamiento



Descripción

- cristalización de soluciones
- crecimiento cristalino en un lecho fluidizado
- materiales transparentes para observar los procesos

La cristalización permite que sustancias disueltas en soluciones se transformen en sólidos. Los sólidos se pueden separar de la solución.

Este banco de ensayos ha sido desarrollado en cooperación con el **Instituto de Ingeniería de Procesos Térmicos de la Universidad Martin-Luther de Halle-Wittenberg (Prof. Dr. Ulrich)**.

Una bomba transporta una solución saturada de sulfato potásico en un circuito provisto de un depósito. Para evitar una cristalización prematura, la solución se calienta a una temperatura superior a la de saturación por medio de un circuito de calefacción. Los dos circuitos son conectados por dos cambiadores de calor. Se hace pasar una pequeña parte de esta solución insuficientemente saturada a través de la célula de cristalización, en forma de bypass. Esta parte de la solución se enfría con agua de refrigeración en dos cambiadores de calor, con el fin de provocar la cristalización. El descenso de la temperatura hace que la solución pase a un estado sobresaturado, metaestable.

La célula de cristalización consiste en un tubo provisto de medios filtrantes porosos en la entrada y la salida. La célula desmontable se puede abrir para introducir cristales que servirán de gérmenes de cristalización. Los medios filtrantes porosos se eligen de forma que los cristales no puedan salir de la célula. Las condiciones de flujo hacen que en la célula se forme un lecho fluidizado. El sulfato potásico se cristaliza sobre los gérmenes, separándose de la solución metaestable. Los cristales crecen. Pesando los cristales antes y después del ensayo y registrando el tiempo se puede determinar la velocidad de crecimiento de los cristales.

Para la preparación de una solución saturada de sulfato potásico se dispone de un depósito de agitación y cambiador de calor. Las temperaturas de ambos depósitos y la temperatura del bypass necesaria para la cristalización se registran con sensores y se controlan.

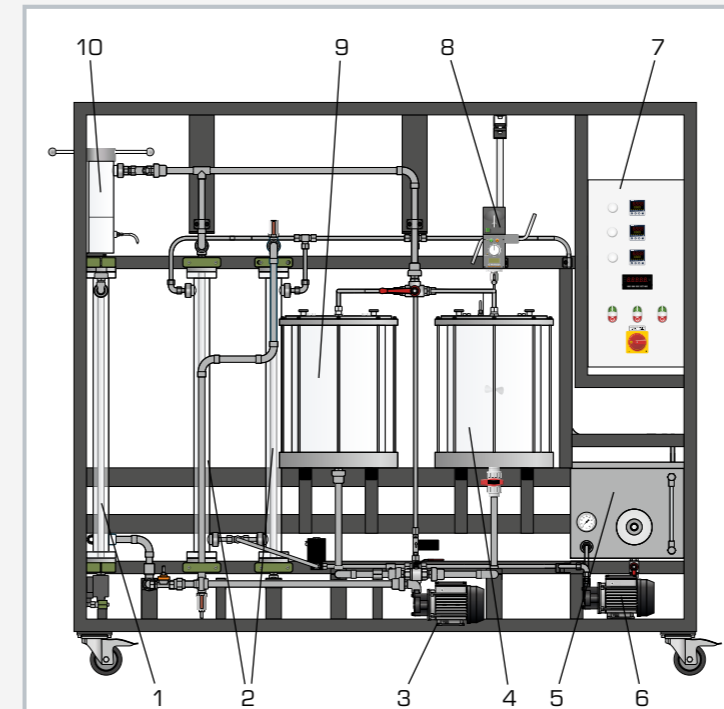
Para la evaluación de los ensayos se recomienda disponer de una estufa, una balanza, una tamizadora y un microscopio. El volumen de suministro no incluye el sulfato potásico.

Contenido didáctico/ensayos

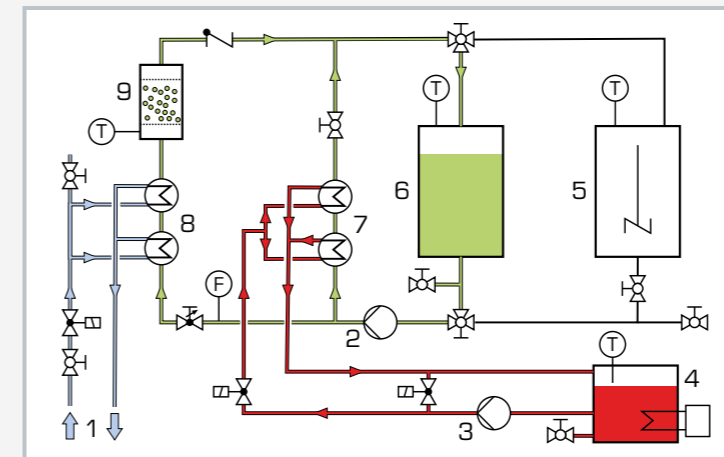
- principio básico de la cristalización por enfriamiento
- estudio de los factores que influyen en el crecimiento de los cristales
 - ▶ sobresaturación
 - ▶ duración de cristalización

CE 520

Cristalización por enfriamiento



1 cambiador de calor para enfriar, 2 cambiador de calor para calentar, 3 bomba para la solución, 4 depósito de agitación para preparar la solución saturada, 5 depósito con dispositivo de calefacción y termostato, 6 bomba del circuito de calefacción, 7 armario de distribución, 8 agitador, 9 depósito para la solución insuficientemente saturada, 10 célula de cristalización



1 agua refrigerante externa, 2 bomba para la solución, 3 bomba del circuito de calefacción, 4 depósito con dispositivo de calefacción y termostato, 5 depósito de agitación para preparar la solución saturada, 6 depósito para la solución insuficientemente saturada, 7 cambiador de calor para calentar, 8 cambiador de calor para enfriar, 9 célula de cristalización; T temperatura, F caudal

Especificación

- [1] cristalización de soluciones en lecho fluidizado
- [2] depósito de agitación para preparar una solución saturada
- [3] circuito para la solución insuficientemente saturada, con depósito, 2 cambiadores de calor para calentar y bomba
- [4] bypass para solución sobresaturada con célula de cristalización y 2 cambiadores de calor para enfriar
- [5] célula de cristalización de PMMA, desmontable y llenable
- [6] circuito de calefacción con bomba, depósito, dispositivo de calefacción y termostato
- [7] ajuste del caudal en el bypass mediante válvulas
- [8] registro y control de las temperaturas en el depósito de agitación, el depósito para la solución insuficientemente saturada y en la célula de cristalización

Datos técnicos

Depósitos

- depósito de agitación: aprox. 25L
- para solución insuficientemente saturada: aprox. 25L
- circuito de calefacción: aprox. 32L

Bomba (solución)

- caudal máx.: aprox. 18L/min
- altura de elevación máx.: aprox. 38m

Bomba (circuito de calefacción)

- caudal máx.: aprox. 6L/min
- altura de elevación máx.: aprox. 9m

Célula de cristalización

- diámetro: aprox. 40mm
- altura: aprox. 80mm

Potencia del dispositivo de calefacción: aprox. 2kW

Rangos de medición

- temperatura: 3x 0...100°C, 1x 0...80°C
- caudal: 1x 0...12L/min

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 3 fases

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 2000x800x1850mm

Peso: aprox. 255kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua fría: min. 3bar, max. 15°C; desagüe

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 manguera
- 1 juego de herramientas
- 1 material didáctico

CE 530

Ósmosis inversa



La ilustración muestra: unidad de alimentación (izquierda) y banco de ensayos (derecha), "screen mirroring" es posible con diferentes dispositivos finales

Descripción

- proceso de separación mediante membranas para recuperar el disolvente de una solución salina
- módulo de membrana en espiral para la separación
- control de instalación mediante un PLC integrado
- un enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring" con dispositivos finales: PC, tableta, smartphone

Este banco de ensayos ha sido desarrollado en cooperación con el Instituto de Ingeniería de Procesos Térmicos de la Universidad Técnica de Hamburg-Harburg. En un depósito provisto de un mecanismo de agitación se prepara una solución de cloruro sódico (NaCl) con una concentración definida (hasta 3,2% máx.). Una bomba transporta la solución al módulo de membrana en espiral. La bomba genera la presión necesaria para la separación.

El módulo de membrana en espiral está formado por varias bolsas de membrana. Una bolsa de membrana consta de dos membranas entre las que se encuentra un espaciador poroso. La bolsa de membrana está cerrada por tres lados y por el cuarto lado, abierto, está conectada al tubo perforado colector de permeato. Entre las bolsas se encuentran otros espaciadores que garantizan el flujo axial de la solución salina. Estos espaciadores están enrollados

junto con las bolsas de membrana en espiral alrededor del tubo colector de permeato. La solución salina entra por la cara frontal del módulo y circula en dirección axial entre las bolsas de membrana. La membrana semipermeable deja pasar el agua (permeato), pero no el NaCl disuelto. La presión aplicada introduce el agua a presión en las bolsas, a través de membrana. Allí fluye en forma de espiral hacia el tubo colector y abandona en dirección axial. La disolución se concentra al separarse el agua en su recorrido por el módulo. Abandona el módulo como retentato y se devuelve al depósito de agua bruta. El permeato se recoge en un depósito separado. La presión aplicada introduce el agua a presión en las bolsas, a través de membrana. Allí fluye en forma de espiral hacia el tubo colector y abandona en dirección axial. La disolución se concentra al separarse el agua en su recorrido por el módulo. Abandona el módulo como retentato y se devuelve al depósito de agua bruta. El permeato se recoge en un depósito separado. La presión aplicada introduce el agua a presión en las bolsas, a través de membrana. Allí fluye en forma de espiral hacia el tubo colector y abandona en dirección axial. La disolución se concentra al separarse el agua en su recorrido por el módulo. Abandona el módulo como retentato y se devuelve al depósito de agua bruta. El permeato se recoge en un depósito separado.

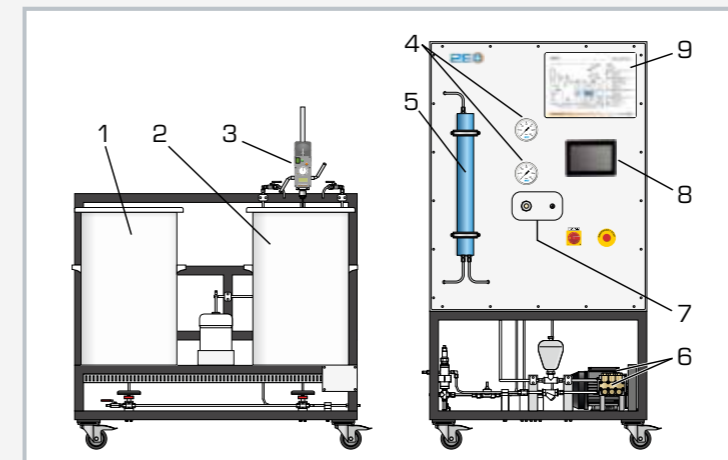
CE 530 está controlado mediante un PLC vía la pantalla táctil. La presión y el caudal se pueden ajustar mediante válvulas. Mediante un enrutador integrado, el CE 530 puede ser controlado alternativamente a través de un dispositivo final. La interfaz de usuario también puede ser representada con los dispositivos finales ("screen mirroring"). Vía PLC, los valores medidos se pueden registrar internamente. El acceso a los valores medidos registrados es posible desde los dispositivos finales. Vía conexión LAN directa los valores medidos también se pueden transferir a un ordenador y evaluar con ayuda del software GUNT.

Contenido didáctico/ensayos

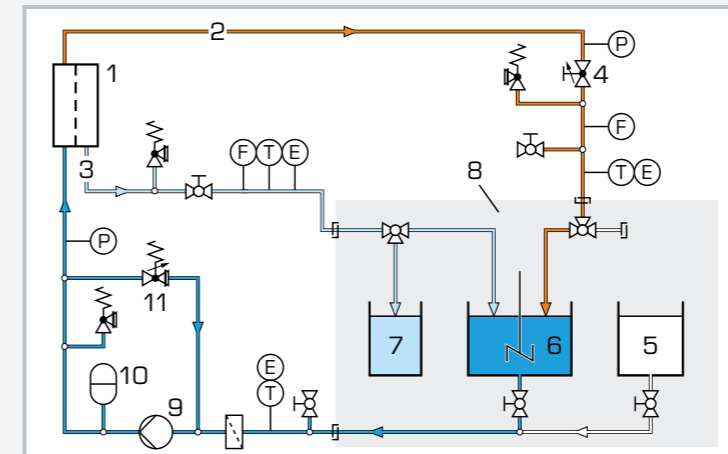
- montaje, limpieza y conservación de módulos de membrana
- principio básico de la ósmosis inversa
 - ▶ ley de Van't Hoff
- caudal de permeato y coeficiente de retentato dependen de
 - ▶ presión
 - ▶ concentración de sal en el agua bruta
 - ▶ rendimiento
- determinación del coeficiente de difusión
- "screen mirroring": la interfaz de usuario se refleja con dispositivos finales
 - ▶ navegación en el menú, independiente de la visualización en la pantalla táctil
 - ▶ diferentes niveles de usuario disponibles en el dispositivo final: observación de los ensayos o manejo y control

CE 530

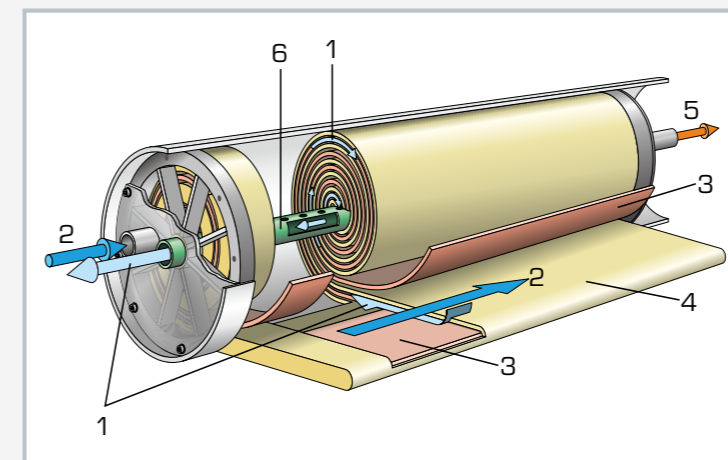
Ósmosis inversa



1 depósito de agua de lavado (agua destilada), 2 depósito de agua bruta (disolución salina), 3 mecanismo de agitación, 4 manómetros, 5 módulo de membrana en espiral, 6 bomba con motor, 7 válvulas, 8 PLC con pantalla táctil, 9 esquema de proceso



1 módulo de membrana en espiral, 2 retentato, 3 permeato, 4 válvula de retentato, 5 agua de lavado (agua destilada), 6 agua bruta (disolución salina), 7 permeato, 8 unidad de alimentación, 9 bomba, 10 amortiguador de pulsaciones, 11 válvula de rebose; P presión, F caudal, T temperatura, E conductividad



Módulo de membrana en espiral: 1 permeato, 2 agua bruta, 3 espaciador, 4 bolsa de membrana, 5 retentato, 6 tubo colector de permeato

Especificación

- [1] separación del disolvente de una solución salina por ósmosis inversa
- [2] módulo de membrana de poliamida en espiral
- [3] bomba de émbolo con amortiguador de pulsaciones para generación de presión
- [4] válvula de rebose para ajustar la presión antes del módulo de membrana en espiral
- [5] válvula para ajustar el caudal de retentato
- [6] dispositivo de seguridad para proteger la bomba de funcionamiento en seco
- [7] control de la instalación mediante un PLC, operable a través de pantalla táctil, PLC: Eaton XV-303
- [8] enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring": visualización de la interfaz de usuario con hasta 5 dispositivos finales
- [9] adquisición de datos a través del PLC en la memoria interna, acceso a los valores de medición registrados a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente
- [10] software GUNT para la adquisición de datos a través de LAN en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

- Módulo de membrana en espiral
- superficie activa: 1,2m²
 - caudal de agua bruta: máx. 1,4m³/h
 - longitud: aprox. 533mm, Ø aprox. 61mm
- Bomba de émbolo: caudal máx. aprox. 585L/h, máx. presión: aprox. 140bar
- Presión de servicio máx.: 58bar
- Mecanismo de agitación: consumo de potencia: 130W, número de revoluciones: 50...1000min⁻¹
- Depósitos
- agua bruta (disolución salina, 3,2% máx.): aprox. 110L
 - agua de lavado (agua destilada): aprox. 110L
 - permeato: aprox. 5L

Rangos de medición

- caudal: 0,5...7,5L/min (retentato), 0,05...1,8L/min (permeato)
- temperatura: 3x 0...60°C
- presión: 4x 0...100bar (2x manómetro, 2x sensor)
- conductividad: 3x 0...200mS/cm

230V, 50Hz, 1 fase; 230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase; UL/CSA opcional
LxAnxAI: 1250x1050x2100mm (banco de ensayos)
LxAnxAI: 1500x1050x1400mm (unidad de alimentación)
Peso total: aprox. 290kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe, cloruro de sodio (NaCl), agua destilada, disulfato de sodio (conservación del módulo de membrana), sosa cáustica, ácido clorhídrico, PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

banco de ensayos, unidad de alimentación, membrana, depósito de conservación, 1 juego de accesorios, 3x conductímetro, 1 software GUNT, 1 material didáctico

Conocimientos básicos

Extracción líquido-líquido

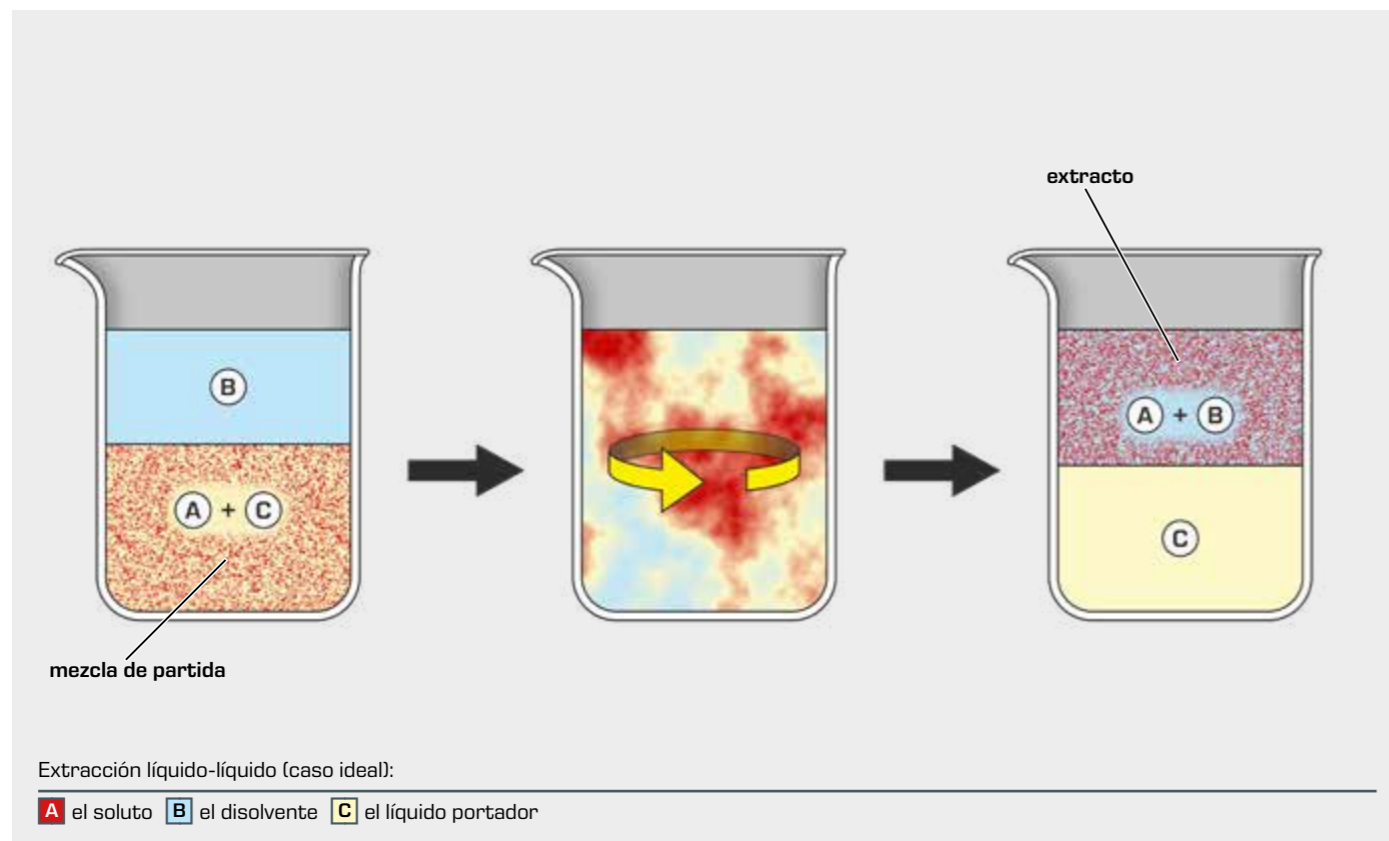
En la extracción líquido-líquido se separa un componente de una mezcla líquida, con ayuda de un disolvente, que preferentemente lo disuelve. Campos de aplicación son, por ejemplo, la separación de vitaminas de soluciones acuosas o la separación de aromáticos de fracciones de petróleo.

En el caso más sencillo participan tres componentes:

- el soluto
- el disolvente
- el líquido portador

El soluto forma parte de la mezcla de partida junto con el líquido portador (alimento). Si la mezcla de partida y el disolvente se mezclan entre sí, el soluto pasa al disolvente. Ha de cumplirse la condición

de que la solubilidad del componente en el disolvente sea mayor que la del líquido portador. Tras la decantación se obtienen dos fases: el disolvente con el soluto disuelto (extracto) y el líquido portador. A su vez, el líquido portador debería ser prácticamente insoluble en el disolvente.



La ilustración representada como ejemplo parte del planteamiento ideal en el que el soluto A es absorbido en su totalidad por el disolvente. En realidad queda siempre un resto del soluto en el líquido portador. Además se admite la insolubilidad total del líquido portador en el disolvente. En la práctica siempre se encontrarán trazas de cada una de las sustancias en la otra fase.

El resultado es que en el proceso de separación real se forman dos fases después de la decantación:

- **la fase extracto** (principalmente A y B, restos de C)
- **la fase refinado** (principalmente C, restos de A y B)

Para obtener un soluto lo más puro posible, a continuación de la extracción se añade un paso más de separación, gene-

ralmente en forma de rectificación, en el que el disolvente se separa del soluto. El disolvente se puede reciclar, estando así disponible de nuevo para la extracción.

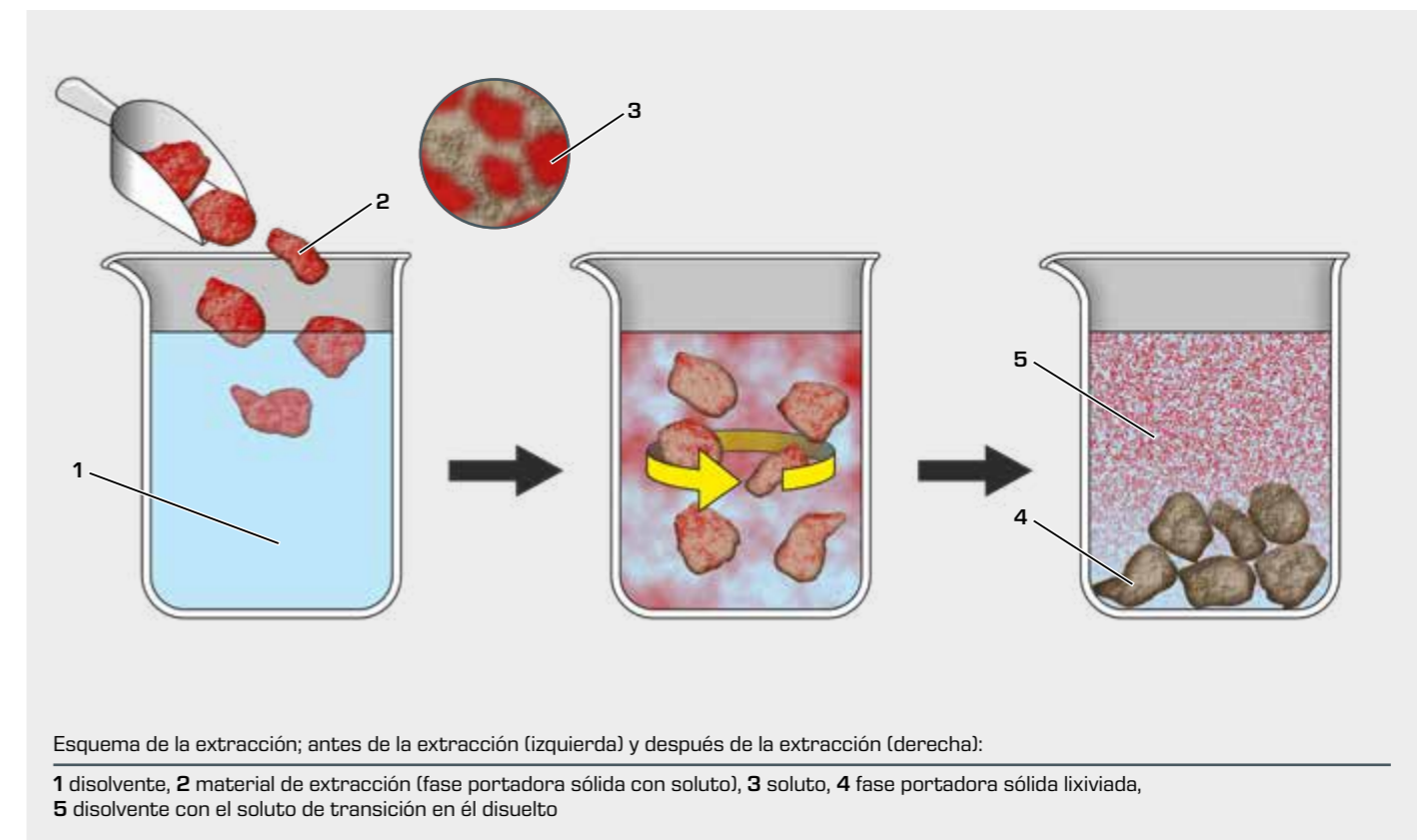
Conocimientos básicos

Extracción sólido-líquido

Con la extracción sólido-líquido se puede extraer componentes solubles de sólidos con ayuda de un disolvente. Campos de aplicación de esta operación básica son, por ejemplo, la obtención de aceite de frutos oleaginosos o la lixiviación de minerales.

Un ejemplo de la vida cotidiana es la preparación de la infusión de café. En este proceso, la sustancia aromática del café (soluto) se extrae con agua (disolvente) del café molido (material de extracción, formado por la fase portadora sólida y el soluto). En el caso ideal se obtiene la infusión de café (disolvente con la sustancia aromática disuelta) y en el filtro de la cafetera queda el café molido totalmente lixiviado (fase portadora sólida).

En la práctica, al término de la extracción, la fase portadora sólida siempre contendrá todavía una parte del soluto en el sólido. Además, una parte del disolvente permanecerá también ligada de forma adsorbato a la fase portadora sólida.



Para conseguir una extracción lo más rápida y completa posible del sólido, se tiene que ofrecer al disolvente superficies de intercambio grandes y recorridos de difusión cortos. Esto se puede lograr triturando el sólido a extraer. Un tamaño de grano demasiado pequeño puede causar, por el contrario, apelmazamiento que dificulta el paso del disolvente.

En la forma más sencilla de esta operación básica se mezclan bien el material de extracción y el disolvente. A continuación se separa y se regenera el disolvente junto con el soluto en él disuelto.

El material de extracción puede estar presente también como lecho fijo, que es atravesado por el disolvente. En otra forma de aplicación, el material de extracción percola a través del disolvente.

La regeneración del disolvente consiste, generalmente, en un proceso de evaporación / destilación. En él se elimina parte del disolvente y queda una solución concentrada de extracto como producto. El disolvente se condensa y se puede reutilizar.

CE 620

Extracción líquido-líquido



Contenido didáctico/ensayos

- transferencia al disolvente de un componente de una mezcla líquida de dos componentes por extracción
- transmisión de los resultados de la escala de laboratorio a la escala de piloto
- enriquecimiento del soluto en el extracto por destilación
- evaluación de los procesos de separación a través de medición de la concentración y balances de masa
- influencia de las variantes de ensayos en los procesos de separación

Descripción

- separación de una mezcla líquida por extracción líquido-líquido en contracorriente
- enriquecimiento del extracto con una columna de destilación integrada
- posibilidad de funcionamiento en modo continuo o discontinuo
- la construcción y los materiales permiten estudiar diversos sistemas ternarios
- posibilidad de ajuste y observación de la interfase
- accesorios herramientas en un sistema de almacenamiento con espuma de embalaje

Con el equipo CE 620 se pueden separar mezclas líquidas por extracción líquido-líquido.

La mezcla líquida a separar se transporta desde el depósito de alimentación a la

parte inferior de la columna de extracción con una bomba. Desde allí fluye en contracorriente con el disolvente, que es transportado por una bomba al interior de la columna de extracción, por la parte superior de la misma. La mezcla a separar está formada por el soluto y el líquido portador. El líquido portador y el disolvente no son miscibles entre sí. Por esta razón se forma una interfase en la columna. Esta frontera se puede ajustar con dos válvulas, pudiéndose. Dentro de la columna tiene lugar la transferencia del soluto al disolvente. Dos válvulas de tres vías permiten utilizar el banco de ensayos como proceso continuo o discontinuo.

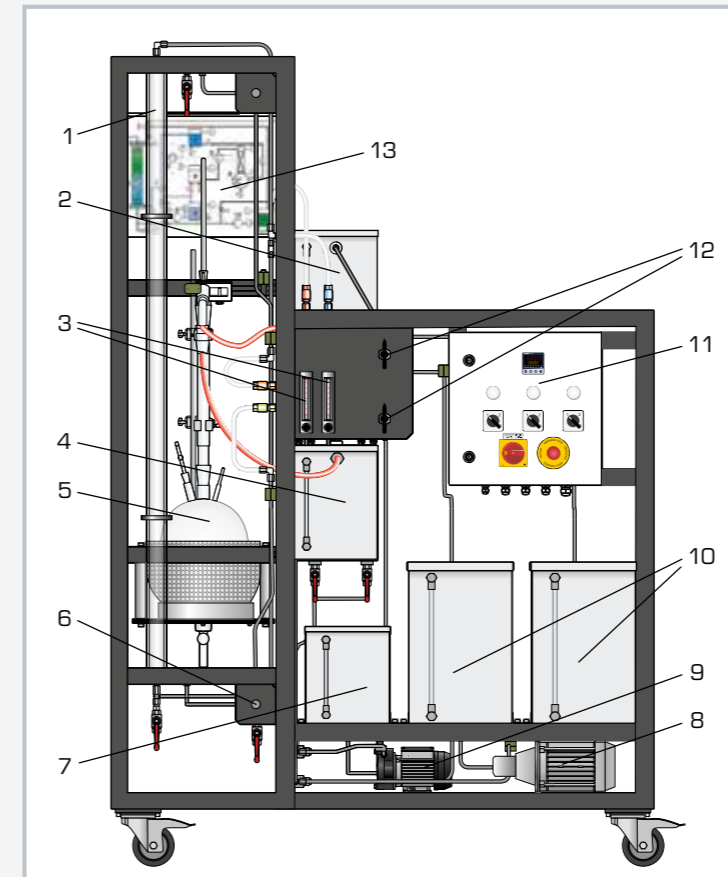
Una unidad de destilación se utiliza para enriquecer del soluto en el extracto. Dicha unidad consta de un matraz de fondo redondo calentado, una columna de relleno y un puente acodado con refrigerador Liebig.

El extracto enriquecido abandona la columna por la parte superior y se acumula en un depósito. La temperatura del residuo se registra con un sensor con un indicador digital y se regula con un regulador PID. También se registra la temperatura en la cabeza de la columna de destilación. El soluto separado del disolvente se acumula en el fondo de la columna, de donde se puede extraer como residuo de destilación. El disolvente destilado se acumula en un depósito y se puede reutilizar para la extracción.

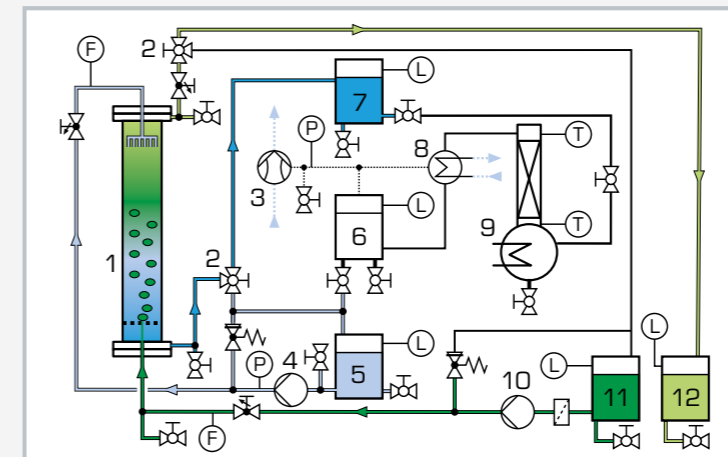
Como sistema ternario se recomienda aceite de colza como líquido portador, etanol como soluto y agua como disolvente. Por este sistema ternario las concentraciones en el extracto, el producto de cabeza y el residuo pueden determinarse con ayuda de la medición de la densidad. Por sistemas ternarios alternativos se incluye un conductímetro en el volumen de suministro.

CE 620

Extracción líquido-líquido



1 columna de extracción, 2 depósito de extracto, 3 caudalímetros de alimento y de disolvente, 4 depósito de producto de cabeza (destilación), 5 unidad de destilación, 6 válvula de la interfase, 7 depósito de disolvente, 8 bomba de alimentación, 9 bomba de disolvente, 10 depósito de alimento y de refinado, 11 armario de distribución, 12 válvulas de tres vías, 13 esquema de proceso



1 columna de extracción, 2 válvulas de tres vías, 3 trompa de agua, 4 bomba de disolvente, 5 depósito de disolvente, 6 depósito de producto de cabeza (destilación), 7 depósito de extracto, 8 refrigerador Liebig con toma de agua de refrigeración, 9 columna de destilación, 10 bomba de alimentación depósito de residuo, 11 depósito de alimento, 12 depósito de refinado; F caudal, P presión, T temperatura, L nivel

Especificación

- [1] extracción líquido-líquido en contracorriente, con destilación para enriquecimiento del extracto
- [2] funcionamiento en modo continuo o discontinuo, a través de dos válvulas de tres vías
- [3] columna de extracción de vidrio
- [4] columna de destilación y puente acodado con refrigerador Liebig
- [5] calefacción eléctrica del depósito de residuo, con regulador PID
- [6] trompa de agua para rebajar la temperatura de evaporación en la unidad de destilación
- [7] depósitos de acero inoxidable para alimento, disolvente, refinado, fase extracto y producto de cabeza (destilación)
- [8] 2 bombas para transporte del alimento y del disolvente
- [9] 2 válvulas para ajustar la interfase
- [10] columna de destilación rellena con anillos Raschig

Datos técnicos

Columnas

- extracción: diámetro: 40mm, altura: 1500mm
- destilación: diámetro: 30mm, altura: 415mm

Dispositivo de calefacción de residuo: 1200W

Depósitos para

- alimento y refinado: aprox. 30L cada uno
 - disolvente y extracto: aprox. 15L cada uno
 - producto de cabeza (destilación): 15L
 - depósito de residuo de destilación: aprox. 5L
- Bomba de alimentación
- caudal máx.: 1000mL/min
 - altura de elevación máx.: 80m
- Bomba de disolvente
- caudal máx.: 1200mL/min
 - altura de elevación máx.: 10m
- Trompa de agua: vacío final: aprox. 200mbar

Rangos de medición

- temperatura: 1x 0...150°C, 1x 0...120°C
- caudal: 2x 100...850mL/min (agua)
- presión: -1...0,6bar
- conductividad: 0...1990µS/cm

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1350x750x2150mm

Peso: aprox. 180kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua: 720L/h

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 conductímetro
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 630

Extracción sólido-líquido



Contenido didáctico/ensayos

- principio básico de la extracción sólido-líquido
- demostración de la extracción sólido-líquido como proceso continuo o discontinuo
- estudio de un proceso de 1, 2 y 3 etapas
- influencia del caudal y la temperatura del disolvente en el proceso de extracción
- influencia del caudal del material de extracción y el número de revoluciones del extractor en el proceso de extracción

Descripción

- **extracción sólido-líquido discontinua y continua**
- **es posible trabajar con una, dos ó tres etapas**
- **material de extracción regenerable**
- **software GUNT con funciones de control y adquisición de datos**

Con el equipo CE 630 se puede extraer el componente soluble de una mezcla sólida con un extractor giratorio.

En régimen continuo de tres etapas se transporta desde un depósito disolvente puro (agua destilada) al aspersor de la primera etapa de extracción y se distribuye sobre la mezcla sólida (material de extracción). El disolvente percola a través del material de extracción, disuelve sus componentes solubles (hidrocarbonato potásico) y llega a los segmentos colectores.

El disolvente enriquecido es transportado desde allí al aspersor de la etapa siguiente. El disolvente cargado de componente extraído (extracto) se acumula en el depósito de fase extracto después la última etapa. Un tornillo sin fin transporta continuamente material de extracción al extractor giratorio. El material de extracción y el disolvente se desplazan en contracorriente. El residuo de extracción lixiviado cae a un depósito tras una vuelta del extractor.

Mediante la utilización de válvulas se puede seleccionar el régimen continuo de una ó dos etapas. Cuando el extractor giratorio está parado, es posible trabajar en régimen discontinuo.

El disolvente se transporta por medio de tres bombas, cuyo número de revoluciones se puede ajustar individualmente para cada una de las etapas de separación. La temperatura del disolvente se puede ajustar también para cada etapa mediante reguladores PID. Cada etapa de separación está provista de sensores de conductividad que controlan el proceso de separación. Todos los valores medidos se pueden visualizar con un software.

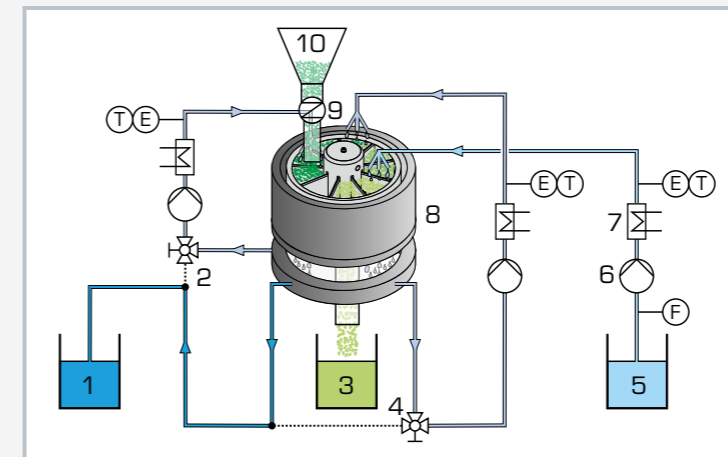
La mezcla sólida (material de extracción) se prepara antes del ensayo de extracción. El material portador (óxido de aluminio granulado) se introduce en una solución salina (hidrocarbonato potásico disuelto en agua). A continuación se seca el material portador empapado de solución salina.

CE 630

Extracción sólido-líquido



1 esquema del proceso, 2 tornillo sin fin para transporte del material de extracción, 3 extractor giratorio, 4 unidad de accionamiento del extractor giratorio, 5 bomba detrás de los recipientes, 6 recipiente, 7 válvulas para seleccionar el régimen de operación, 8 dispositivo de calefacción y alimentación de disolvente, 9 armario de distribución con elementos de mando



1 extracto, 2 conexión para régimen de dos etapas, 3 residuo de extracción, 4 conexión para régimen de una etapa, 5 disolvente, 6 bomba, 7 dispositivo de calefacción, 8 extractor giratorio, 9 tornillo sin fin, 10 material de extracción; T temperatura, E conductividad, F caudal

Especificación

- [1] extractor giratorio para extracción sólido-líquido continua y discontinua
- [2] es posible seleccionar el régimen de 1, 2 ó 3 etapas mediante válvulas
- [3] el número de revoluciones del extractor giratorio se puede ajustar por medio de potenciómetro
- [4] tornillo sin fin de velocidad variable para ajustar el caudal del material de extracción
- [5] el caudal de disolvente se puede ajustar para cada etapa a través del número de revoluciones de las bombas
- [6] la temperatura del disolvente se puede ajustar para cada etapa por medio de reguladores PID
- [7] depósitos de material de extracción, residuo de extracción, disolvente y extracto
- [8] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

Extractor giratorio

- 9 células
- diámetro del rotor: aprox. 200mm
- número de revoluciones: aprox. 0...9h⁻¹
- consumo de potencia del motor: aprox. 0,9kW

Tornillo sin fin

- caudal máx.: aprox. 20L/h
- consumo de potencia del motor: aprox. 4W

4 bombas peristálticas

- caudal máx.: aprox. 25L/h con 300min⁻¹ y manguera de 4,8x1,6mm

3 dispositivos de calefacción

- consumo de potencia: aprox. 330W

Depósitos

- material de extracción: aprox. 5L
- residuo de extracción, disolvente, extracto: aprox. 20L cada uno

Rangos de medición

- caudal: 1x 0,025...0,5L/min
- conductividad: 4x 0...20mS/cm
- temperatura: 4x 0...50°C

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1360x780x1900mm

Peso: aprox. 150kg

Necesario para el funcionamiento

PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de herramientas
- 1 envase con óxido de aluminio
- 1 envase con hidrocarbonato potásico
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos

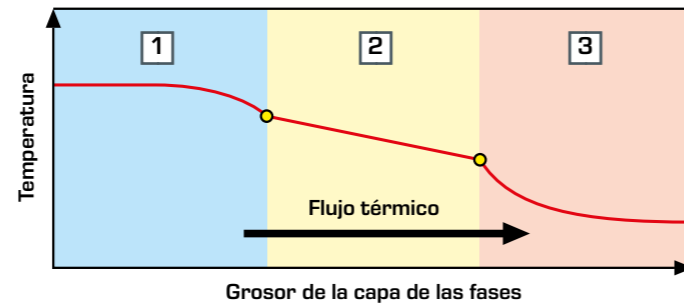
Transferencia de masa

La transferencia de masa forma parte de varios procesos básicos. Se trata, por ejemplo, de procesos de secado, absorciones y adsorciones.

Las mezclas o los sistemas de sustancias consideradas tratan de alcanzar un estado lo más bajo posible en términos de energía. Este esfuerzo también se denomina gradiente impulsor. Para una solución salina, por ejemplo, esto significa que los iones de sal disueltos se distribuirán uniformemente. Al cabo de un tiempo, se podrá medir la misma concentración en todos los puntos.

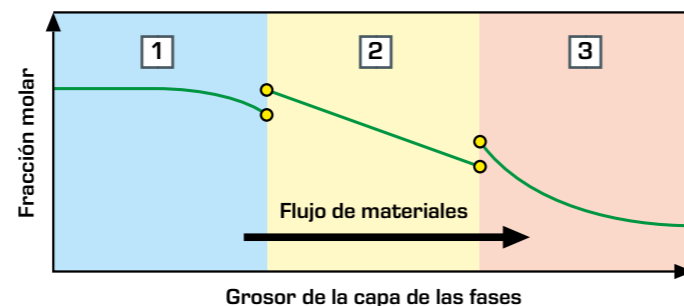
La contemplación de una **transferencia de masa** a partir de varios procesos de transporte de masa, como la difusión o la transferencia de masa convectiva, se denomina **transferencia de masa global**.

La descripción de la transferencia de masa se realiza con los procesos individuales de transporte de masa de forma análoga a los procesos de transporte de calor. Los dos diagramas muestran los perfiles de temperatura y fracción molar, así como los respectivos procesos de transporte existentes para fases planas.



Transferencia de calor ideal con tres fases planas:

1, 3 transferencia de calor, 2 conducción de calor



Transferencia de masa con tres fases planas:

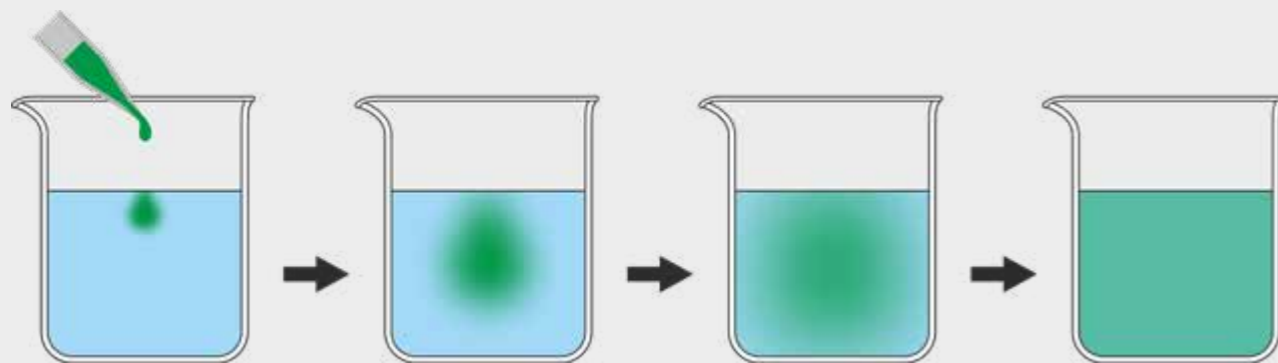
1, 3 transferencia de masa, 2 difusión

Difusión

La difusión es un proceso físico en el que átomos o moléculas migran dentro de un gas, una solución o incluso una materia sólida. La difusión es un proceso de **transporte de masa** basado en el movimiento molecular y es una forma de alcanzar el estado de menor energía. En general, la difusión requiere una diferencia local en la densidad del número de partículas, la cual actúa como gradiente impulsor. Los procesos de difusión finalizan cuando se alcanza un equilibrio de todas las densidades de número de partículas. En las soluciones, esto suele tardar varias horas, mientras que en los gases a menudo sólo unos cuantos segundos.

El cálculo se realiza con coeficientes de difusión, que deben determinarse para las sustancias implicadas. El coeficiente de difusión describe la movilidad de una sustancia dentro de otra sustancia o mezcla de sustancias. En el caso de una solución salina, por ejemplo, esto sería la movilidad de los iones de la sal dentro del agua.

Además, la temperatura y la presión pueden influir en la difusión. La dependencia de la temperatura suele formar parte de la ecuación de cálculo. La presión se da como indicación adicional para comprobar la validez de la ecuación de cálculo para el respectivo caso de aplicación.



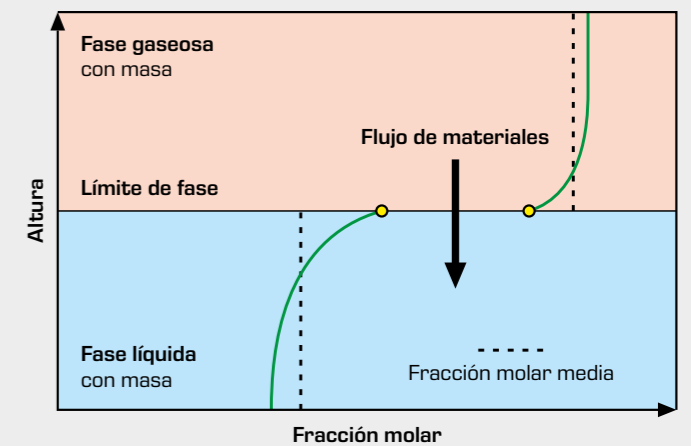
Transferencia de masa global

Una tarea de transferencia de masa suele abarcar varias secciones de transporte de masa que deben tenerse en cuenta. El proceso de transporte a través de todas las secciones se denomina **transferencia de masa global**. Los procesos individuales de transporte de masa son la difusión y la transferencia de masa. Dentro de una tarea, estos procesos también pueden producirse varias veces.

Ejemplo con transferencia de masa doble

Una fase gaseosa se encuentra por encima de una fase líquida. Las dos fases fluyen. En la fase gaseosa se encuentra una sustancia que es soluble en la fase líquida. Si aún no se ha alcanzado el estado de menor energía, se intentará alcanzarlo. En este caso, se produce una transferencia de masa global de la sustancia desde la fase gaseosa a la fase líquida. En la fase gaseosa se produce una transferencia de masa hacia el límite de fase y en la fase líquida una transferencia de masa que se aleja del límite de fase. Las fracciones molares se ajustarán hasta alcanzar el equilibrio. El cálculo del flujo de masa se realiza con los coeficientes de transferencia de masa y el gradiente impulsor, el cual se forma con la diferencia de las fracciones molares en el límite de fase y el valor medio dentro de la fase.

Una característica especial de la transferencia de masa es que la solubilidad de una sustancia en otras sustancias varía. Esto significa que las concentraciones en los límites de fase son diferentes.



Transferencia de masa convectiva

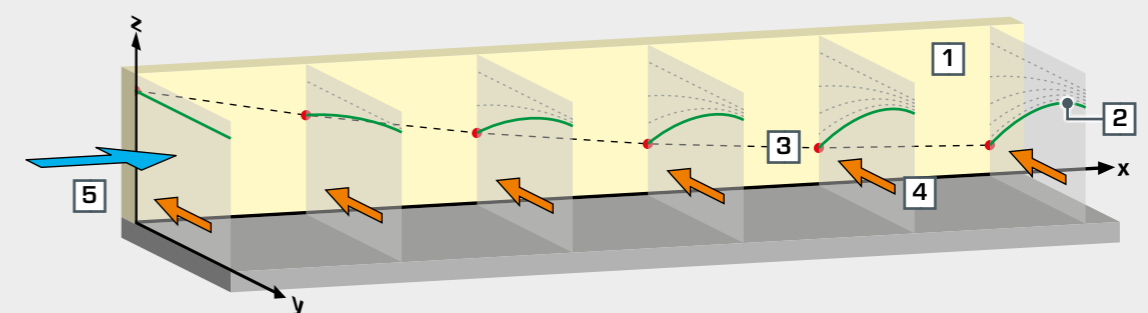
La transferencia de masa convectiva es un proceso de transporte de masa que tiene lugar cuando se produce al mismo tiempo un flujo. El flujo conduce a una transferencia de masa significativamente mejor, por lo que se determinaron otras ecuaciones para el dimensionamiento. Las influencias decisivas para la transferencia de masa son:

- condición de flujo (laminar o turbulento)
- grado de la formación de flujo
- grado de formación de perfil de las fracciones molares

Dependiendo de las condiciones existentes, se utiliza el **número de Sherwood** junto con la función de Sherwood válida para calcular el coeficiente de transferencia de masa.

Ejemplo

Una fase líquida con una sustancia fluye a lo largo de una membrana. La sustancia es absorbida por la membrana. En la fase inicial de la formación de perfil, la fracción molar es constante y disminuye en el desarrollo posterior. Dado que la sustancia es absorbida por la membrana, la fracción molar disminuye mucho más directamente en la membrana que en el flujo posterior. El perfil resultante de las fracciones molares, transversal a la dirección del flujo, representa una resistencia adicional al transporte de masa. Esta se tiene en cuenta por el coeficiente de transferencia de masa a calcular en la consideración global, el llamado transferencia de masa global.



x sección en dirección del flujo, y distancia de la membrana, z fracción molar

1 membrana, 2 fracción molar en función de la distancia a la membrana (y), 3 fracción molar en la proximidad inmediata de la membrana (y = 0), 4 flujo de material a la membrana, 5 flujo

CE 110

Difusión en líquidos y gases



Descripción

- transporte de materia por difusión en gases y soluciones acuosas
- aplicación de la Ley de Fick

La difusión es el transporte microscópico de materia de partículas, como átomos, moléculas e iones, debida a las diferencias de concentración. Esta desempeña un importante papel en muchos procesos. De este modo, la difusión puede unir, p.ej., las sustancias reactivas en reacciones químicas y en algunos casos puede ser el paso que determine la velocidad en el proceso.

CE 110 contiene dos equipos de ensayo para analizar la difusión en líquidos y gases. Para analizar la difusión en líquidos se utiliza una solución salina concentrada. Esta se encuentra en un tubo en U, en uno de cuyos extremos se haya un disco con múltiples capilares verticales. El tubo en U se introduce en un depósito con agua desmineralizada para que el disco con los capilares se encuentre por debajo de la superficie del agua. Debido al gradiente de concentración entre el agua y la solución salina, los iones se difunden hacia el exterior del tubo en U a través de los capilares en el agua desmineralizada.

Los capilares garantizan el movimiento unidimensional de los iones. Gracias al agitador en el depósito se evita un aumento de la concentración de sal próxima al disco, impidiendo así las diferencias de concentración en el depósito. Un medidor de conductividad registra la concentración de sal en el depósito.

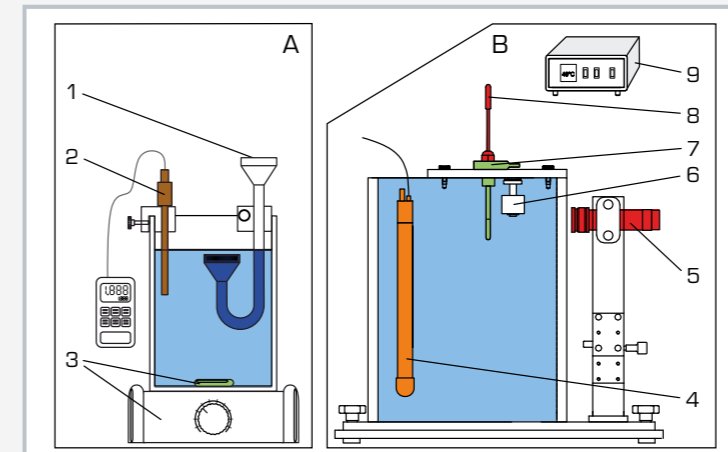
Para analizar la difusión en gases se utiliza un disolvente volátil. Este se encuentra en un tubo vertical que se introduce en un baño María calentado. El disolvente se evapora mediante la energía térmica del baño María. Un soplante produce un flujo de aire que se mueve horizontalmente en el extremo superior del tubo. Debido al gradiente de concentración, el disolvente gaseoso se difunde hacia arriba, desde la superficie del disolvente líquido hacia el flujo de aire puro. El flujo de aire transporta las moléculas del disolvente, proporcionando así una concentración constante en el extremo superior del tubo. Con el tiempo se reduce el volumen del disolvente líquido en el tubo. Un microscopio con escala permite la determinación del nivel. Un dispositivo de calefacción con regulador mantiene la temperatura del baño María constante.

Contenido didáctico/ensayos

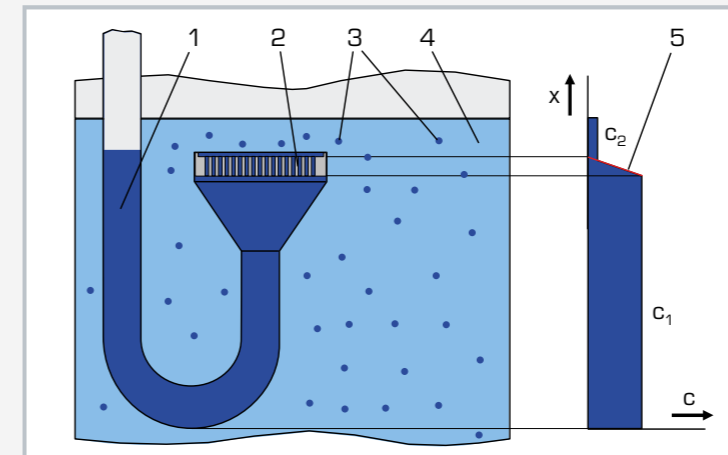
- fundamentos de la difusión: Ley de Fick
- derivación de las fórmulas de cálculo para los coeficientes de difusión con las condiciones de contorno experimentales dadas
- determinación del coeficiente de difusión para el transporte de materia en gas
- determinación del coeficiente de difusión para el transporte de materia en líquido

CE 110

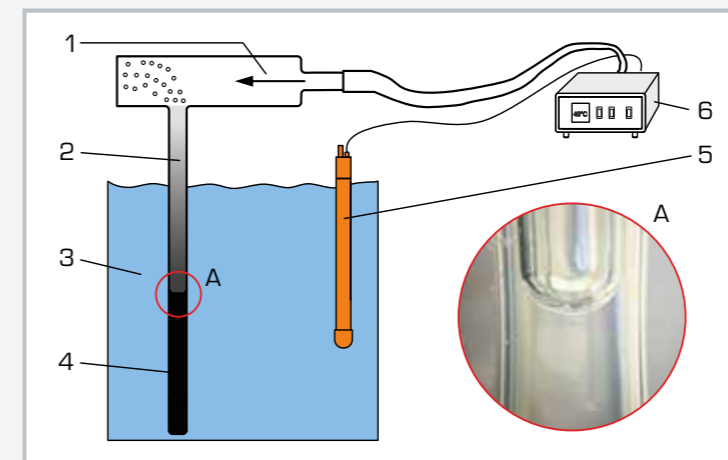
Difusión en líquidos y gases



Dispositivos para la difusión en líquidos (A) y gases (B): 1 tubo en U con capilares, 2 sensor de conductividad, 3 agitador magnético con barra de agitación, 4 dispositivo de calefacción en baño María, 5 microscopio, 6 interruptor de flotador, 7 tubo de difusión, 8 sensor de temperatura, 9 equipo de indicación y mando



Difusión en líquidos: 1 solución salina concentrada, 2 capilares, 3 iones de la sal, 4 agua, 5 gradiente de concentración; x camino, c concentración, c_1 solución concentrada, c_2 solución diluida



Difusión en gases: 1 flujo de aire, 2 disolvente gaseoso, 3 baño María, 4 disolvente líquido, 5 dispositivo de calefacción, 6 equipo de indicación y mando; A menisco en el microscopio

Especificación

- [1] análisis de la difusión en líquidos y gases
- [2] depósito transparente con agitador magnético, medidor de conductividad y tubo en U con capilares para analizar la difusión en soluciones acuosas
- [3] evaporación de un disolvente volátil con tubo de difusión en un baño María calentado para analizar la difusión en gases
- [4] evacuación del disolvente gaseoso en el extremo superior del tubo de difusión con soplante
- [5] dispositivo de calefacción con regulador y sensor para ajustar la temperatura del baño María
- [6] microscopio ajustable en altura para observar y determinar el volumen de disolvente en el tubo de difusión
- [7] equipo de indicación y mando separado con indicación de temperatura y soplante

Datos técnicos

Depósito con agitador: aprox. 1500mL
Número de revoluciones del agitador: 0...1500min⁻¹
253 capilares de acero inoxidable
■ diámetro: 1mm, longitud: 5mm

Baño María: aprox. 2L
Tubo de difusión para disolvente
■ diámetro: 3,4mm, longitud: 85mm

Potencia del dispositivo de calefacción: aprox. 125W
Soplante: 120...320L/h
División de la escala del microscopio: 0,1mm

Rangos de medición
■ temperatura: 0...100°C
■ conductividad: 0...200mS/cm

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 210x210x280mm
(equipo de ensayo para la difusión en líquidos)
LxAnxAI: 220x290x450mm
(equipo de ensayo para la difusión en gases)
LxAnxAI: 370x340x200mm
(conductímetro)
Peso: aprox. 16kg

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo para la difusión en líquidos
- 1 equipo de ensayo para la difusión en gases
- 1 equipo de indicación y mando
- 1 conductímetro
- 1 agitador magnético con 2 barras de agitación
- 1 cronómetro
- 1 material didáctico

Introducción

Vista previa Los conceptos didácticos de GUNT para la ingeniería de procesos Químicos 136

Activación térmica

Vista previa CE 310 El sistema modular para la ingeniería de procesos químicos 138

CE 310 Unidad de alimentación de reactores químicos 140

CE 310.01 Reactor continuo de mezcla perfecta 142

CE 310.02 Reactor tubular 144

CE 310.03 Reactores continuos de mezcla perfecta en serie 146

CE 310.04 Reactor discontinuo de mezcla perfecta 148

CE 310.05 Reactor de flujo émbolo 150

CE 310.06 Reactor de flujo laminar 152

CE 100 Reactor tubular 154

Activación catalítica

Conocimientos básicos Activación catalítica 157

Vista previa CE 380 Reactores catalíticos de lecho fijo 158

CE 380 Reactores catalíticos de lecho fijo 160

CE 380.01 Análisis por inyección en flujo 162

CE 650 Planta de biodiésel 164

Activación fotoquímica

Conocimientos básicos Activación fotoquímica 166

Vista previa CE 584 Oxidación avanzada 167

CE 584 Oxidación avanzada 168

Los principios de activación y los tipos de reactor de la ingeniería de procesos químicos

En este capítulo encontrará equipos de ensayo apropiados para desarrollar principios de activación importantes en la ingeniería de procesos químicos. El programa también ofrece todas las posibilidades para familiarizarse con el funcionamiento, las áreas de aplicación y las diferencias de los tipos de reactor habituales. Al seleccionar las reacciones se dio mucha importancia a la demostración sencilla de los productos y al uso de productos químicos mínimamente peligrosos. No obstante, el manejo de productos químicos requiere práctica, cuidado y un entorno de laboratorio apropiado. En función del proceso correspondiente y de las materias utilizadas, es necesario disponer de suelos barnizados, desagües, alimentación de agua, ventilación, espacios para un almacenamiento seguro de los reactivos utilizados, dispositivos de seguridad y ropa de protección.

Para evaluar muchos ensayos necesitará, además del volumen de suministro de los sistemas didácticos GUNT, sistemas para la técnica de análisis profesional.

Póngase en contacto con nosotros – y le aconsejaremos.

Los conceptos didácticos de GUNT para la ingeniería de procesos químicos

¿De qué se encarga la ingeniería de procesos químicos?

Al contrario que en la ingeniería de procesos térmicos o mecánicos, en la ingeniería de procesos químicos, el cambio de las propiedades de la materia o su composición no son los aspectos prioritarios. El tema central de la ingeniería de procesos químicos es la generación de un nuevo tipo de materia mediante reacciones químicas.

Mediante los conocimientos de la química se puede saber qué reactivos son necesarios para un producto deseado. La química proporciona también los conocimientos sobre las condiciones que permiten un desarrollo óptimo de la reacción química deseada.

Entre estas condiciones se encuentran: la activación de la reacción, el ajuste de presión y temperatura, así como la composición de los productos de reacción. La ingeniería de procesos químicos se encarga de facilitar estas condiciones en el uso industrial. Además de estas condiciones, el estado de agregación de los productos de reacción influye notablemente en el diseño de los reactores y el proceso de producción en general.

¿Cómo se pueden dividir los procesos químicos?

Existen varias posibilidades de dividir los procesos químicos. Una de estas posibilidades se refiere a la energía de activación. Muchas reacciones químicas termodinámicas posibles no se desarrollan o se desarrollan muy lentamente para el uso técnico si no se aplica cierta energía de activación.

La activación de reacciones químicas puede desarrollarse según diversos principios. El principio de activación influye en el diseño constructivo y el funcionamiento de reactores químicos. Pueden aplicarse distintos principios de activación combinados:

■ Activación térmica

La energía necesaria para la activación de la reacción química puede aplicarse mediante calor. El ajuste de un rango de temperatura deseado se realiza calentando y/o refrigerando. En este rango de temperatura, la reacción se desarrolla de forma óptima y se evitan reacciones secundarias no deseadas.

■ Activación catalítica

Muchas reacciones son demasiado lentas para aplicaciones técnicas a temperatura ambiente porque la energía de activación necesaria es muy alta. Los catalizadores reducen la energía de activación necesaria y aceleran la reacción química. Se pueden diferenciar dos tipos de catálisis:

► Catálisis homogénea

El catalizador y las materias primas (reactivos) de la reacción química se encuentran en la misma fase.

► Catálisis heterogénea

El catalizador se suele encontrar en estado sólido. Las materias primas (reactivos) de la reacción se encuentran en estado líquido o gaseoso.

■ Activación fotoquímica

La activación de la reacción tiene lugar porque los átomos o moléculas absorben radiación óptica. La mayoría de las materias orgánicas logran mediante absorción un estado activado rico en energía.



Unidad de alimentación para los reactores químicos CE 310 con los Reactores continuos de mezcla perfecta en Serie CE310.03

Nuestros sistemas didácticos para la ingeniería de procesos químicos

Activación térmica

CE 310.01	Reactor continuo de mezcla perfecta
CE 310.02	Reactor tubular
CE 310.03	Reactores continuos de mezcla perfecta en serie
CE 310.04	Reactor discontinuo de mezcla perfecta
CE 310.05	Reactor de flujo émbolo
CE 310.06	Reactor de flujo laminar
CE 100	Reactor tubular

Activación catalítica

CE 380	Reactores catalíticos de lecho fijo
CE 650	Planta de biodiésel

Activación fotoquímica

CE 584	Oxidación avanzada
--------	--------------------

Procesos abstractos presentados visiblemente

El diagrama superior ilustra el mecanismo de oxidación avanzada: la radiación UV (UV) incide sobre moléculas de agua (H-O-H), generando radicales hidroxilo (·OH). A la izquierda se muestra la unidad de alimentación para los reactores catalíticos de lecho fijo (CE 380), que incluye un tanque de almacenamiento, un sistema de bombeo y un reactor de lecho fijo. A la derecha se muestra el reactor de oxidación avanzada (CE 584), un tanque vertical de vidrio azul con un sistema de flujo laminar y un sistema de bombeo.

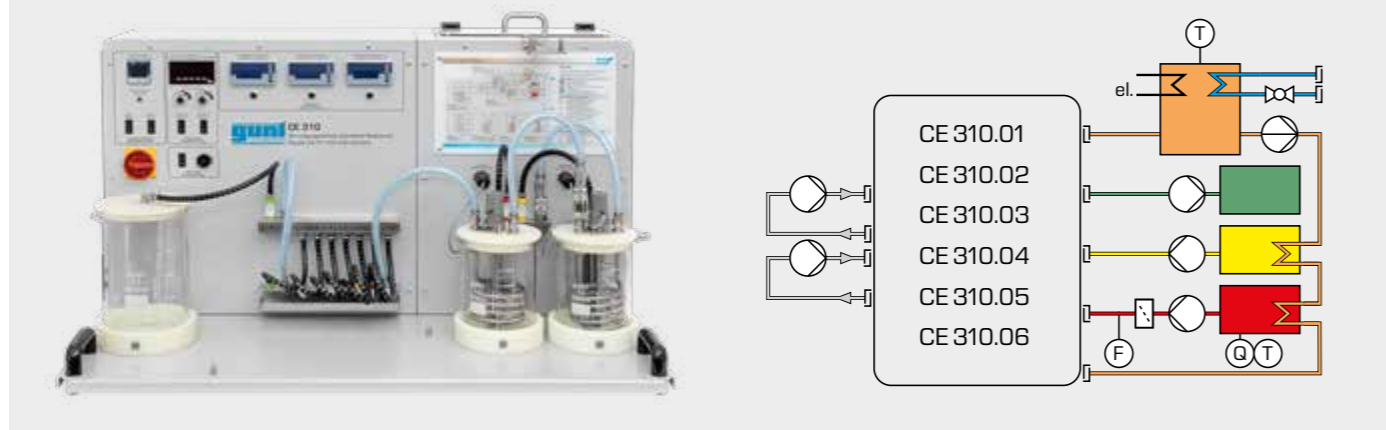
CE 380 Reactores catalíticos de lecho fijo

CE 584 Oxidación avanzada

Vista previa

CE 310 El sistema modular para la ingeniería de procesos químicos

Una unidad de alimentación para todos los tipos de reactor



La unidad de alimentación posee todos los componentes necesarios para el funcionamiento de los distintos reactores:

- depósitos y bombas para la alimentación de los reactivos, los productos intermedios y productos
- técnica de medición para determinar las concentraciones de los productos
- circuito de agua caliente para calentar y para enfriar con WL 110.20 Generador de agua fría
- elementos de mando para ajustar los caudales y la temperatura

Contenidos didácticos:

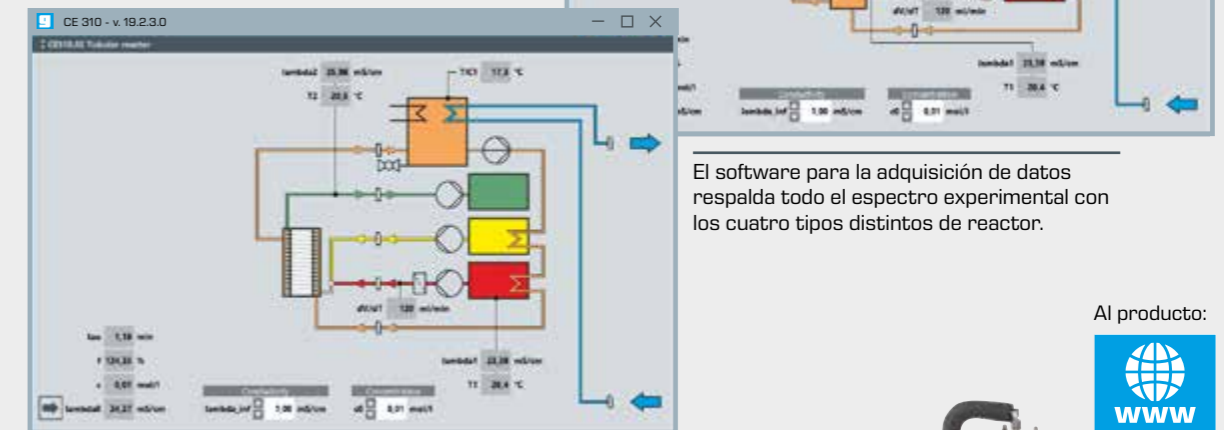
junto con un reactor (CE 310.01 – CE 310.04):

- conversión de materias en función del
 - ▶ tipo de reactor
 - ▶ tiempo de espera en el reactor
 - ▶ de la temperatura
 - ▶ de la concentración
- fundamentos de una reacción de saponificación
- conocer los montaje y funcionamiento de los distintos reactores
- determinación de la distribución del tiempo de espera

Software para la adquisición de datos

Características principales

- esquema del proceso con indicación de los datos de medición actuales para cada tipo de reactor
- curva temporal de las conductividades como medida de la concentración del producto
- curva temporal de la temperatura en el reactor función de ayuda completa
- conversión de materias para una reacción de segundo orden



El software para la adquisición de datos respalda todo el espectro experimental con los cuatro tipos distintos de reactor.

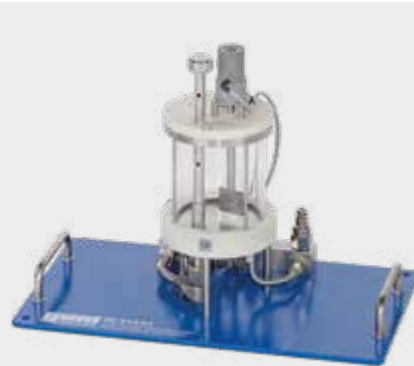
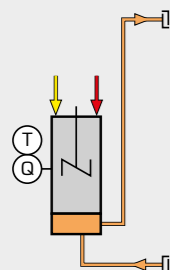
Al producto:



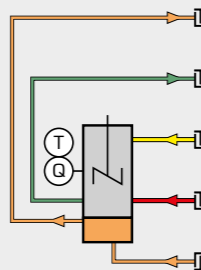
Reactores de mezcla perfecta



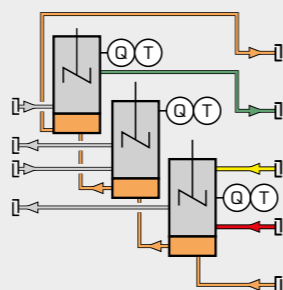
CE 310.04
Reactor discontinuo de mezcla perfecta



CE 310.01
Reactor continuo de mezcla perfecta



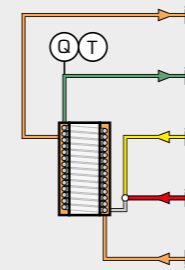
CE 310.03 Reactores continuos de mezcla perfecta en serie



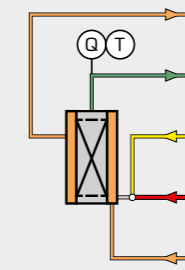
Reactores tubulares



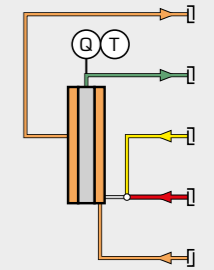
CE 310.02
Reactor tubular



CE 310.05
Reactor de flujo émbolo



CE 310.06
Reactor de flujo laminar



CE 310

Unidad de alimentación de reactores químicos



Descripción

- **unidad de alimentación para distintos reactores (CE 310.01 - CE 310.06)**
- **reacción de saponificación con medición de conductividad para determinar la conversión**
- **precalentamiento de los reactivos**

El reactor es el elemento central de una instalación de producción química. En el reactor reaccionan las materias primas (reactivos) entre sí con una nueva materia (producto). El reactor debe garantizar las condiciones para el desarrollo óptimo de la reacción. Entre ellas, la temperatura en el reactor es especialmente relevante. Dependiendo de los requisitos se utilizan distintos tipos de reactores.

La CE 310 sirve como unidad de alimentación para seis tipos distintos de reactores. El reactor a estudiar se coloca sobre la unidad de alimentación y se sujeta en su posición mediante dos espigas.

Para el funcionamiento continuo de los reactores hay dos depósitos para los reactivos en el banco de ensayos. La conexión hidráulica entre la unidad de alimentación y el reactor se realiza mediante mangueras. Para un montaje sencillo, las mangueras están equipadas con acoplamientos rápidos. Dos bombas impulsan los reactivos al reactor. A través del número de revoluciones de las bombas, se puede ajustar el tiempo de permanencia de los reactivos en el reactor. En el reactor se convierten los reactivos en el pro-

El producto también dispone de una bomba adicional y un depósito adicional.

Para regular la temperatura en el reactor, la unidad de alimentación dispone de un circuito de agua de calefacción con bomba, depósito y dispositivo de calefacción. Es posible utilizar el modo de refrigeración con el generador de agua fría WL 110.20.

La conductividad y la temperatura en el reactor son registradas con un sensor combinado. El armario de distribución contiene los elementos de mando necesarios para encender los agitadores en los distintos reactores.

Los valores medidos se pueden visualizar en el armario de distribución. Los valores se pueden almacenar y procesar con ayuda del software para la adquisición de datos adjuntado. La transferencia al PC se realiza a través de una interfaz USB.

Contenido didáctico/ensayos

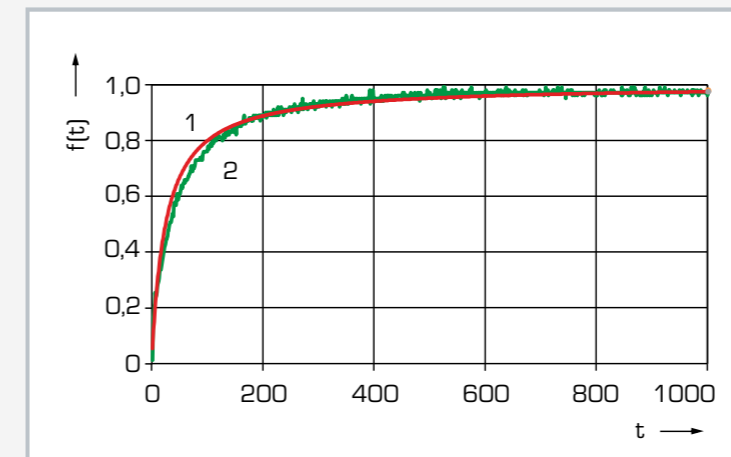
- **junto con un reactor (CE 310.01 - CE 310.06):**
 - ▶ familiarización con el montaje y funcionamiento de distintos tipos de reactores
 - ▶ determinación de la conversión en función de tipo de reactor
 - ▶ determinación de la conversión en función de tiempo de permanencia
 - ▶ determinación de la conversión en función de temperatura
 - ▶ determinación de la conversión en función de concentración
 - ▶ fundamentos de una reacción de saponificación
 - ▶ determinación de la distribución del tiempo de permanencia

CE 310

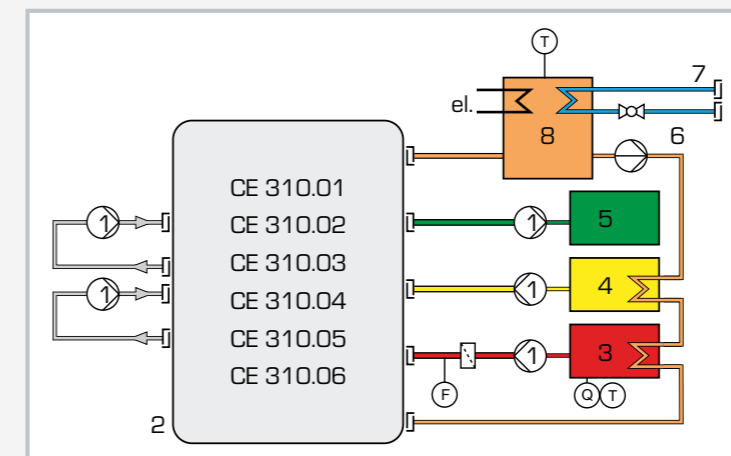
Unidad de alimentación de reactores químicos



1 elementos de mando, 2 depósito de producto, 3 panel de conexiones, 4 y 5 depósitos para reactivos, 6 depósito de agua, 7 indicaciones de conductividad y temperatura



Desarrollo temporal de la transformación con reactor discontinuo de mezcla perfecta (CE 310.04)
1 transformación teórico, 2 transformación medido; f(t) transformación, t tiempo



esquema de proceso con la unidad de alimentación CE 310
1 bomba peristáltica, 2 reactor, 3 depósito de reactivo A, 4 depósito de reactivo B, 5 depósito de producto, 6 bomba de agua, 7 toma de agua, 8 depósito de agua; Q conductividad, F caudal, T temperatura

Especificación

- [1] unidad de alimentación para 6 tipos de reactor químico distintos
- [2] conexión de los reactores a través de mangueras con acoplamientos rápidos
- [3] circuito de agua con depósito, dispositivo de calefacción, regulador de temperatura, bomba y protección en caso de escasez de agua para calentar y refrigerar (con WL 110.20 Generador de agua fría)
- [4] regulación de la temperatura de reactivos y reactores
- [5] 3 depósitos de vidrio para reactivos y productos
- [6] 5 bombas peristálticas para impulsar los reactivos y productos
- [7] 2 sensores combinados para el registro de la conductividad y la temperatura
- [8] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 10

Datos técnicos

Bomba peristáltica para reactivos
■ caudal máx.: aprox. 180mL/min
■ con manguera 8,0x4,8mm

Bomba peristáltica para productos
■ caudal máx.: aprox. 420mL/min
■ con manguera 8,0x4,8mm

Bomba de agua
■ caudal máx.: 10L/min
■ altura de elevación máx.: 30m
■ consumo de potencia: 120W

Dispositivo de calefacción
■ consumo de potencia: 1500W

Depósitos
■ reactivos: 2x 2,5L
■ producto: 5L
■ agua de calefacción: 8L

Rangos de medición
■ conductividad: 2x 0...100mS/cm
■ temperatura: 2x 0...55°C, 1x 0...60°C
■ caudal: 1x 0...240L/min

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAl: 1170x670x690mm
Peso: aprox. 82kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe / WL 110.20
Etilo acetato, sosa cáustica (para la reacción de saponificación)
PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 2 sensores para conductividad y temperatura
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 material didáctico

CE 310.01

Reactor continuo de mezcla perfecta



Descripción

- reactor continuo de mezcla perfecta para la conexión a la unidad de alimentación CE 310
- materiales transparentes para observar el proceso
- funcionamiento isotérmico
- capacidad de reactor ajustable
- determinación de la conversión en una reacción de saponificación

Los reactores de mezcla perfecta pueden operar en régimen continuo o discontinuo. Se suelen utilizar los reactores discontinuos de mezcla perfecta principalmente al producir pequeñas cantidades de producto o con reacciones lentas. Los reactores continuos de mezcla perfecta permiten la producción constante de grandes cantidades de producto con una calidad constante.

El CE 310.01 pertenece a una serie de equipos que permite realizar ensayos en distintos tipos de reactor. Junto con la unidad de alimentación CE 310, pueden estudiarse el funcionamiento y comportamiento de un reactor de mezcla perfecta continuo y discontinuo. La unidad de alimentación CE 310 posee un circuito de agua de calefacción como todas las conexiones necesarias, bombas, depósitos para reactivos y un depósito para productos.

El CE 310.01 se coloca sobre la unidad de alimentación y se sujeta en su posición mediante dos espigas. Los acoplamientos

rápidos permiten una conexión sencilla del reactor con la unidad de alimentación.

En el funcionamiento continuo, dos bombas de la unidad de alimentación impelen los reactivos al reactor. Un agitador se encarga de la mezcla uniforme y aumenta el contacto directo de los reactivos. Mediante la reacción de los reactivos se produce el producto. La mezcla del producto y los reactivos no convertidos sale del reactor a través de un rebosadero y se recoge en un depósito de la unidad de alimentación.

La altura del rebosadero es ajustable. De este modo se puede ajustar el capacidad del reactor. El tiempo de permanencia de los reactivos en el reactor es ajustado a través del número de revoluciones de las bombas en la unidad de alimentación. La base blindada del reactor de tanque con agitación sirve como cambiador de calor para estudiar la influencia de la temperatura en la reacción.

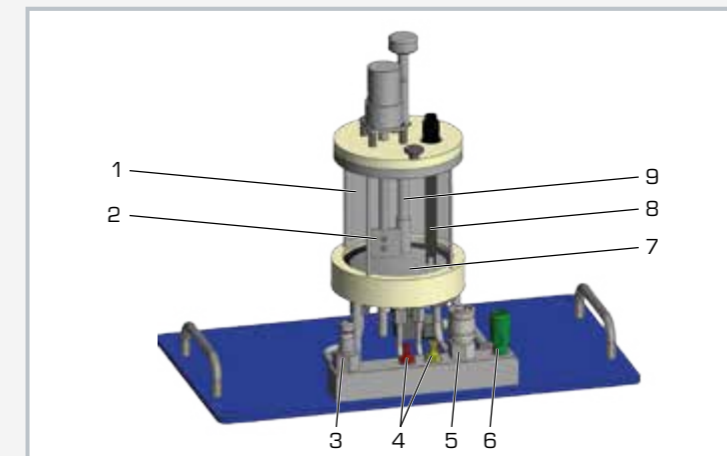
La conversión en el reactor de mezcla perfecta se determina midiendo la conductividad. La CE 310 incluye un sensor combinado para la conductividad y la temperatura. Los valores medidos se indican en el armario de distribución de la unidad de alimentación. Además, los valores de medición pueden registrarse y editarse con ayuda de un software de adquisición de datos (incluido con la CE 310).

Contenido didáctico/ensayos

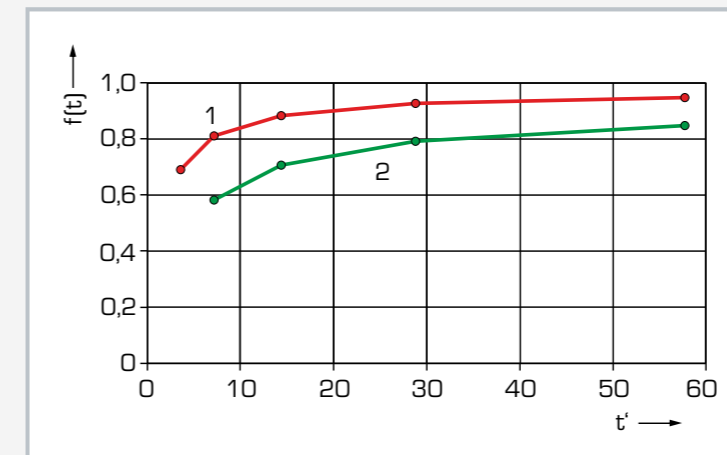
- fundamentos de una reacción de saponificación
- conversión en función
 - ▶ del tiempo de permanencia
 - ▶ de la temperatura
 - ▶ de la concentración

CE 310.01

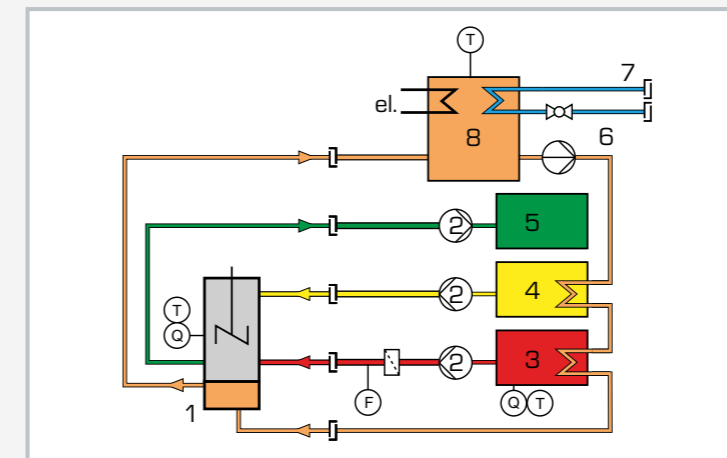
Reactor continuo de mezcla perfecta



1 reactor de mezcla perfecta, 2 agitador, 3 alimentación de agua, 4 alimentación de reactivos A/B, 5 drenaje de agua, 6 drenaje de producto, 7 base blindada como cambiador de calor, 8 sensor de conductividad y temperatura (de la CE 310), 9 rebosadero ajustable en altura



Conversiones para varios tiempos de espera y temperaturas
1 temperatura alta, 2 baja temperatura, $f(t)$ conversión, t' tiempo de permanencia



esquema de proceso con la unidad de alimentación CE 310
1 reactor de mezcla perfecta, 2 bomba peristáltica, 3 depósito de reactivo A, 4 depósito de reactivo B, 5 depósito de producto, 6 bomba de agua, 7 toma de agua, 8 depósito de agua; Q conductividad, F caudal, T temperatura

Especificación

- [1] reactor continuo de mezcla perfecta para la conexión a la unidad de alimentación CE 310
- [2] depósitos de vidrio
- [3] rebosadero ajustable en altura para cambiar la capacidad del reactor
- [4] reactor con agitador
- [5] base blindada de acero inoxidable como cambiador de calor para conectar a la CE 310
- [6] sensor para el registro de la conductividad y la temperatura a través de la CE 310
- [7] regulación de la temperatura en el reactor a través de la CE 310

Datos técnicos

Reactor
 ■ diámetro exterior: 110mm
 ■ diámetro interior: 100mm
 ■ altura: 120mm
 ■ capacidad ajustable: 270...750mL

Revoluciones del agitador
 ■ aprox. 0...330min⁻¹

LxAnxAI: 440x250x320mm
 Peso: aprox. 10kg

Volumen de suministro

- 1 reactor continuo de mezcla perfecta

CE 310.02

Reactor tubular



Descripción

- reactor tubular para la conexión a la unidad de alimentación CE 310
- materiales transparentes para observar el proceso
- determinación de la conversión de una reacción de saponificación

Los reactores tubulares pertenecen al grupo de reactores de funcionamiento continuo. Los reactores tubulares permiten la producción económica de grandes cantidades de producto con una calidad constante.

El CE 310.02 pertenece a una serie de equipos que permite realizar ensayos en distintos tipos de reactor. Junto con la unidad de alimentación CE 310, pueden estudiarse el funcionamiento y comportamiento de un reactor tubular. La unidad de alimentación CE 310 posee un circuito de agua de calefacción como todas las conexiones necesarias, bombas, depósitos para reactivos y un depósito para productos.

El CE 310.02 se coloca sobre la unidad de alimentación y se sujeta en su posición mediante dos espigas. Los acoplamientos rápidos permiten una conexión sencilla del reactor con la unidad de alimentación.

Las dos bombas de la unidad de alimentación transportan los reactivos por separado al reactor, cada uno por una tobera.

Las salidas de la tobera se encuentran en una pieza en T y están colocadas de modo que los dos reactivos se mezclen en el centro de la pieza en T. La mezcla entra en el tubo enrollado en espiral, en el cual reaccionan los dos reactivos. La mezcla del producto y los reactivos no convertidos sale del tubo y se recoge en un depósito de la unidad de alimentación.

El tiempo de permanencia de los reactivos en el reactor tubular es ajustado a través del número de revoluciones de las bombas en la unidad de alimentación. El tubo se encuentra también en un baño María. El baño María está conectado al circuito de agua de calefacción de la unidad de alimentación mediante acoplamientos rápidos y permite estudiar la influencia de la temperatura en la reacción.

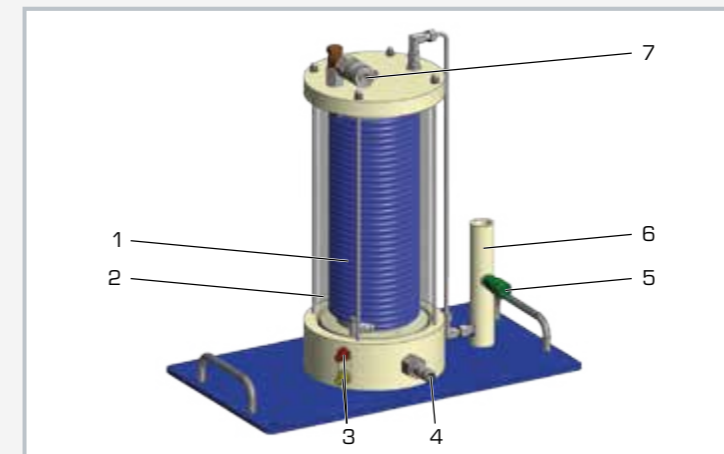
La conversión en el reactor tubular se determina midiendo la conductividad. La CE 310 incluye un sensor combinado para la conductividad y la temperatura. Los valores medidos se indican en el armario de distribución de la unidad de alimentación. Además, los valores de medición pueden registrarse y editarse con ayuda de un software de adquisición de datos (incluido con la CE 310).

Contenido didáctico/ensayos

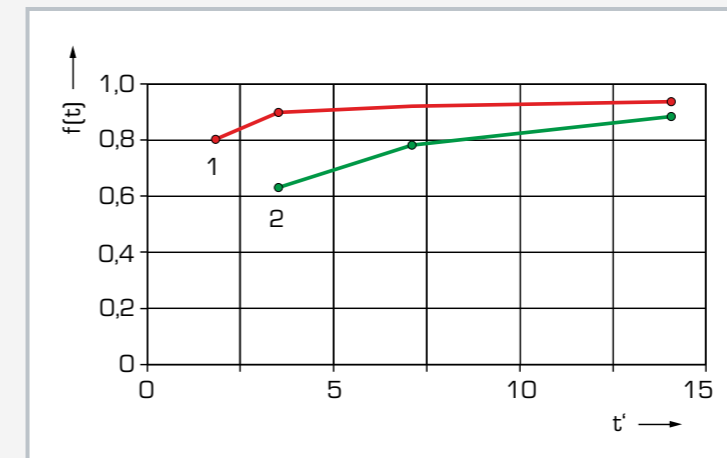
- fundamentos de una reacción de saponificación
- conversión en función
 - ▶ del tiempo de permanencia
 - ▶ de la temperatura
 - ▶ de la concentración

CE 310.02

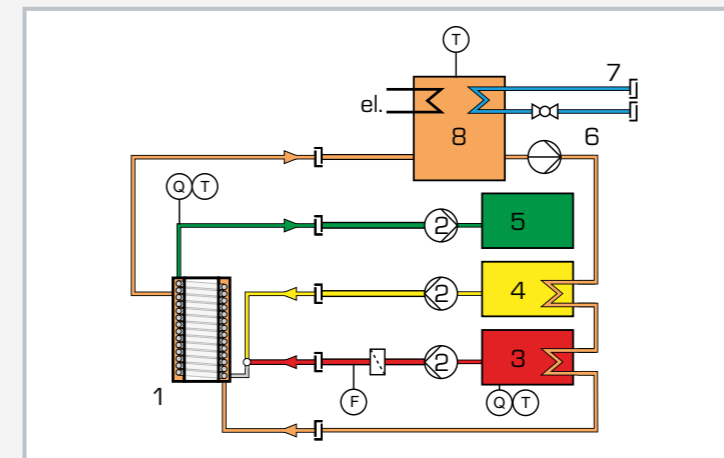
Reactor tubular



1 reactor tubular, 2 la camisa doble, 3 alimentación de reactivos A/B, 4 alimentación de agua, 5 drenaje de producto, 6 casquillo par sensor de conductividad y temperatura (de CE 310), 7 drenaje de agua



Conversiones para varios tiempos de espera y temperaturas
1 temperatura alta, 2 baja temperatura, f(t) conversión, t' tiempo de permanencia



Esquema del proceso con la unidad de alimentación CE 310
1 reactor tubular, 2 bomba peristáltica, 3 reactivo A, 4 reactivo B, 5 producto, 6 bomba de agua, 7 toma de agua, 8 depósito de agua; Q conductividad, n revoluciones, T temperatura

Especificación

- [1] reactor tubular para la conexión a la unidad de alimentación CE 310
- [2] tubo enrollado en espiral de plástico como reactor
- [3] pieza en T con 2 toberas para mezclar los reactivos precalentados
- [4] depósito transparente de PMMA como baño María para el reactor para conectarlo al circuito de agua de calefacción de la CE 310
- [5] sensor para el registro de la conductividad y la temperatura a través de la CE 310
- [6] regulación de la temperatura en el reactor a través de la CE 310

Datos técnicos

Reactor tubular

- diámetro interior: 6mm
- capacidad del reactor: aprox. 280mL
- material: PA

Baño María

- diámetro interior: 132mm
- diámetro exterior: 140mm
- capacidad: 2L
- material: PMMA

LxAnxAI: 440x250x430mm

Peso: aprox. 11,5kg

Volumen de suministro

- 1 reactor tubular

CE 310.03**Reactores continuos de mezcla perfecta en serie****Descripción**

- reactores continuos de mezcla perfecta en serie para la conexión a la unidad de alimentación CE 310
- materiales transparentes para observar el proceso
- posibilidad de determinación de la conversión en una reacción de saponificación para cada etapa
- funcionamiento isotérmica

Comparado con un solo reactor de mezcla perfecta, los reactores en serie pueden lograr un nivel de conversión mayor. Los reactores en serie permiten una conducción flexible del proceso porque en los reactores individuales es posible ajustar por separado temperaturas y tiempos de espera diferentes.

La CE 310.03 pertenece a una serie de equipos que permite realizar ensayos en distintos tipos de reactor. Junto con la unidad de alimentación CE 310, pueden estudiarse el funcionamiento y comportamiento de los reactores continuos de mezcla perfecta en serie. La unidad de alimentación CE 310 posee un circuito de agua de calefacción como todas las conexiones necesarias, bombas, depósitos para reactivos y un depósito para los productos de reacción.

El CE 310.03 se coloca sobre la unidad de alimentación y se sujeta en su posición mediante dos espigas.

Los acoplamientos rápidos permiten una conexión sencilla del reactor con la unidad de alimentación.

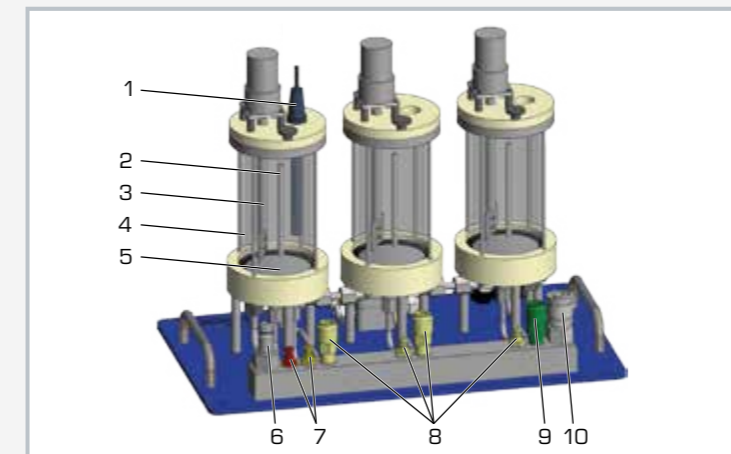
En el funcionamiento de tres reactores continuo en serie, dos bombas de la unidad de alimentación impulsan los reactivos al primer reactor. Un agitador se encarga de la mezcla uniforme y aumenta el contacto directo de los reactivos. Mediante la reacción de los reactivos se forman el producto. La mezcla del producto y los reactivos no convertidos sale del reactor a través de un rebosadero y se recoge sucesivamente en dos reactores idénticos posteriores. El transporte intermedio se realiza con otras dos bombas peristálticas de la unidad de alimentación. Al final del tercer reactor se realiza el transporte a un depósito de la unidad de alimentación.

Los tiempos de espera en los reactores son ajustados a través del número de revoluciones de las bombas en la unidad de alimentación.

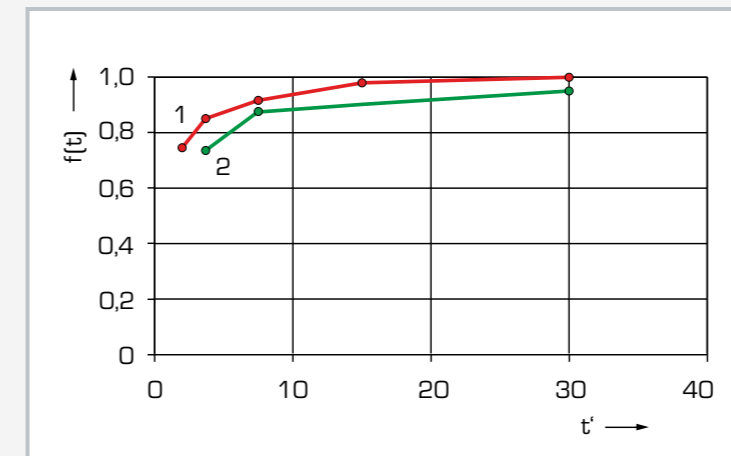
Las conversiones en los distintos reactores y al final de la larga sección de manguera se determinan midiendo la conductividad. El volumen de suministro incluye un sensor combinado para la conductividad y la temperatura. Los valores medidos se indican en el armario de distribución de la unidad de alimentación. Además, los valores de medición pueden registrarse y editarse con ayuda de un software de adquisición de datos (incluido con la CE 310).

Contenido didáctico/ensayos

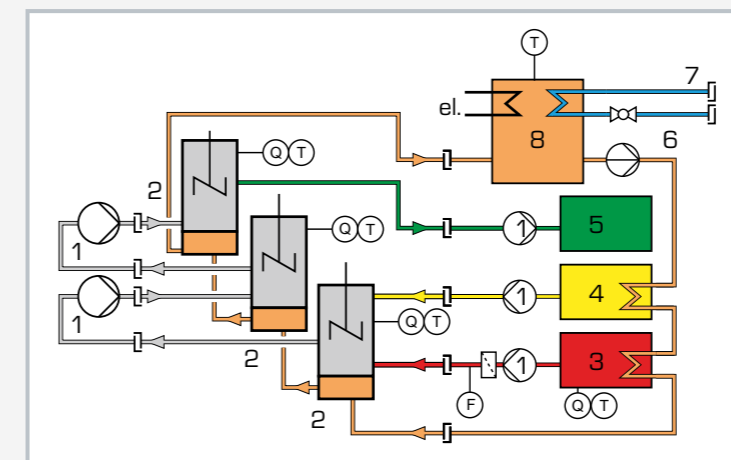
- fundamentos de una reacción de saponificación
- conversión en cada reactor en función
 - ▶ del tiempo de permanencia
 - ▶ de la temperatura
 - ▶ de la concentración

CE 310.03**Reactores continuos de mezcla perfecta en serie**

1 sensor de conductividad y temperatura, 2 rebosadero, 3 agitador, 4 reactor de mezcla perfecta, 5 base blindada como cambiador de calor, 6 alimentación de agua, 7 alimentación de reactivos A/B, 8 transporte intermedio, 9 drenaje de producto, 10 drenaje de agua



Conversiones totales para varios tiempos de espera y temperaturas
1 temperatura alta, 2 baja temperatura, f(t) conversión, t' tiempo de permanencia en cada reactor



Esquema del proceso con la unidad de alimentación CE 310
1 bomba peristáltica, 2 reactor de mezcla perfecta, 3 reactivo A, 4 reactivo B, 5 producto, 6 bomba de agua, 7 toma de agua, 8 depósito de agua; Q conductividad, n revoluciones, T temperatura

Especificación

- [1] reactores continuos de mezcla perfecta en serie para la conexión a la unidad de alimentación CE 310
- [2] 3 reactores de mezcla perfecta idénticos de vidrio conectados en serie
- [3] base blindada de acero inoxidable como cambiador de calor para conectar a la CE 310
- [4] transporte entre los reactores de tanque con agitación con 2 bombas peristálticas de la unidad de alimentación
- [5] pequeños volúmenes de reactor para un escaso consumo de productos químicos
- [6] sensor para el registro de la conductividad y la temperatura
- [7] indicación de la conductividad y la temperatura via CE 310
- [8] regulación de la temperatura en el reactor a través de la CE 310

Datos técnicos

- 3 reactores
- diámetro exterior: 80mm cada uno
 - diámetro interior: 70mm cada uno
 - altura: 140mm cada uno
 - capacidad del reactor: aprox. 350mL cada uno

Número de revoluciones del agitador
■ 3x aprox. 0...330min⁻¹

Rangos de medición
■ conductividad: 0...100mS/cm
■ temperatura: 0...60°C

LxAnxAI: 440x250x350mm
Peso: aprox. 14kg

Volumen de suministro

- 1 unidad de reactores
- 1 sensor de conductividad y temperatura

CE 310.04**Reactor discontinuo de mezcla perfecta****Descripción**

- reactor discontinuo de mezcla perfecta para la conexión a la unidad de alimentación CE 310
- materiales transparentes para observar el proceso
- funcionamiento isotérmico
- determinación de la conversión en una reacción de saponificación

Se suelen usar los reactores discontinuos de mezcla perfecta para sintetizar pequeñas cantidades de productos o para reacciones lentas.

El CE 310.04 pertenece a una serie de equipos que permite realizar ensayos en distintos tipos de reactor. Junto con la unidad de alimentación CE 310, pueden estudiarse el funcionamiento y comportamiento del reactor discontinuo de mezcla perfecta. La unidad de alimentación CE 310 posee un circuito de agua de calefacción como todas las conexiones necesarias, bombas, depósitos para reactivos y un depósito para productos.

El CE 310.04 se coloca sobre la unidad de alimentación y se sujeta en su posición mediante dos espigas. Los acoplamientos rápidos permiten una conexión sencilla del reactor con la unidad de alimentación.

Los reactivos se calientan previamente en la unidad de alimentación. Después tiene lugar la adición de los reactivos en el reactor de tanque con agitación. Un agitador se encarga de la mezcla uniforme y aumenta el contacto directo de los reactivos. Mediante la reacción de los reactivos se producen los productos de reacción.

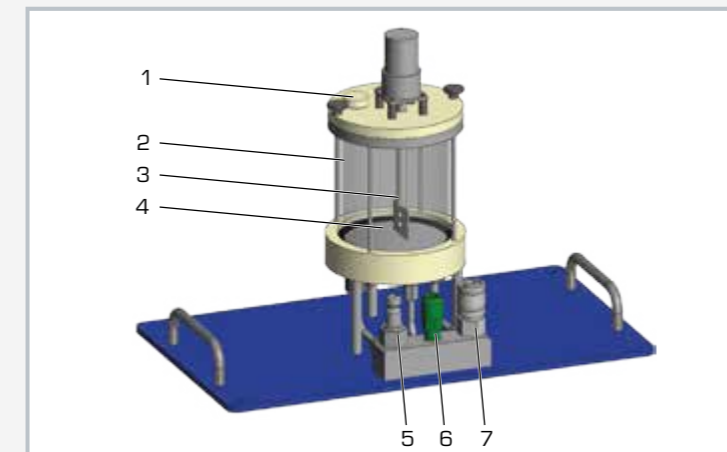
En el funcionamiento isotérmico, la base blindada del reactor de tanque con agitación sirve como cambiador de calor para mantener la temperatura en el reactor mediante calentamiento o refrigeración.

La conversión en el reactor de mezcla perfecta se determina midiendo la conductividad. La CE 310 incluye un sensor combinado para la conductividad y la temperatura.

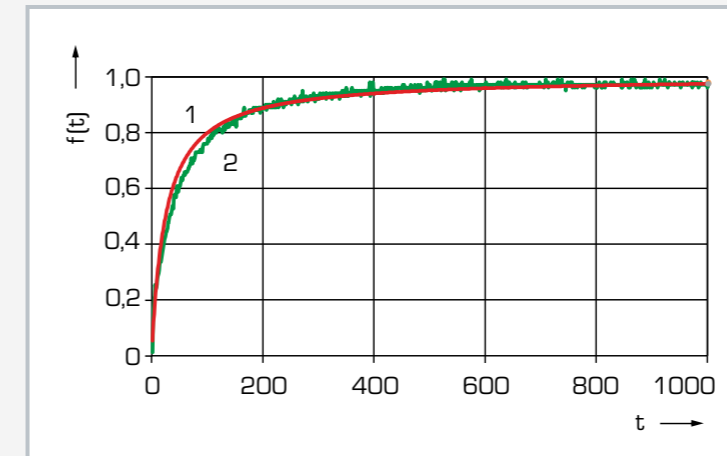
Los valores medidos se indican en el armario de distribución de la unidad de alimentación. Además, los valores de medición pueden registrarse y editarse con ayuda de un software de adquisición de datos (incluido con la CE 310).

Contenido didáctico/ensayos

- fundamentos de una reacción de saponificación
 - ▶ determinación de las constantes de la velocidad de reacción
 - ▶ determinación de la dependencia de temperatura de las constantes de la velocidad de reacción
- conversión en función
 - ▶ del tiempo de permanencia
 - ▶ de la temperatura
 - ▶ de la concentración

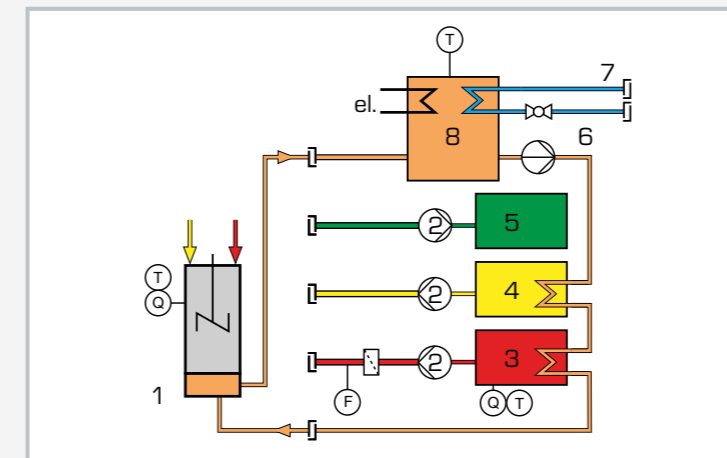
CE 310.04**Reactor discontinuo de mezcla perfecta**

1 taladro por sensor de conductividad y temperatura (de la CE 310), 2 reactor de mezcla perfecta, 3 agitador, 4 base blindada como cambiador de calor, 5 alimentación de agua, 6 drenaje de producto, 7 drenaje de agua



Perfil temporal de la transformation

1 transformation teórico, 2 transformation medido; $f(t)$ transformation, t tiempo



Esquema del proceso con la unidad de alimentación CE 310

1 reactor de mezcla perfecta, 2 bomba peristáltica, 3 reactivo A, 4 reactivo B, 5 producto, 6 bomba de agua, 7 toma de agua, 8 depósito de agua; Q conductividad, n revoluciones, T temperatura

Especificación

- [1] reactor discontinuo de mezcla perfecta para la conexión a la unidad de alimentación CE 310
- [2] agitador de mezcla
- [3] base blindada de acero inoxidable como cambiador de calor para conectar a la CE 310
- [4] sensor para el registro de la conductividad y la temperatura a través de la CE 310
- [5] regulación de la temperatura en el reactor a través de la CE 310

Datos técnicos**Reactor**

- diámetro exterior: 110mm
- diámetro interior: 100mm
- altura: 140mm
- capacidad: aprox. 750mL

Revoluciones del agitador: aprox. 330min⁻¹

LxAnxAI: 440x250x320mm

Peso: aprox. 10kg

Volumen de suministro

- 1 reactor discontinuo de mezcla perfecta
- 2 vasos de precipitados
- 1 embudo

CE 310.05

Reactor de flujo émbolo



Contenido didáctico/ensayos

- fundamentos de la reacción de saponificación
- funcionamiento continuo
- determinación de la conversión en función de
 - ▶ tiempo de permanencia
 - ▶ temperatura
 - ▶ concentración
- distribución del tiempo de permanencia



Descripción

- reactor de flujo émbolo para conectarlo a la unidad de alimentación CE 310
- funcionamiento continuo
- lecho sólido de bolas de vidrio
- materiales transparentes para observar el proceso
- funcionamiento isotérmico
- determinación de la conversión en una reacción de saponificación

Los reactores de flujo émbolo son reactores de flujo en tuberías y funcionan continuamente. Estos permiten estudiar reacciones químicas bajo condiciones definidas.

El CE 310.05 pertenece a una serie de equipos que permite realizar ensayos en distintos tipos de reactor. Con la unidad de alimentación CE 310, pueden estudiarse el funcionamiento y comportamiento de un reactor de flujo émbolo en funcionamiento continuo.

La unidad de alimentación CE 310 dispone de un circuito de agua caliente y de todos los elementos necesarios: conexiones, bombas, depósitos para reactivos y un depósito de productos. En combinación con el generador de agua fría WL 110.20 y la unidad de alimentación CE 310 también es posible la refrigeración de los reactores.

El CE 310.05 se coloca sobre la unidad de alimentación y se sujeta en su posición mediante dos espigas. Los acoplamientos rápidos permiten una conexión sencilla del reactor con la unidad de alimentación.

En el funcionamiento continuo, dos bombas de la unidad de alimentación transportan los reactivos al reactor. El lecho sólido de bolas de vidrio provoca un flujo en toda la sección transversal del reactor. Mediante la reacción de los reactivos surge el producto. La mezcla de producto y reactivos no convertidos sale del reactor por el extremo superior.

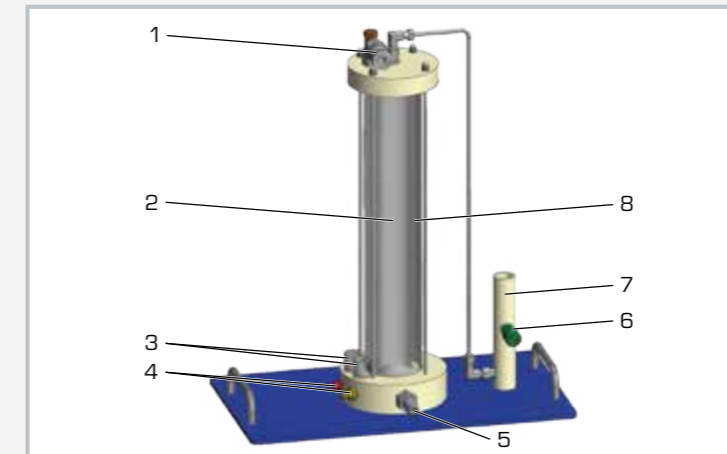
La mezcla es transportada con otra bomba peristáltica a un depósito de la unidad de alimentación.

El tiempo de permanencia de los reactivos en el reactor se ajusta a través del número de revoluciones de las bombas en la unidad de alimentación.

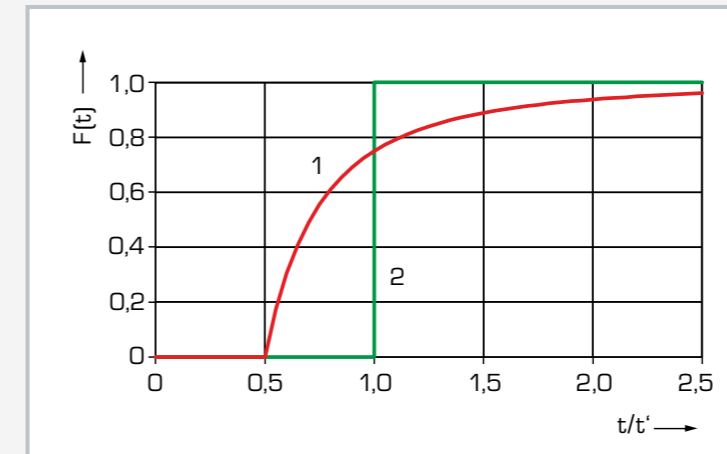
La conversión en el reactor de flujo émbolo se determina midiendo la conductividad. La CE 310 incluye un sensor combinado para la conductividad y la temperatura. Los valores se indican digitalmente en el armario de distribución de la unidad de alimentación. Además, los valores de medición pueden adquirirse y editarse con ayuda de un software de adquisición de datos, incluido con la CE 310.

CE 310.05

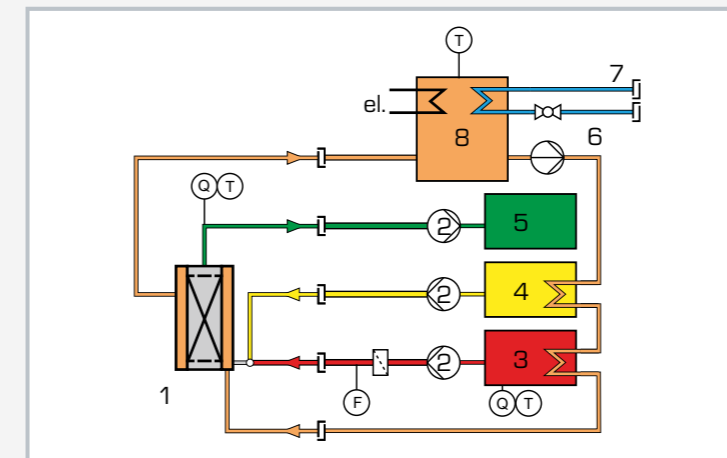
Reactor de flujo émbolo



1 salida de agua, 2 reactor con lecho sólido, 3 depósito de aire, 4 entrada de reactivos A/B, 5 entrada de agua, 6 salida de producto, 7 manguito para sensor de conductividad y temperatura (incluido en la CE 310), 8 doble camisa para agua



1 flujo laminar, 2 flujo émbolo; $F(t)$ curva acumulativa de tiempo de permanencia, t tiempo, t' tiempo de permanencia



Esquema de proceso con unidad de alimentación CE 310
1 reactor de flujo émbolo, 2 bomba peristáltica, 3 reactivo A, 4 reactivo B, 5 producto, 6 bomba de agua, 7 toma de agua, 8 depósito de agua; Q conductividad, n número de revoluciones, T temperatura

Especificación

- [1] reactor de flujo émbolo para conectarlo a la unidad de alimentación CE 310
- [2] depósito de aire para reducir las pulsaciones
- [3] pieza en T con tobera para mezclar los reactivos
- [4] tubo de vidrio recto con lecho sólido de bolas de vidrio como reactor
- [5] doble camisa transparente de PMMA para refrigerar y calentar con la CE 310 y el WL 10.20
- [6] sensor para registrar la conductividad y la temperatura a través de la CE 310
- [7] regulación de la temperatura a través de la CE 310

Datos técnicos

Reactor de flujo émbolo
 ■ diámetro interior: 40mm
 ■ altura: 400mm
 ■ material: vidrio

Baño María
 ■ diámetro interior: 70mm
 ■ volumen: aprox. 0,4L
 ■ material: PMMA

LxAnxAI: 440x250x530mm
 Peso: aprox. 15kg

Volumen de suministro

- 1 reactor de flujo émbolo

CE 310.06

Reactor de flujo laminar



Contenido didáctico/ensayos

- fundamentos de la reacción de saponificación
- funcionamiento continuo
- determinación de la conversión en función de
 - ▶ tiempo de permanencia
 - ▶ temperatura
 - ▶ concentración
- distribución del tiempo de permanencia



Descripción

- reactor de flujo laminar para conectarlo a la unidad de alimentación CE 310
- funcionamiento continuo
- materiales transparentes para observar el proceso
- funcionamiento isotérmico
- determinación de la conversión en una reacción de saponificación

Los reactores de flujo laminar son reactores de flujo en tuberías y funcionan continuamente. Estos permiten estudiar reacciones químicas bajo condiciones de flujo definidas y la distribución de tiempo de permanencia característica.

El CE 310.06 pertenece a una serie de equipos que permite realizar ensayos en distintos tipos de reactor. Con la unidad de alimentación CE 310, pueden estudiarse el funcionamiento y comportamiento de un reactor de flujo laminar en funcionamiento continuo.

La unidad de alimentación CE 310 dispone de un circuito de agua caliente y de todos los elementos necesarios: conexiones, bombas, depósitos para reactivos y un depósito de productos. En combinación con el generador de agua fría WL 110.20 y la unidad de alimentación CE 310 también es posible la refrigeración del reactor.

El CE 310.06 se coloca sobre la unidad de alimentación y se sujeta en su posición mediante dos espigas. Los acoplamientos rápidos permiten una conexión sencilla del reactor con la unidad de alimentación.

En el funcionamiento continuo, dos bombas de la unidad de alimentación transportan los reactivos al reactor. Debido a las dimensiones y los flujos volumétricos posibles se forma un flujo laminar. Mediante la reacción de los reactivos surge el producto. La mezcla de producto y reactivos no convertidos sale del reactor por el extremo superior tras el tiempo de permanencia específico.

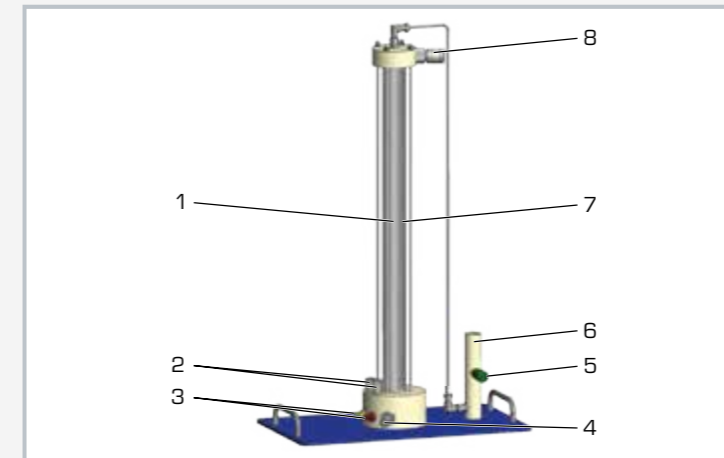
La mezcla es transportada con otra bomba peristáltica a un depósito de la unidad de alimentación.

El tiempo de permanencia de los reactivos en el reactor se ajusta a través del número de revoluciones de las bombas en la unidad de alimentación.

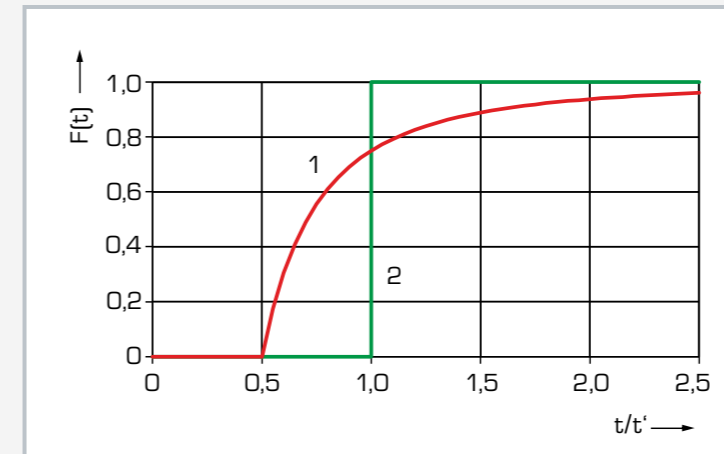
La conversión del reactor de flujo laminar se determina midiendo la conductividad. La CE 310 incluye un sensor combinado para la conductividad y la temperatura. Los valores se indican digitalmente en el armario de distribución de la unidad de alimentación. Además, los valores de medición pueden adquirirse y editarse con ayuda de un software de adquisición de datos, incluido con la CE 310.

CE 310.06

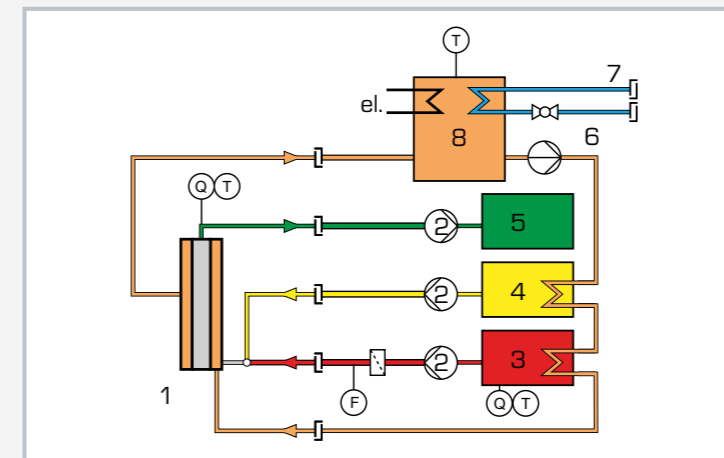
Reactor de flujo laminar



1 reactor con lecho sólido, 2 depósito de aire, 3 entrada de reactivos A/B, 4 entrada de agua, 5 salida de producto, 6 manguito para sensor de conductividad y temperatura (incluido en la CE 310), 7 doble camisa para agua, 8 salida de agua



1 flujo laminar, 2 flujo émbolo; $F(t)$ curva acumulativa de tiempo de permanencia, t tiempo, t' tiempo de permanencia



Esquema de proceso con unidad de alimentación CE 310
1 reactor de flujo laminar, 2 bomba peristáltica, 3 reactivo A, 4 reactivo B, 5 producto, 6 bomba de agua, 7 toma de agua, 8 depósito de agua; Q conductividad, n número de revoluciones, T temperatura

Especificación

- [1] reactor de flujo laminar para conectarlo a la unidad de alimentación CE 310
- [2] depósito de aire para reducir las pulsaciones
- [3] pieza en T con tobera para mezclar los reactivos
- [4] entrada especial para reducir la longitud de entrada
- [5] tubo de vidrio recto con flujo laminar
- [6] doble camisa transparente de PMMA para refrigerar y calentar con la CE 310 y el WL 110.20
- [7] sensor para registrar la conductividad y la temperatura a través de la CE 310
- [8] regulación de la temperatura a través de la CE 310

Datos técnicos

Reactor de flujo laminar
 ■ diámetro interior: 15mm
 ■ altura: 600mm
 ■ material: vidrio

Baño María
 ■ diámetro interior: 45mm
 ■ volumen: aprox. 0,45L
 ■ material: PMMA

LxAnxAI: 440x250x750mm
 Peso: aprox. 10kg

Volumen de suministro

- 1 reactor de flujo laminar

CE 100

Reactor tubular



Descripción

- reactor de tubo de flujo con termostatación
- reacción de saponificación con medición de la conductividad para determinar la conversión
- precalentamiento de los reactivos

Los reactores de tubo de flujo pertenecen a los reactores de funcionamiento continuo. Los reactores de tubo de flujo permiten la producción rentable de grandes cantidades de producto con una calidad constante.

El componente principal del CE 100 es el reactor de tubo de flujo con diez secciones templadas. Dos bombas transportan los reactivos desde los depósitos de reserva a las secciones de precalentamiento y luego al reactor. Las secciones de precalentamiento consisten en un serpentín que se encuentra en el depósito de agua caliente. Después del precalentamiento, los reactivos se mezclan poco antes de entrar en el reactor. La conductividad eléctrica de la mezcla de reacción se mide en la entrada, en el centro y en la salida del reactor. Mientras la mezcla de reacción fluye a través del reactor, los reactivos reaccionan y se obtienen los productos. La mezcla de productos y reactivos no transformados

sale del reactor y se almacena en un contenedor.

Los caudales volumétricos de los reactivos y, por lo tanto, también el tiempo de permanencia en el reactor de tubo de flujo se ajustan en las bombas. Las diez secciones del reactor de tubo de flujo consisten en cambiadores de calor de tubos concéntricos. La mezcla de reacción fluye en el tubo interior del cambiador de calor y el agua caliente fluye en el tubo exterior. Este circuito de agua caliente es termostatación. El regulador en el armario de distribución permite ajustar la temperatura deseada e indica la temperatura actual en el depósito de agua caliente. Tres agitadores garantizan una distribución uniforme de la mezcla y de la temperatura en los depósitos de reactivos y en el depósito de agua caliente.

Unos sensores registran las temperaturas y conductividades eléctricas. Los valores de medición se leen en indicadores digitales y se pueden transferir al mismo tiempo directamente a un ordenador vía puerto USB para su posterior evaluación con ayuda del software. La evaluación de la reacción se realiza con las conductividades eléctricas medidas y con la conversión calculada a partir de ellas.

Contenido didáctico/ensayos

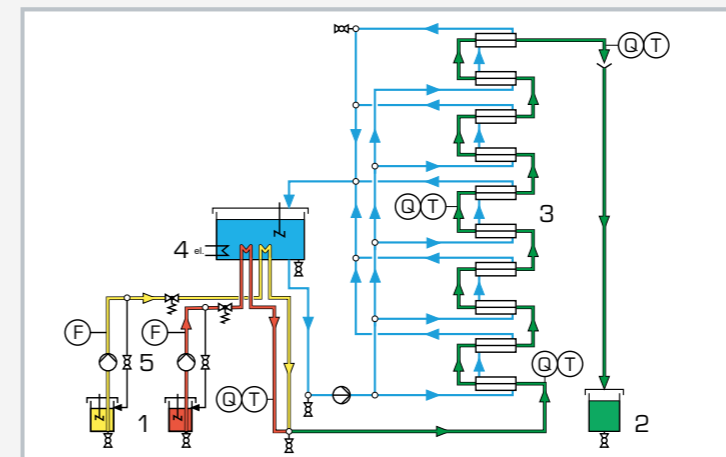
- fundamentos de una reacción de saponificación
- conversión
 - ▶ en función del tiempo de permanencia
 - ▶ en función de la temperatura
 - ▶ en función del orden de reacción

CE 100

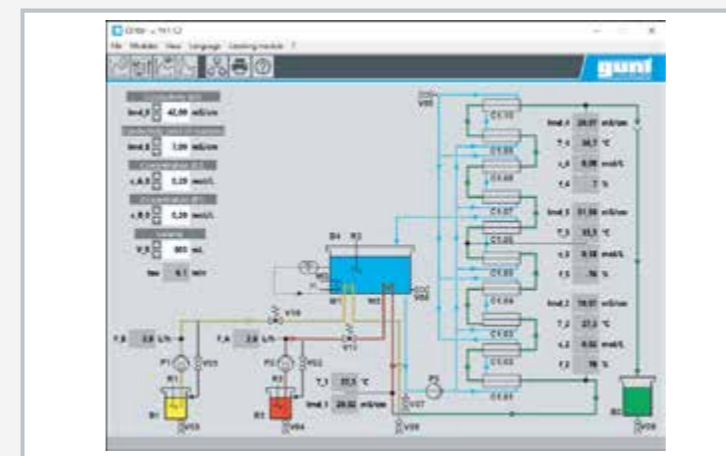
Reactor tubular



1 armario de distribución, 2 bombas de reactivos con medición del caudal volumétrico, 3 depósito de reactivo, 4 depósito de agua caliente, 5 bomba, 6 depósito de producto, 7 medición de temperatura y conductividad eléctrica, 8 reactor de tubo de flujo con 10 secciones



1 depósito de reactivo, 2 depósito de producto, 3 reactor de tubo de flujo con 10 secciones, 4 calentador, 5 bombas de reactivos, F caudal, Q conductividad eléctrica, T temperatura



Captura de pantalla del software

Especificación

- [1] reactor de tubo de flujo continuo para realizar una reacción de saponificación
- [2] 10 cambiadores de calor de tubos concéntricos como reactor
- [3] 2 bombas idénticas para el bombeo de los reactivos
- [4] ajuste de los caudales volumétricos de los reactivos en las bombas
- [5] precalentamiento de los reactivos con 2 serpentines de acero inoxidable
- [6] pieza en T para la mezcla de los reactivos precalentados
- [7] depósito de agua caliente con termostatación
- [8] mediciones de la conductividad eléctrica: en la entrada, en el centro y en la salida del reactor
- [9] registro de la conductividad y temperatura con 3 sensores combinados
- [10] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10

Datos técnicos

Reactor de tubo de flujo

- Ø interior: aprox. 8mm
 - volumen del reactor: aprox. 0,6L
 - material: 1.4571
- Bombas de reactivos
- caudal máx.: 0,3L/min
 - altura de elevación máx.: 20m

Depósitos

- reactivos: 2x 25L
- productos: 1x 50L
- agua: 1x 30L

Circuito de agua caliente

- potencia del calentador: aprox. 4kW
- temperatura: máx. 55°C

Velocidad de los agitadores: máx. 310min⁻¹

Rangos de medición

- caudal volumétrico: 2x 2...320mL/min
- temperatura: 4x 0...80°C
- conductividad: 3x 0...100mS/cm

400V, 50Hz, 3 fases

400V, 60Hz, 3 fases, 230V, 60Hz, 3 fases

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1900x790x1950mm

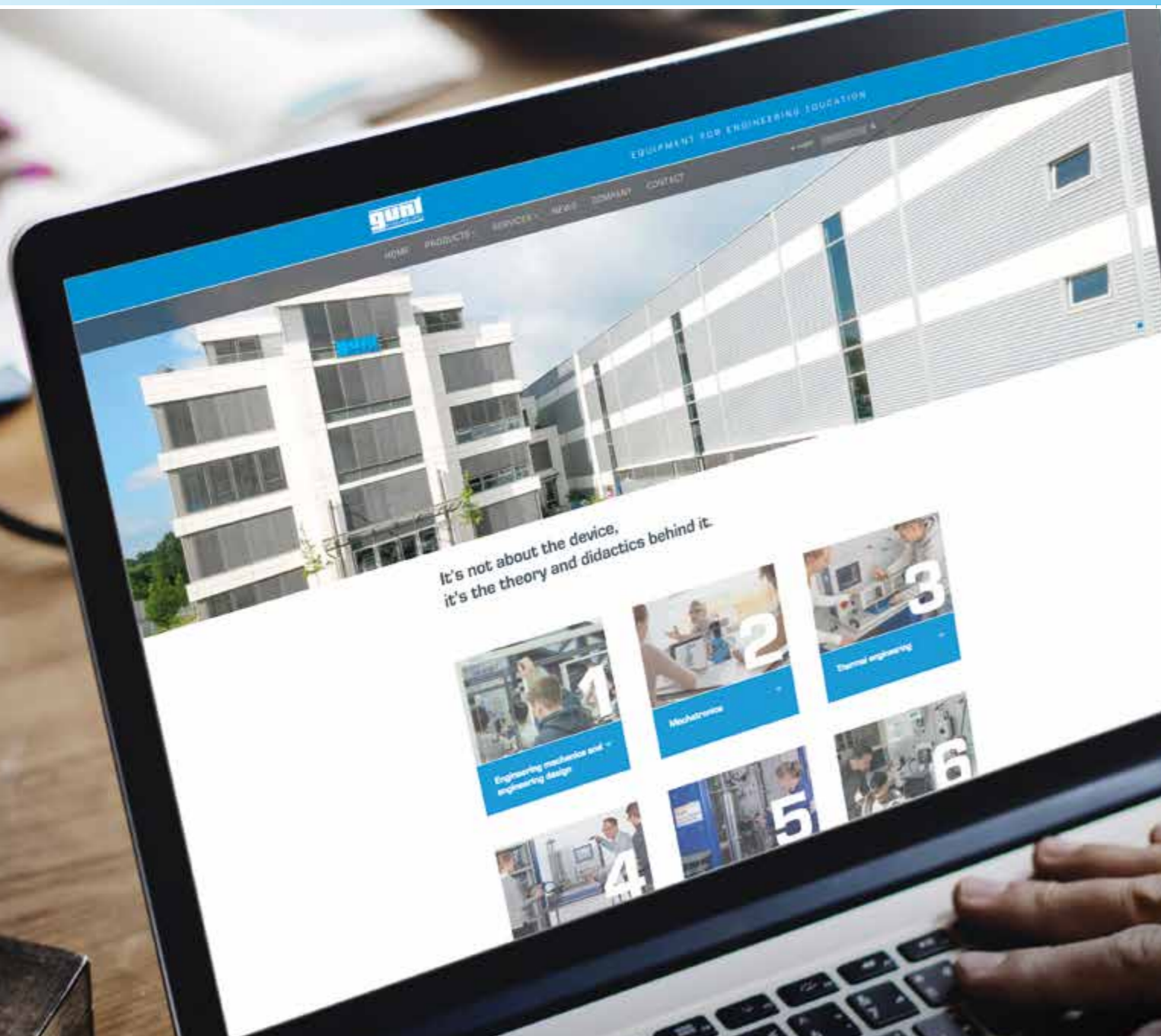
Peso: aprox. 290kg

Necesario para el funcionamiento

Acetato de etilo, sosa cáustica (para la reacción de saponificación)
PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico



Visite nuestras páginas web

En nuestro sitio web encontrará toda la información sobre el programa.

Conocimientos básicos Activación catalítica

Muchas reacciones son demasiado lentas para aplicaciones técnicas a temperatura ambiente porque la energía de activación necesaria es muy alta. Los catalizadores reducen la energía de activación necesaria y aceleran la reacción

química. De este modo se posibilita el aprovechamiento de algunas reacciones y se reduce el coste energético en la producción.

Según Wilhelm Ostwald un catalizador es cada sustancia que modifica la velocidad de una reacción química sin cambiar su producto final. Por catálisis se entiende la aceleración de una reacción química bajo el efecto de un catalizador. En aproximadamente más del 80 % de todos los procesos químicos industriales participan catalizadores.

Para el caso simple de la reacción de un reactivo **A** en un producto **P** con la participación de un catalizador **K**, podemos imaginarnos que la catálisis se realiza a través de un producto intermedio **X**. El reactivo y el catalizador generan primero un producto intermedio. Del producto intermedio se produce después el producto **P** bajo la liberación del catalizador. El catalizador permanece inalterado tras la reacción y vuelve a estar disponible para otras reacciones.

Una explicación posible de la catálisis es la teoría del estado de transición. Esta teoría parte de la base de que los reactivos que participan en la reacción tienen que superar una barrera energética para que se produzca una reacción. El estado molecular en la cima de la barrera energética **E₁** se denomina complejo activado. De este estado molecular se generan directamente los productos. En la catálisis, el complejo activado se forma a partir de los reactivos y el catalizador. La energía **E₂**, necesaria para la formación del complejo con catalizador, es menor que la energía **E₁**, que es necesaria sin catalizador. Este reducido consumo energético provoca que a partir de los reactivos resulten una

mayor cantidad de productos por unidad de tiempo. La velocidad de reacción es, por tanto, mayor.

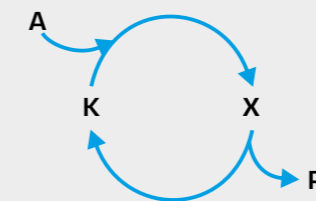
Se pueden diferenciar dos tipos de catálisis:

■ Catálisis homogénea

El catalizador y las materias primas de la reacción química se encuentran en la misma fase. Se produce, por tanto, en estado líquido o gaseoso. En la fase líquida, además del tipo de reactivos y catalizador, las propiedades del disolvente (p. ej. la viscosidad) también influyen en la velocidad de reacción.

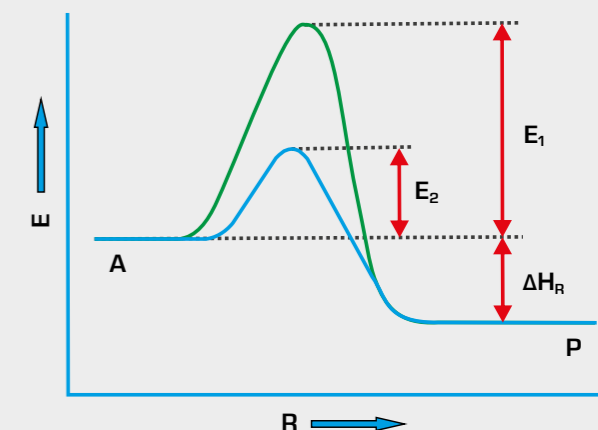
■ Catálisis heterogénea

El catalizador se suele encontrar en estado sólido. Las materias primas de la reacción se encuentran en estado líquido o gaseoso. Además de la reacción química en sí entre los reactivos y el catalizador, los procesos como la difusión en el interior del catalizador sólido y los procesos de adsorción desempeñan un papel importante para la velocidad de reacción.



Esquema de una reacción catalítica simple como esquema (arriba) y ciclo (abajo):

A reactivo, **K** catalizador, **X** producto intermedio, **P** producto

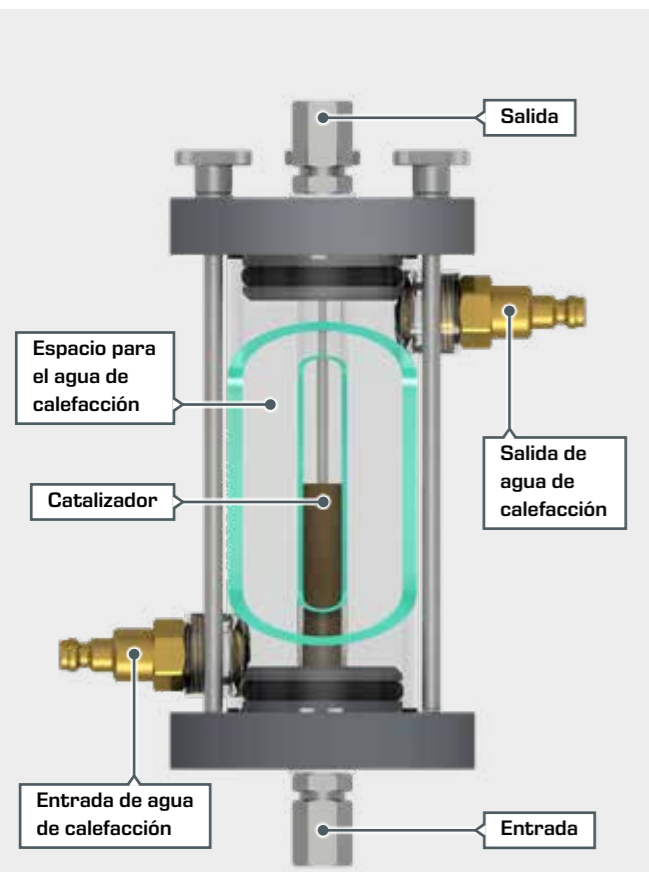


Cambio de energía con y sin catalizador (exotérmico):

E energía, **R** coordenada de reacción, **E₁** energía necesaria para la formación de un complejo activado sin catalizador, **E₂** energía necesaria para la formación de un complejo activado con catalizador, **ΔH_r** entalpía de reacción

Vista previa

CE 380 Reactores catalíticos de lecho fijo



Diseño de los reactores de lecho fijo

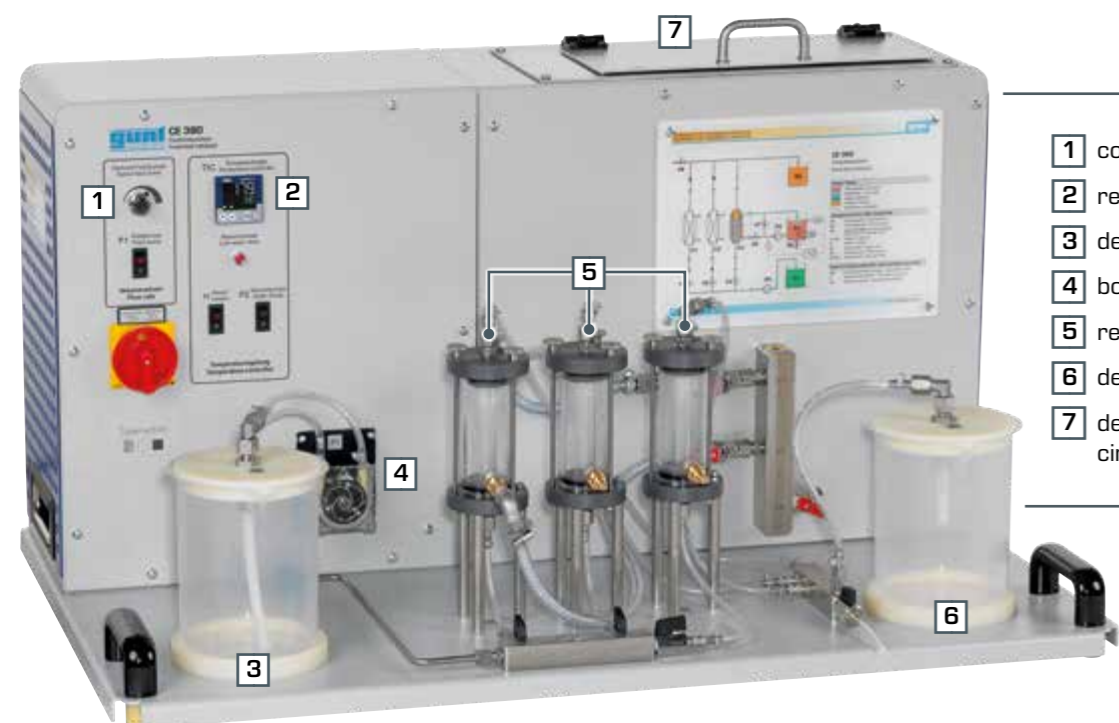
Las reacciones químicas suelen llevarse a cabo con catalizadores. Los catalizadores aceleran las reacciones químicas o las hacen posibles en primer lugar. Los catalizadores reducen la energía de activación necesaria o producen compuestos temporales para otras vías de reacción. Los catalizadores salen inalterados de las reacciones y, por tanto, vuelven a estar disponibles para la siguiente reacción.

En una **catálisis de lecho fijo**, el catalizador está presente como lecho fijo en un reactor. El flujo de paso con los productos de partida (reactivos) y la reacción en el lecho fijo tienen lugar de forma continua. Esto permite unas condiciones de reacción constantes y un mayor rendimiento del producto.

Los componentes principales del equipo CE 380 son tres reactores de lecho fijo. Esto permite realizar tres montajes experimentales, cada uno con diferentes cantidades de catalizador, por ejemplo. Los reactores están diseñados como tubo doble, con el catalizador situado en el tubo interior. El espacio entre los dos tubos se utiliza para calentar los reactores con agua caliente. El caudal de la solución de salida y, por tanto, el tiempo de permanencia hidráulica en el reactor, puede ajustarse sin escalonamiento.

Contenidos didácticos

- fundamentos de la catálisis química
- dependencia de la reacción en
 - ▶ masa del catalizador
 - ▶ temperatura
- manejo de un equipo de análisis fotométrico
- determinación del balance cuantitativo
- determinación del rendimiento de producción



- 1 control de caudal
- 2 regulador de temperatura
- 3 depósito de reactivo
- 4 bomba de alimentación
- 5 reactores
- 6 depósito de producto
- 7 depósito de agua para el circuito de calefacción

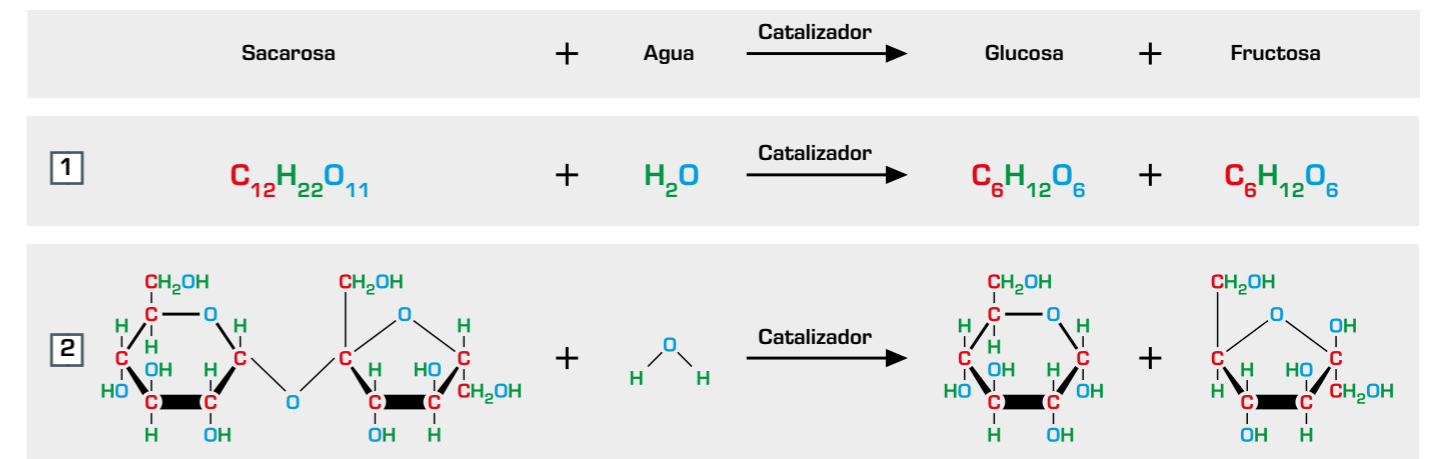
Al producto:



Hidrólisis catalizada de la sacarosa

Bajo **hidrólisis** se entiende generalmente la división de un compuesto químico por reacción con el agua. Un ejemplo para ello es la descomposición de la sacarosa en glucosa y fructosa. Esta reacción requiere además un catalizador. La glucosa y la fructosa tienen la misma fórmula molecular, pero difieren en la disposición de los átomos individuales.

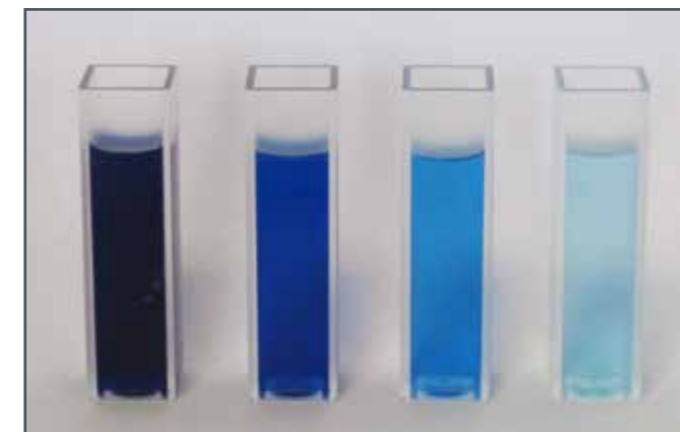
El equipo CE 380 está diseñado para la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa. Un intercambiador iónico fuertemente ácido, incluido en el volumen de suministro, sirve de catalizador.



Hidrólisis de la sacarosa: 1 ecuación de reacción y 2 proyecciones de Haworth

Evaluación experimental con fotómetro

La tasa de conversión es un parámetro importante para evaluar las reacciones químicas. En el equipo CE 380, esto se hace determinando la concentración de la glucosa en el producto de reacción. Para ello, primero se produce un complejo yodo-almidón a partir de la solución del producto utilizando diversas sustancias químicas. El color azul es característico para un complejo yodo-almidón. La intensidad de la coloración es una medida de la concentración de glucosa.



Complejos yodo-almidón con concentración decreciente de glucosa de izquierda a derecha

El complejo yodo-almidón absorbe la luz en la gama amarillo-naranja, por lo que la concentración de glucosa puede determinarse fotométricamente. Por ello, para la evaluación de los experimentos, el equipo se suministra junto con un fotómetro. Los datos del fotómetro se transfieren a un PC y se evalúan allí con ayuda de un software.



Fotómetro para la evaluación de los ensayos

CE 380

Reactores catalíticos de lecho fijo



Descripción

- catálisis química en lecho fijo
- tres reactores para ensayos comparativos
- análisis del producto con fotómetro

Los catalizadores hacen posibles o aceleran las reacciones químicas. El CE 380 se ha concebido para la reacción de descomposición de sacarosa (disuelta) en glucosa y fructosa.

Una bomba peristáltica transporta el reactivo (solución de sacarosa) desde un depósito al reactor, donde entra por la parte inferior. El reactor contiene un catalizador en forma de lecho fijo. La solución de sacarosa atraviesa el lecho fijo. Aquí se descompone la sacarosa en glucosa y fructosa. El catalizador acelera la reacción y aumenta así el rendimiento de producto obtenido (mezcla de glucosa y fructosa). El producto se recoge en un depósito.

Tres reactores permiten comparar diferentes catálisis. Como catalizador químico se utiliza resina intercambiadora de iones. Un circuito regulado de agua de calefacción permite investigar además la influencia de la temperatura en la reacción.

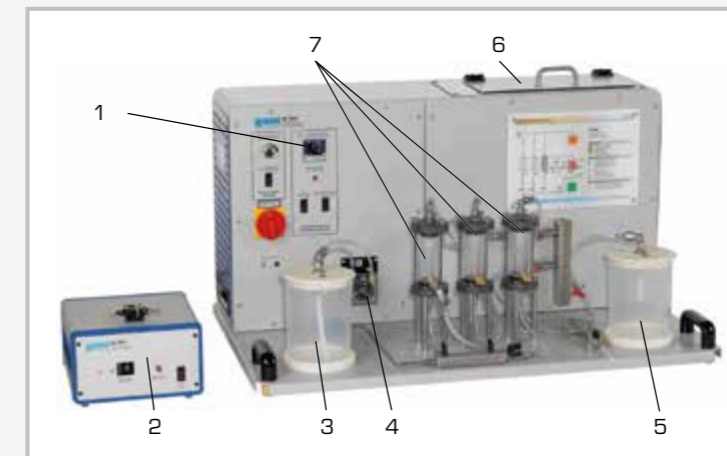
El suministro incluye un fotómetro ajustado a este equipo, con el que se puede determinar la concentración de glucosa en el producto. Los datos del fotómetro se transmiten a un PC y allí se analizan con ayuda de un software. Como accesorio opcional está disponible el equipo de análisis por inyección en flujo (FIA - Flow Injection Analysis) CE 380.01. En comparación con el análisis manual, el FIA hace posible una mayor número de mediciones durante el ensayo, al mismo tiempo que disminuye el trabajo necesario y mejora la reproducibilidad.

Contenido didáctico/ensayos

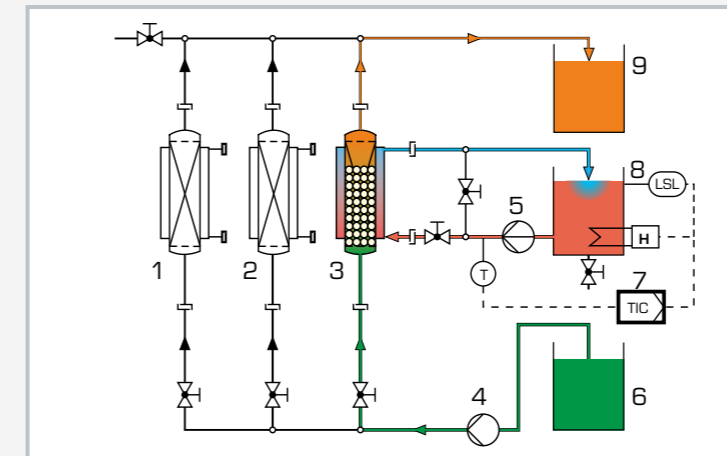
- fundamentos de la catálisis química
- dependencia de la reacción en
 - ▶ masa del catalizador
 - ▶ temperatura
- manejo de un equipo de análisis fotométrico
- determinación del balance cuantitativo
- determinación del rendimiento de producción

CE 380

Reactores catalíticos de lecho fijo



1 regulador de temperatura, 2 fotómetro, 3 depósito de reactivo, 4 bomba de alimentación, 5 depósito de producto, 6 depósito de agua para el circuito de calefacción, 7 reactores



1-3 reactor, 4 bomba de alimentación, 5 bomba del circuito de calefacción, 6 depósito de reactivo, 7 regulador de temperatura, 8 depósito de agua con dispositivo de calefacción y interruptor de nivel, 9 depósito de producto



Fotómetro: 1 soporte de cubetas, 2 conexión de fuente luminosa, 3 conexión de espectrómetro

Especificación

- [1] estudio de una reacción catalítica
- [2] 3 reactores de PMMA para comparar distintas catálisis en lecho fijo
- [3] bomba peristáltica de velocidad regulable para transportar el reactivo a los reactores
- [4] circuito de calefacción regulado con depósito de agua, dispositivo de calefacción y bomba, para regular la temperatura de los reactores
- [5] un depósito graduado para reactivo y uno para producto
- [6] fotómetro para análisis del producto
- [7] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10 [fotómetro]
- [8] equipo de análisis por inyección en flujo [CE 380.01] disponible como accesorio

Datos técnicos

Reactores

- diámetro: aprox. 10mm
- altura: aprox. 120mm

Bomba peristáltica

- caudal máx.: aprox. 50mL/min

Bomba del circuito de calefacción

- caudal máx.: 10L/min
- altura de elevación máx.: 30m
- consumo de potencia: 120W

Circuito de calefacción

- depósito: aprox. 7500mL
- dispositivo de calefacción: aprox. 1kW

Depósitos para reactivo y producto

- capacidad: aprox. 2000mL
- graduación, escala: 50mL
- material: PP

Longitud de onda del fotómetro: 610nm

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1000x680x500mm (equipo de ensayo)

LxAnxAI: 260x260x180mm (fotómetro)

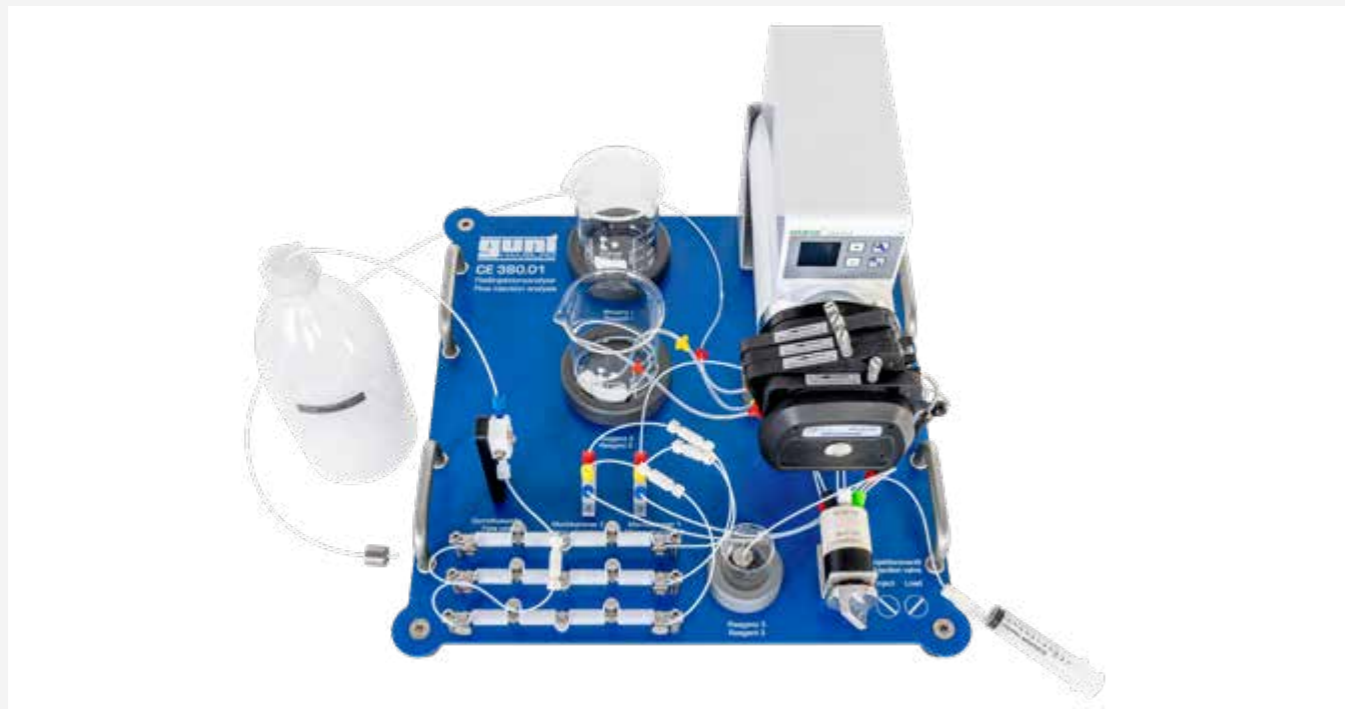
Peso: aprox. 63kg

Necesario para el funcionamiento

PC con Windows

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 1 fotómetro
- 1 envase con catalizador químico
- 1 CD con software para el fotómetro
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

CE 380.01**Análisis por inyección en flujo****Descripción**

- equipo de análisis profesional para CE 380
- determinación fotométrica continua de la concentración de glucosa

El análisis por inyección en flujo (FIA – Flow Injection Analysis) complementa el equipo CE 380. Usa el fotómetro existente en el CE 380 como detector para demostrar la presencia del producto de reacción glucosa.

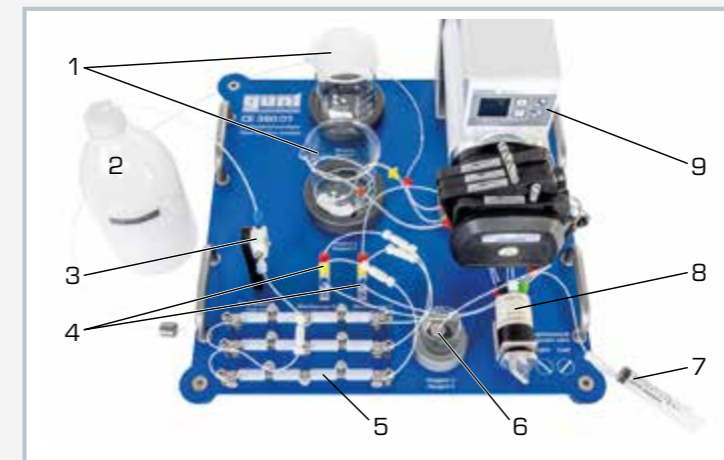
La bomba multicanal impele permanentemente tres flujos de líquido al análisis por inyección en flujo. Primero se mezclan los productos de reacción disueltos del CE 380 y un reactivo de coloración en una cámara. La mezcla fluye después por un circuito de reacción enrollado. La dirección del flujo en el circuito de reacción permite una distribución homogénea de todas las materias. En una segunda cámara de mezclas se añade un reactivo de coloración adicional.

Después del paso por otro circuito de reacción, la mezcla entra en la célula de caudal. En ella se registra continuamente la intensidad luminosa con el fotómetro para determinar la concentración de glucosa. Para iniciar la coloración para la medición fotométrica, se inyecta una cantidad definida de la enzima glucosa oxidasa (GOx) a través de una válvula de inyección. Los reactivos de coloración y la enzima glucosa oxidasa (GOx) no están incluidos en el volumen de suministro.

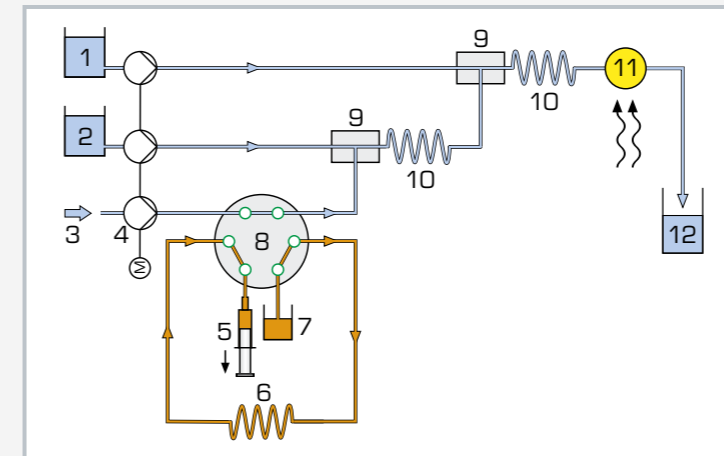
En comparación con el análisis manual, con el CE 380.01 es posible realizar un mayor número de mediciones durante el ensayo. Además, se mejora la reproducibilidad y se elimina el trabajo de tener que mezclar cada muestra.

Contenido didáctico/ensayos

- trabajo con el análisis por inyección en flujo
- determinación de la concentración
- determinación del rendimiento con el CE 380

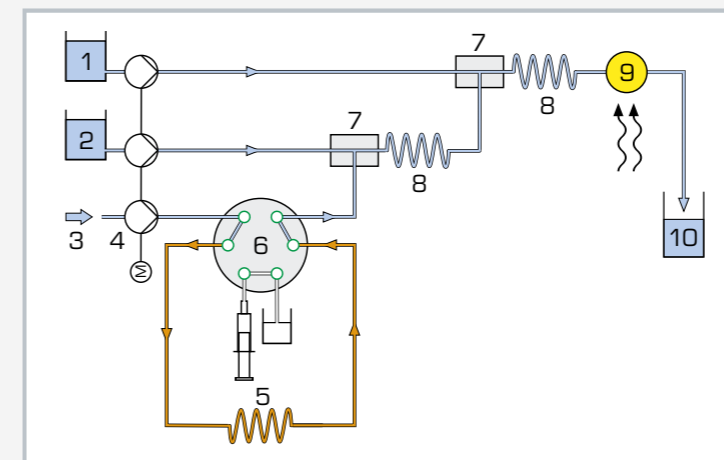
CE 380.01**Análisis por inyección en flujo**

1 depósitos para reactivo 1 y 2, 2 desecho, 3 célula de caudal, 4 cámaras de mezclas, 5 circuito de reacción, 6 reactivo 3 GOx, 7 jeringa de inyección, 8 válvula de inyección, 9 bomba peristáltica multicanal



Carga del bucle de válvula de inyección con GOx:

1 reactivo 2, 2 reactivo 1, 3 productos de reacción del CE 380, 4 bomba peristáltica multicanal, 5 jeringa de inyección, 6 bucle de válvula de inyección, 7 reactivo 3 GOx, 8 válvula de inyección, 9 cámaras de mezcla, 10 circuitos de reacción, 11 célula de caudal, 12 residuos



Inyección de GOx:

1 reactivo 2, 2 reactivo 1, 3 productos de reacción del CE 380, 4 bomba peristáltica multicanal, 5 bucle de válvula de inyección, 6 válvula de inyección, 7 cámaras de mezcla, 8 bucle de válvula de inyección, 9 célula de caudal, 10 residuos

Especificación

- [1] determinación fotométrica continua de la concentración de glucosa en el producto del CE 380
- [2] célula de caudal de PTFE para determinar la concentración con el fotómetro del CE 380
- [3] bomba peristáltica multicanal para impulsar el producto del CE 380 y los reactivos de coloración
- [4] válvula de inyección, jeringa de inyección y bucle de válvula de inyección para mezclar la enzima GOx necesaria para la demostración
- [5] 2 cámaras de mezclas para mezclar el producto y los reactivos de coloración
- [6] 2 circuitos de reacción de PTFE
- [7] 3 vasos de precipitados de DURAN para reactivos de coloración y GOx
- [8] depósito para desechos

Datos técnicos

Longitud de onda de la célula de caudal: 1 cm

Bomba peristáltica multicanal

- 4 canales
- caudal máx. por canal: 11 mL/min a 100 min⁻¹ y manguera de D_i=1,42 mm

Válvula de inyección

- 6 conexiones
- 2 ajustes de conmutación

Circuitos

- circuito de reacción: 1x 2000 mm, 1x 4000 mm
- bucle de válvula de inyección: 1x 100 mm

Depósitos

- reactivos de coloración: 2x 250 mL
- GOx: 1x 25 mL
- desechos: 1x 1000 mL
- jeringa de inyección: 1x 10 mL

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase
120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 400x400x200 mm
Peso: aprox. 8 kg

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 1 juego de mangueras
- 1 juego de accesorios
- 1 manual

CE 650

Planta de biodiésel



"screen mirroring" es posible con diferentes dispositivos finales

Descripción

- transesterificación química
- proceso de dos etapas
- control de la instalación mediante PLC y panel táctil
- un enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring" con dispositivos finales adicionales: PC, tableta, smartphone

La utilización de recursos energéticos renovables en el sector de la movilidad se puede llevar a cabo mediante la sustitución de los combustibles fósiles. Una posibilidad para ellos es el biodiésel, que se obtiene a partir de aceites vegetales. La producción se lleva a cabo mediante la adición de metanol e hidróxido de potasio (como catalizador) y es una transesterificación, una reacción de equilibrio. A gran escala, la producción se lleva a cabo de manera continua en reactores de tanque con agitación. Este proceso se representa a pequeña escala con el CE 650.

La reacción química se desarrolla a temperaturas de aproximadamente 60°C. Una vez transcurrido el tiempo de permanencia ajustado, los productos salen del reactor. Los productos están presentes como mezcla de sustancias de dos fases: una fase rica en biodiésel y una fase con productos derivados. Los productos derivados se bombean desde el siguiente separador de fases (colector) al depósito. Para la fase rica en biodiésel existen estas opciones:

Retroceso al reactor, segunda etapa de transesterificación, recuperación de metanol (destilación) y lavado de biodiésel (absorción). La fase rica en biodiésel contiene, además de biodiésel, cantidades residuales de metanol, hidróxido de potasio y aceite vegetal. El aceite vegetal que queda se utiliza en la segunda etapa de transesterificación para la reacción. El metanol se destila en la recuperación de metanol. Las cantidades residuales del catalizador se eliminan en el lavado de biodiésel. Por último se produce el almacenamiento de los productos.

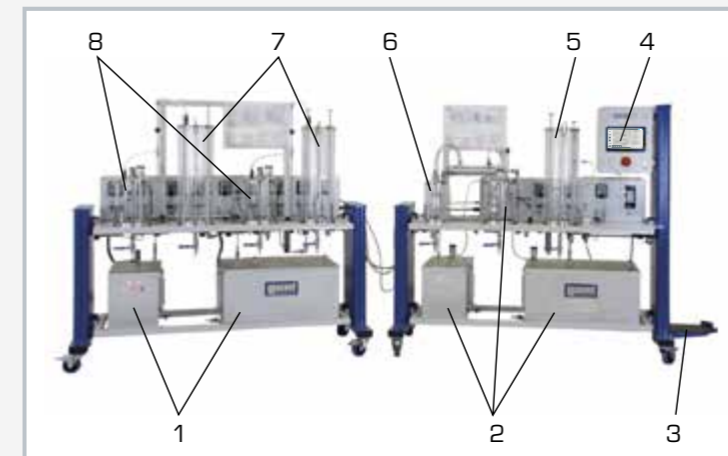
La conversión de la transesterificación depende del tiempo de reacción y de la temperatura. El equilibrio químico resulta desplazado por la separación de los productos derivados. El análisis del biodiésel producido se lleva a cabo en el laboratorio. Los parámetros del proceso pueden variar para el estudio de las dependencias. El CE 650 se controla mediante PLC vía panel táctil. Mediante un enrutador integrado, la planta puede ser operada y controlada alternativamente a través de un dispositivo final. La interfaz de usuario también puede ser representada con los dispositivos finales adicionales ("screen mirroring"). A través del PLC, los valores de medición se pueden registrar internamente. El acceso a los valores de medición registrados es posible desde los dispositivos finales a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente.

Contenido didáctico/ensayos

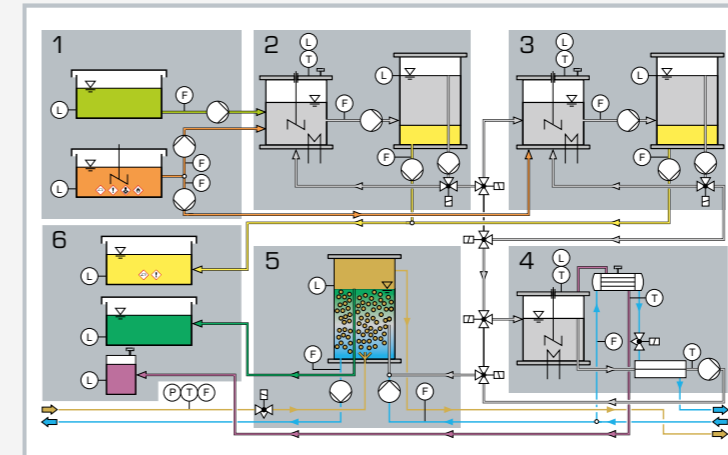
- generación de biodiésel a partir de aceite vegetal
 - ▶ influencia del tiempo de permanencia
 - ▶ influencia de la temperatura
- transesterificación química
- separación de fases en el campo gravitacional
- destilación
- extracción líquido-líquido
- puesta en marcha de un proceso continuado compuesto por varias operaciones de base
- "screen mirroring": la interfaz de usuario se refleja con dispositivos finales
 - ▶ navegación en el menú, independiente de la visualización en la pantalla táctil
 - ▶ diferentes niveles de usuario disponibles en el dispositivo final: observación de los ensayos o manejo y control

CE 650

Planta de biodiésel



1 depósito de suministro, 2 depósito, 3 soporte para bomba de gas, 4 PLC con panel táctil, 5 lavador de biodiésel, 6 recuperación de metanol, 7 separador de fases, 8 reactor



Esquema de proceso del banco de ensayos
1 suministro, 2 transesterificación 1ª etapa, 3 transesterificación 2ª etapa, 4 recuperación de metanol, 5 lavado de biodiésel, 6 depósito



Pantalla de inicio del PLC para el manejo del banco de ensayos

Especificación

- [1] transesterificación química de aceites vegetales
- [2] proceso continuado de dos etapas
- [3] 2 reactores de tanque con agitación calentados para la transesterificación química
- [4] 2 separadores de fases (colector) para la separación de los productos y de los productos derivados
- [5] recuperación de metanol (destilación) para la reducción de las cantidades de metanol necesarias
- [6] lavado de biodiésel (absorción) para la extracción de suciedad del biodiésel
- [7] variación de los parámetros del proceso para el estudio de las dependencias de la producción de biodiésel
- [8] PLC para el control de instalación
- [9] panel táctil para el manejo del PLC
- [10] adquisición de datos a través del PLC en la memoria interna, acceso a los valores de medición registrados a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente

Datos técnicos

PLC: Eaton XV303

Depósito

- reactores de tanque con agitación: 2x 5L
- depósito de reserva (aceite vegetal): 110L
- depósito de reserva (sustancias químicas): 45L
- depósito de producto: 110L
- depósito de producto derivado: 45L
- depósito de metanol: 6L
- separador de fases/lavador de biodiésel: 3x 15L

Bombas peristálticas: máx. 25L/h

Rangos de medición

- temperatura: 6x 0...100°C
- presión: 1x 0...6bar (abs.)
- caudal: 1x 0...30L/h
- nivel:
 - ▶ 3x 1...22cm
 - ▶ 2x 1...29cm

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
1x LxAnxAI: 1900x790x1700mm
1x LxAnxAI: 2200x790x1700mm
Peso: aprox. 560kg

Necesario para el funcionamiento

aceite vegetal, hidróxido de potasio, metanol, nitrógeno 0,06kg/h, min. 2bar; toma de agua + desagüe 400L/h, min. 2bar; escape de aire + ventilación 245m³/h

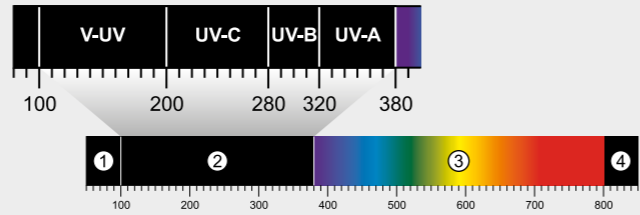
Volumen de suministro

- 1 planta de ensayo
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos

Activación fotoquímica

En la activación fotoquímica se aplica la energía de activación para facilitar o acelerar la reacción mediante radiación electromagnética. Los átomos o moléculas absorben la radiación y logran un estado activado rico en energía. Para un desarrollo efectivo de la reacción es importante que el espectro de emisión (rango de longitudes de onda) de la fuente de luz utilizada sea lo más similar posible a los espectros de absorción de la sustancias que reaccionan.



Espectro de ondas electromagnéticas:

1 radiación X, 2 radiación ultravioleta, 3 luz visible, 4 radiación infrarroja

En las reacciones fotoquímicas utilizadas en la industria, la radiación electromagnética provoca la formación de radicales. Una característica fundamental de los radicales es la presencia de un solo electrón libre en lugar de una pareja de electrones. Este electrón confiere al radical su gran tendencia a reaccionar y permite las velocidades de reacción necesarias para el proceso industrial. Una ventaja de la activación fotoquímica es la posibilidad de la excitación dirigida de determinados enlaces químicos a través de la selección de un espectro de emisión apropiado. Otra ventaja es la alta capacidad de influencia de la velocidad de reacción al encender o apagar fuentes de luz.

Las siguientes aplicaciones son ejemplos del uso industrial de las reacciones fotoquímicas:

- cloración de hidrocarburos
- producción de vitamina D
- producción de policloruro de vinilo (PVC)
- tratamiento del contenido de aguas residuales

Para generar la radiación electromagnética se utilizan principalmente lámparas basadas en el principio de la descarga gaseosa. Como gas se suele utilizar vapor de mercurio.

Básicamente se diferencia entre los siguientes tipos de lámpara:

■ Lámparas de baja presión

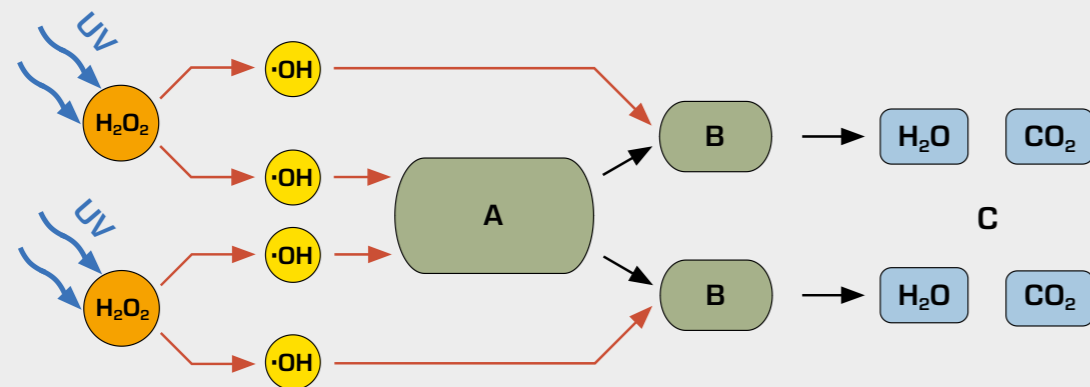
Estas lámparas suministran una luz casi monocromática (luz de una sola longitud de onda) de la longitud de onda 254 nm (UV-C).

■ Lámparas de media presión

Estas lámparas emiten radiación con distintas longitudes de onda en el rango UV y en el rango visible. El espectro de emisión se encuentra en el rango de 200...600 nm.

■ Lámparas de alta presión

El espectro de estas lámparas se extiende desde el rango UV (V-UV) hasta el rango visible y es efectivo en muchas reacciones fotoquímicas.



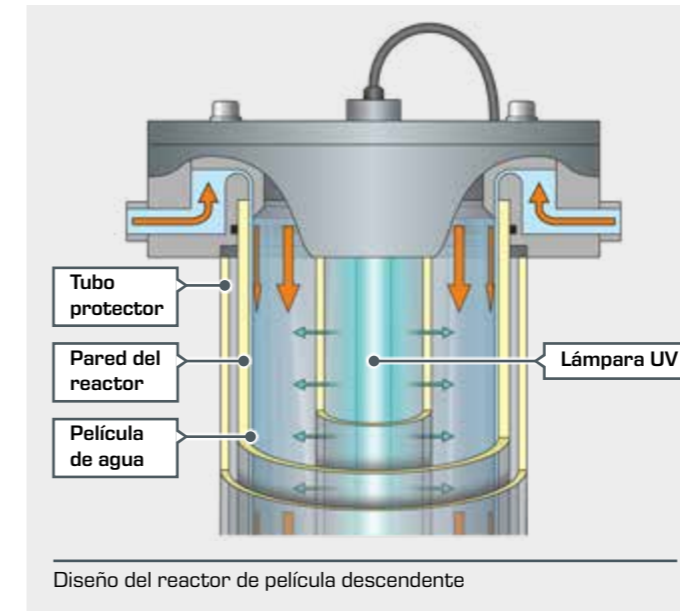
Ejemplo de una reacción fotoquímica activada para degradar sustancias orgánicas no biodegradables.

H_2O_2 peróxido de hidrógeno, $\cdot OH$ radical hidroxilo, **A** sustancia orgánica no biodegradable, **B** productos intermedios orgánicos, **C** productos finales inorgánicos

Vista previa

CE584 Oxidación avanzada

Reactor de película descendente en funcionamiento discontinuo



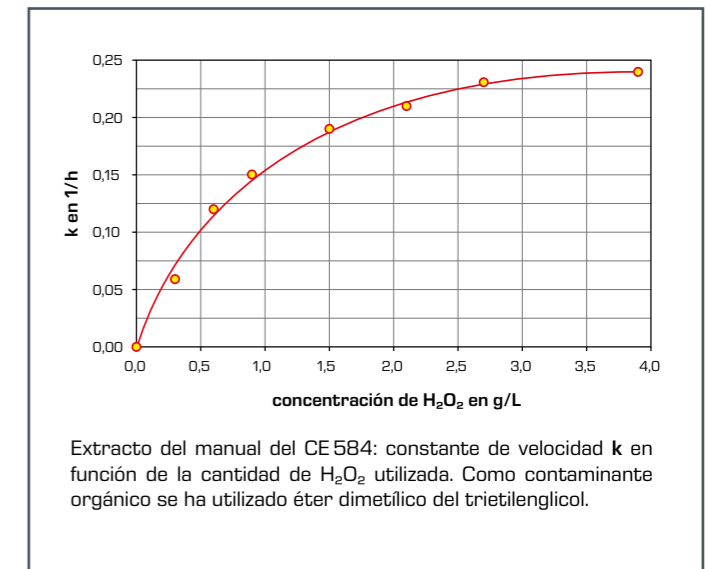
Diseño del reactor de película descendente

Los procesos de oxidación ampliados son el estado de la técnica más avanzada en el tratamiento de aguas. Con este equipo puede estudiar la oxidación de sustancias orgánicas no biodegradables mediante el uso de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y radiación ultravioleta. El aspecto didáctico central es la aplicación experimental de relaciones de la cinética de la reacción.

El componente principal del equipo es un reactor de película descendente que funciona de modo discontinuo. El agua bruta mezclada con peróxido de hidrógeno es bombeada de un depósito a una canaleta al extremo superior del reactor. El agua fluye por un borde de reboso a lo largo de la pared interior del reactor como una película fina hacia abajo y vuelve a alcanzar el depósito al final. En el centro del reactor hay una lámpara de luz ultravioleta. A través de la radiación con luz ultravioleta (254 nm), el peróxido de hidrógeno se desintegra en los radicales OH deseados.

Material didáctico

El material didáctico presenta en detalle los fundamentos del proceso y las relaciones de la cinética de la reacción. Además, a modo de ejemplo se describe detalladamente un ensayo realizado.



Extracto del manual del CE584: constante de velocidad k en función de la cantidad de H_2O_2 utilizada. Como contaminante orgánico se ha utilizado éter dimetilico del trietilenglicol.



Al producto:



Contenidos didácticos

- registro de curvas de concentración-tiempo
- estudio de la cinética de la reacción
 - ▶ orden de reacción
 - ▶ velocidad de reacción
- influencia de la cantidad de H_2O_2 en el curso de la reacción

CE 584

Oxidación avanzada



Contenido didáctico/ensayos

- conocer la oxidación con peróxido de hidrógeno y la luz ultravioleta
- registro de curvas de degradación para analizar la cinética de la reacción
- influencia de la cantidad de peróxido de hidrógeno en el proceso

2E

Descripción

- oxidación de sustancias orgánicas con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y luz ultravioleta
- funcionamiento discontinuo con reactor de película descendente

En el tratamiento de aguas, los procesos de oxidación sirven para eliminar sustancias orgánicas no biodegradables. Si la oxidación se realiza mediante radicales hidroxilos (radicales OH), se habla de "oxidación avanzada". Un método habitual para la formación de radicales hidroxilos es la irradiación de peróxido de hidrógeno con luz ultravioleta. CE 584 demuestra este proceso con la ayuda de un reactor de película descendente de funcionamiento discontinuo.

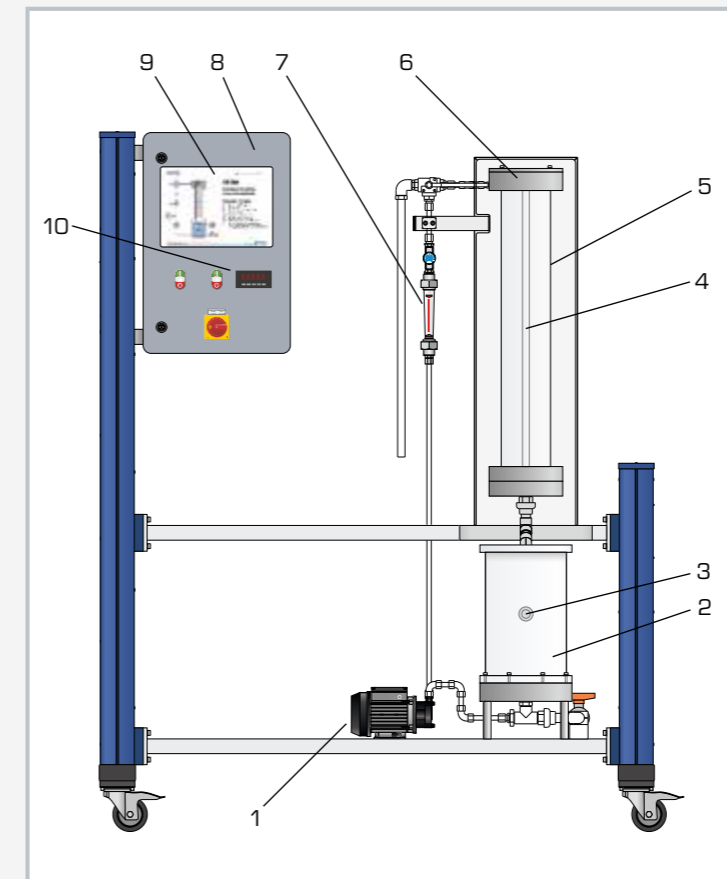
El reactor de película descendente consta de un tubo transparente, abierto por el extremo inferior. En el extremo superior del tubo se ha añadido una canaleta giratoria. El agua bruta enriquecida con peróxido de hidrógeno se bombea desde un depósito hasta la canaleta con una bomba. Desde aquí, el agua vuelve a fluir como una película descendente a lo largo de las paredes interiores del tubo hasta el depósito. De este modo, se produce un circuito de agua cerrado. En el centro del tubo hay una lámpara de luz ultravioleta. A través de la irradiación con luz ultravioleta del agua bruta que fluye hacia abajo, se forman radicales hidroxilos de las moléculas de peróxido de hidrógeno. Los radicales hidroxilos oxidan las sustancias orgánicas no biodegradables contenidas en el agua bruta. La lámpara de luz ultravioleta está equipada con un tubo protector para proteger de la irradiación.

El caudal y la temperatura del agua se registran continuamente. La temperatura se muestra en el armario de distribución digitalmente. Es posible tomar muestras en el depósito.

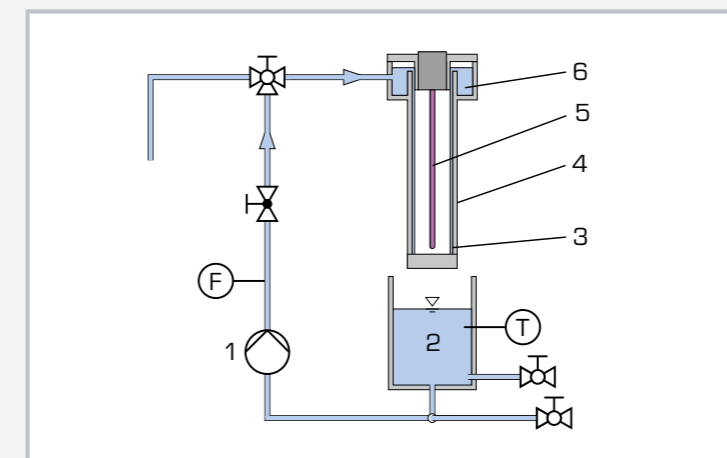
Para la producción del agua bruta se pueden utilizar p. ej. éter dimetílico del trietilenglicol. Para analizar los ensayos se requiere de un equipamiento analítico.

CE 584

Oxidación avanzada



1 bomba, 2 depósito, 3 sensor de temperatura, 4 lámpara UV con tubo protector, 5 reactor de película descendente (tubo), 6 canaleta, 7 caudalímetro, 8 armario de distribución, 9 esquema de proceso, 10 indicación digital de la temperatura



1 bomba, 2 depósito, 3 película descendente, 4 reactor de película descendente (tubo), 5 lámpara UV, 6 canaleta; F caudal, T temperatura

Especificación

- [1] proceso de oxidación avanzada
- [2] uso de peróxido de hidrógeno y luz ultravioleta
- [3] formación de radicales hidroxilos (radicales OH)
- [4] reactor de película descendente con lámpara UV
- [5] funcionamiento discontinuo
- [6] caudal ajustable
- [7] registro de la temperatura y el caudal
- [8] indicador digital de temperatura
- [9] dispositivo de protección para la radiación ultravioleta

Datos técnicos

Reactor de película descendente (tubo)

- \varnothing 130mm
- altura: 1000mm
- material: vidrio

Lámpara UV

- longitud de onda emitida: 254nm
- potencia: 120W

Bomba

- caudal máx.: 360L/h
- altura de elevación máx.: 9m

Depósito

- capacidad: 10L

Rangos de medición

- caudal: 30...320L/h
- temperatura: 0...50°C

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1510x790x1900mm

Peso: aprox. 170kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe, peróxido de hidrógeno, éter dimetílico del trietilenglicol [recomendación]

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico



Ingeniería de procesos biológicos

Introducción

Vista previa Los conceptos didácticos de GUNT para la ingeniería de procesos biológicos 172

Conocimientos básicos Procesos biológicos y reactores 174

Procesos aerobios

CE 701 Proceso de biopelícula 176

CE 704 Proceso SBR 178

Vista previa CE 705 Proceso de lodos activados 180

CE 705 Proceso de lodos activados 182

Vista previa CE 730 Reactor airlift 184

CE 730 Reactor airlift 186

Procesos anaeróbicos

Vista previa CE 702 Tratamiento anaerobio de aguas 188

CE 702 Tratamiento anaerobio de aguas 190

Conocimientos básicos Bioetanol 192

Vista previa CE 640 Producción biotecnológica de etanol 194

CE 640 Producción biotecnológica de etanol 196

Conocimientos básicos Biogás 198

CE 642 Planta de biogás 200

Los actores y los tipos de reactor en la ingeniería de procesos biológicos

En este capítulo encontrará los equipos de ensayo apropiados para explorar los actores (p.ej. microorganismos) y sus condiciones vitales. Para crear estas condiciones vitales existen distintos tipos de reactores en la ingeniería de procesos biológicos. El programa ofrece todas las posibilidades para familiarizarse con el funcionamiento, las áreas de aplicación y las diferencias de los tipos de reactores habituales.

El trabajo con los bancos de ensayos requiere práctica, cuidado y un entorno de laboratorio apropiado. En función del proceso correspondiente y de las materias utilizadas, es necesario disponer de suelos barnizados, desagües, alimentación de agua y aire comprimido, ventilación, espacios para un almacenamiento seguro de las materias utilizadas, microorganismos, dispositivos de seguridad y ropa protectora.

Para evaluar muchos ensayos necesitará, además del volumen de suministro de los sistemas didácticos GUNT, equipamiento analítico profesional.

Póngase en contacto con nosotros – y le aconsejaremos.

Los conceptos didácticos de GUNT para la ingeniería de procesos biológicos

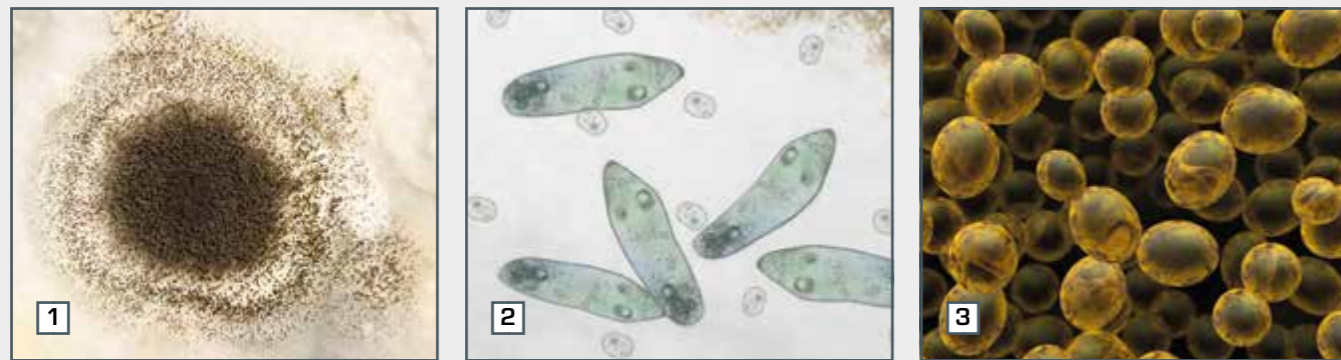
¿De qué se encarga la ingeniería de procesos biológicos?

El objeto de la ingeniería de procesos biológicos es la conversión de materia orgánica mediante reacciones bioquímicas. Los siguientes actores realizan estas conversiones de materia:

- organismos vivos completos con una o más células como, p.ej., bacterias, hongos o algas
- componentes bioactivos aislados de organismos como, p.ej., células de animales o de plantas
- componentes bioactivos aislados de células como, p.ej., enzimas

La ingeniería de procesos biológicos tiene la tarea de preparar las condiciones óptimas para estos organismos, células y divisiones de células. Los conocimientos de la biología, bioquímica, etc. se utilizan en procesos a nivel industrial. Algunos ejemplos de procesos típicos son:

- producción de medicamentos
- producción de sustancias químicas
- producción de alimentos
- depuración de suelos, aire y aguas residuales
- producción de fuentes de energía de la biomasa



Ejemplos de los actores en la ingeniería de procesos biológicos:

1 *Aspergillus niger*: hongo que produce ácido cítrico, **2** *Paramecium*: microorganismo para el tratamiento biológico de aguas residuales, **3** *Saccharomyces cerevisiae*: levadura para producir etanol



Etapa de tratamiento biológico en una estación depuradora de aguas residuales (tanque de aireación)

Nuestros sistemas didácticos para la ingeniería de procesos biológicos

Procesos aeróbicos

- CE 701 Proceso de biopelícula
- CE 704 Proceso SBR
- CE 705 Proceso de lodos activados
- CE 730 Reactor airlift

Procesos anaeróbicos

- CE 702 Tratamiento anaerobio de aguas
- CE 640 Producción biotecnológica de etanol
- CE 642 Planta de biogás

Procesos aeróbicos y anaeróbicos

Una distinción importante de los procesos biológicos reside en el uso de condiciones aerobias o anaerobias. La tarea de la ingeniería de procesos biológicos es lograr las mejores condiciones ambientales posibles para los microorganismos correspondientes. En el caso de los microorganismos anaerobios estrictos se requiere la ausencia de oxígeno. Para los microorganismos aerobios hay que garantizar, por el contrario, un suministro de oxígeno suficiente y lo más uniforme posible.

En el metabolismo aerobio, la ganancia energética para los microorganismos es mayor que en el metabolismo anaerobio. Los microorganismos aerobios se multiplican correspondientemente, más rápido y se produce más biomasa.



PLC con pantalla táctil



CE 642 Planta de biogás

Conocimientos básicos

Procesos biológicos y reactores

Básicamente, en la ingeniería de procesos biológicos existe una multitud de procesos diferentes. La base de cada proceso son los actores, como los organismos, células o enzimas. Los actores correspondientes se seleccionan en función de los productos y las materias primas deseados. Los conocimientos sobre qué actores son apropiados para los diferentes aplicaciones provienen de disciplinas fundamentales como la biología, la bio-

química, etc. Estas disciplinas también proporcionan los conocimientos sobre qué condiciones ambientales son óptimas para los actores para poder garantizar una alta calidad y cantidad de los productos. En función de estos conocimientos se desarrolla el proceso de producción correspondiente. Los distintos pasos para muchos procesos y sus secuencias se parecen.

Pasos fundamentales de los procesos biológicos

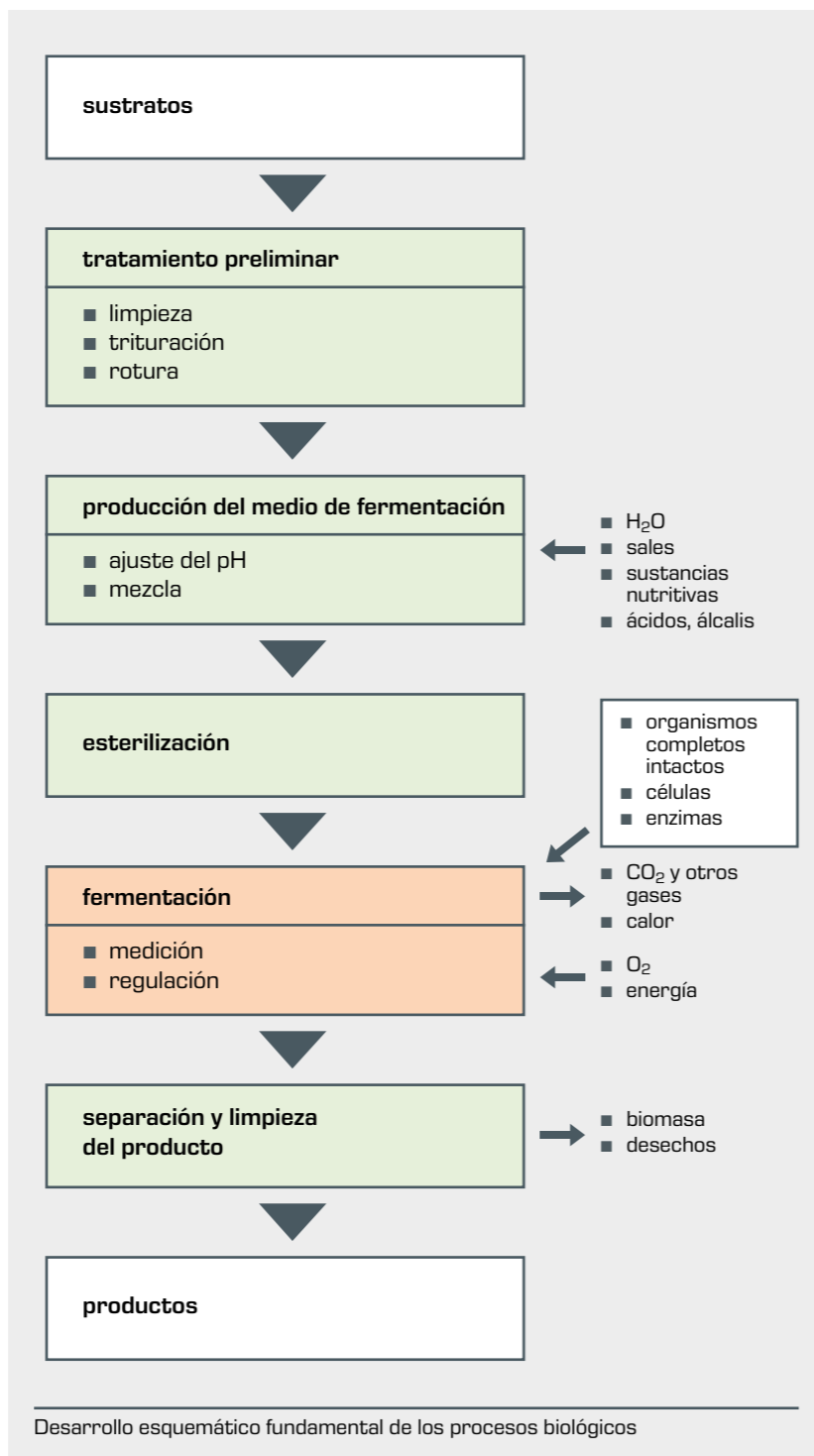
Las materias primas también se denominan sustratos. Los sustratos pueden ser sustancias puras como azúcar o alcohol. A menudo, estas materias deben obtenerse primero de sustratos complejos como melaza, vinaza, etc., mediante procesos previos como, p.ej., la trituración para facilitar su uso por los agentes biológicos.

Al añadir agua, sales y sustancias nutritivas se realiza la producción del medio de fermentación óptimo para los actores. El ajuste del pH desempeña aquí un papel importante.

Muchos procesos biológicos requieren la eliminación previa de gérmenes ajenos para evitar la presencia de microorganismos distintos al que ha de utilizarse. Esto exige la esterilización del medio de fermentación y el reactor.

El proceso de producción en sí (fermentación) tiene lugar en el reactor. Aquí, los actores como organismos, células y enzimas convierten las materias primas en productos. El reactor tiene que estar totalmente adaptado a los actores correspondientes. En los procesos aerobios, p.ej., el suministro uniforme de todas las áreas con oxígeno desempeña un papel importante. Además, la regulación de la temperatura a través de el aporte o evacuación de calor también es importante.

El medio de fermentación que sale del reactor es una mezcla sólido-líquido compleja, en la que el producto aparece diluido o todavía en el interior de células. Por consiguiente, para la separación de los sólidos se utilizan procesos como la filtración, centrifugación o sedimentación. La apertura de las células se realiza, p.ej., mediante impacto mecánico o presión osmótica. Para la concentración y limpieza se utilizan procesos como la extracción, adsorción o precipitación.



Biorreactores

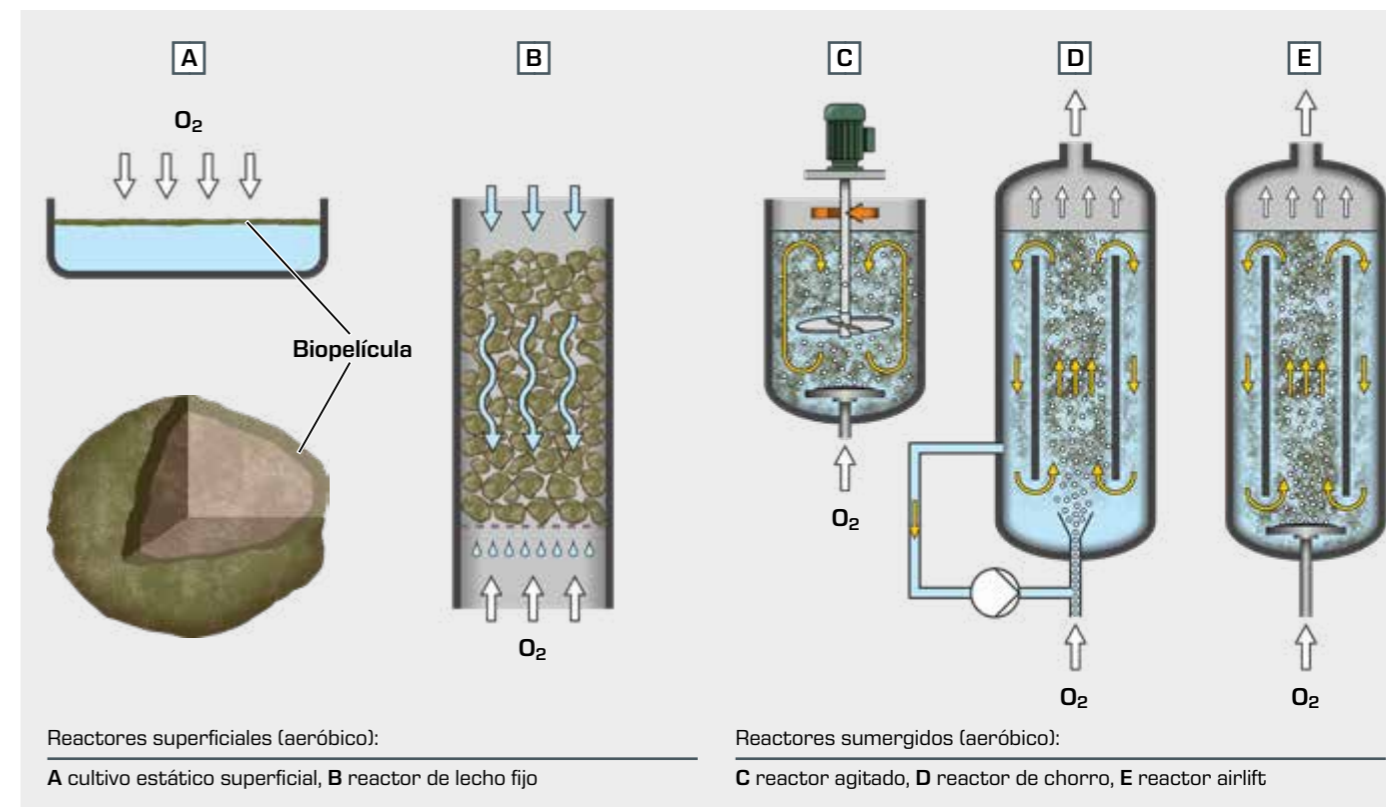
El biorreactor es el elemento central de la instalación de producción biológica. Una de las tareas principales consiste en posibilitar una mezcla óptima del contenido del reactor para garantizar un contacto lo más frecuente posible de las sustancias nutritivas y los actores biológicos. También es importante la creación de una superficie interfacial lo más grande posible entre la fase gaseosa y el líquido. En los procesos aerobios se trata de transportar oxígeno a los actores biológicos. En los procesos anaerobios debe garantizarse la extracción rápida de los gases producidos, como el metano. Básicamente se diferencia entre reactores superficiales y reactores sumergidos.

Reactores superficiales

Los actores biológicos se adhieren como una biopelícula a la superficie de materias líquidas o sólidas. En los procesos aerobios, la oxigenación se realiza directamente de la fase gaseosa colindante con la biopelícula.

El proceso más sencillo es el **cultivo estático superficial (A)**, en el que hay sustrato líquido en una cubeta plana. Sobre la superficie del sustrato flota una biopelícula, que es alimentada desde abajo con sustancias nutritivas y desde arriba con oxígeno.

En los reactores de lecho, la biopelícula está fijada a una superficie de sólidos. En los reactores de lecho fluidizado, la materia sólida puede moverse en el líquido. En los **reactores de lecho fijo (B)**, la materia sólida no se mueve. El sustrato líquido atraviesa desde arriba el lecho fijo. En los reactores aerobios, la alimentación con oxígeno se realiza desde abajo.



CE 701

Proceso de biopelícula



La ilustración muestra: unidad de alimentación (izquierda) y banco de ensayos (derecha)

Descripción

- proceso aerobio de biopelícula: filtro percolador
- ensayos prácticos a escala de laboratorio
- perfiles de concentración

Los procesos de biopelícula se utilizan para la depuración biológica de aguas residuales. Los filtros percoladores se basan en estos procesos.

Una bomba transporta las aguas residuales desde la unidad de alimentación hasta el extremo superior del filtro percolador.

Las aguas residuales gotean sobre el filtro percolador con un distribuidor rotativo. En el filtro percolador se encuentra un lecho fijo compuesto por un material soporte especial. Sobre este material soporte se desarrolla una fina capa de microorganismos (biopelícula). Mientras las aguas residuales escurren a través del lecho fijo, los microorganismos depuran las aguas residuales biológicamente. En la parte superior del filtro percolador se degradan principalmente las sustancias orgánicas. En la parte inferior, en cambio, predomina la oxidación de amonio a nitrato (nitrificación). Luego las aguas residuales fluyen hacia un depósito colector. Dos bombas se encargan de elevar nuevamente una parte de las aguas residuales acumuladas hacia el distribuidor rotativo (recirculación).

En la parte inferior del filtro percolador se encuentran orificios que posibilitan una aireación mediante convección natural.

Alternativamente, la aireación también se puede realizar con ayuda de un compresor.

Para producir la biopelícula, el filtro percolador se llena primero con el material soporte, aguas residuales y lodo activado. El lodo activado que sale continuamente del filtro percolador sedimenta en un decantador secundario. Una bomba transporta el lodo activado nuevamente hacia el filtro percolador. La aireación del filtro percolador se realiza por medio de un compresor. En el transcurso del tiempo los microorganismos existentes en el lodo activado se asientan en el material soporte, creando así una biopelícula.

Los siguientes caudales son registrados y se pueden ajustar: aguas residuales, recirculación, aireación (con compresor). La velocidad del distribuidor rotativo también se puede ajustar. Unos puntos de toma de muestras a lo largo del filtro percolador permiten registrar perfiles de concentración.

Para los ensayos se requiere lodo activado de una estación depuradora de aguas residuales. Para la evaluación de los ensayos recomendamos utilizar equipamiento analítico para la determinación de los siguientes parámetros:

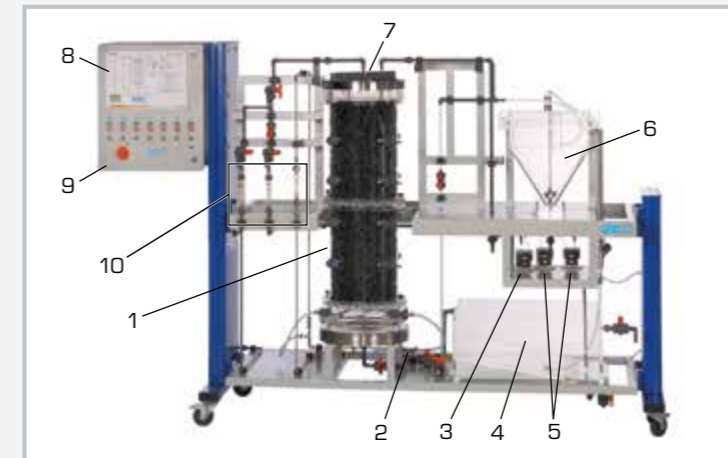
- demanda bioquímica o química de oxígeno
- concentración de amonio
- concentración de nitrato

Contenido didáctico/ensayos

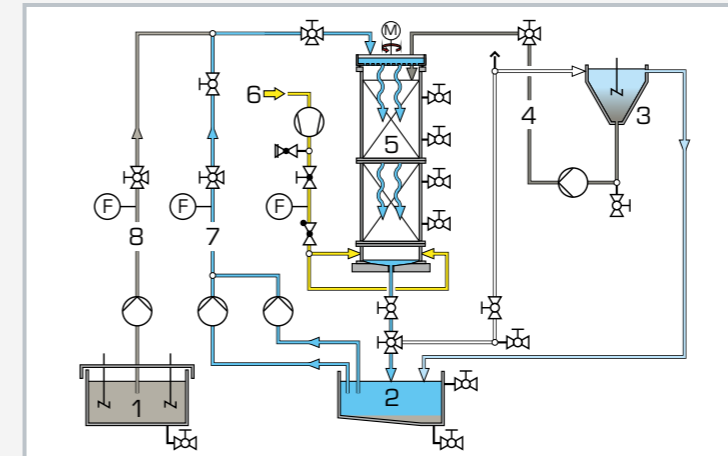
- modo de funcionamiento de un filtro percolador
- registro de perfiles de concentración
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- reconocer la influencia de las siguientes variables:
 - ▶ caudal de recirculación
 - ▶ carga másica del filtro percolador
 - ▶ carga superficial del filtro percolador
- comparación de distintos materiales soporte

CE 701

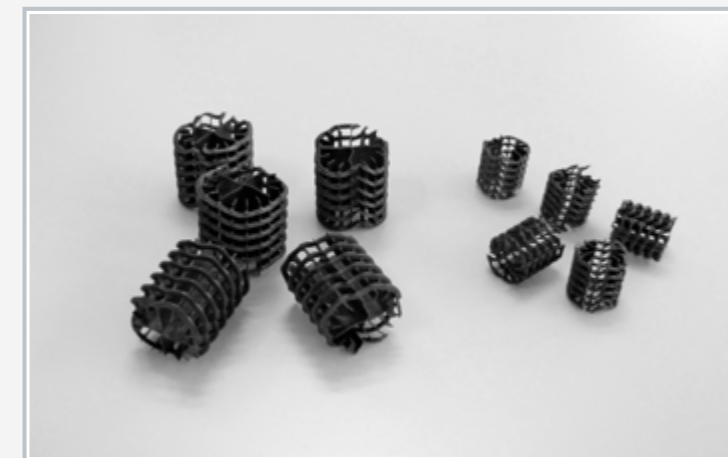
Proceso de biopelícula



1 filtro percolador, 2 compresor, 3 bomba para lodo de retorno, 4 depósito colector, 5 bombas de circulación, 6 decantador secundario, 7 distribuidor rotativo, 8 esquema de proceso, 9 armario de distribución, 10 caudalímetros



1 depósito de aguas residuales, 2 depósito colector, 3 decantador secundario, 4 lodo de retorno, 5 filtro percolador, 6 aire, 7 recirculación, 8 agua residual; F caudal



Materiales soporte para llenado del filtro percolador

Especificación

- [1] proceso de biopelícula aeróbica para la degradación de sustancias orgánicas y para la nitrificación
- [2] filtro percolador transparente con distribuidor rotativo
- [3] velocidad del distribuidor rotativo ajustable sin escalonamiento
- [4] posibilidad de aireación del filtro percolador mediante convección natural o con ayuda de un compresor
- [5] posibilidad de registro de perfiles de concentración
- [6] decantador secundario con bomba para la elevación de los lodos de retorno
- [7] todos los caudales relevantes ajustables sin escalonamiento
- [8] unidad de alimentación separada con depósito de aguas residuales y 2 mecanismos de agitación
- [9] 2 tipos diferentes de materiales soporte, de HDPE

Datos técnicos

Filtro percolador

- diámetro: 340mm
- altura: 1000mm
- capacidad: 90L

Distribuidor rotativo

- número de revoluciones: máx. 2min⁻¹

Depósitos

- depósito de agua residual: 300L
- depósito colector: 90L
- decantador secundario: 30L

Caudales

- bomba de agua residual: máx 25L/h
- bombas de circulación: 2x máx 25L/h
- bomba para lodo de retorno: máx 25L/h
- compresor: máx. 600L/h

Material soporte

- superficie específica: 180 o 300m²/m³

Rangos de medición

- caudal:
 - ▶ 2...25L/h (agua residual)
 - ▶ 5...65L/h (recirculación)
 - ▶ 50...900L/h (aireación)

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase

120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1550x790x1150mm (unidad de alimentación)

LxAnxAI: 2870x790x1900mm (banco de ensayos)

Peso total: aprox. 500kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe, lodos activados, sustancias para la preparación de agua residual artificial

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 unidad de alimentación
- 1 juego de mangueras
- 1 juego de herramientas
- 2 envases con material soporte
- 1 material didáctico

CE 704

Proceso SBR



2E

Descripción

- depuración biológica de aguas residuales
- Sequencing Batch Reactor (SBR)
- regulador de proceso con pantalla táctil

El proceso SBR es un proceso biológico, aeróbico de depuración de aguas residuales. A diferencia del proceso clásico de lodos activados, cada uno de los pasos del proceso no tienen lugar de manera continua y separados físicamente, sino por lotes y de manera consecutiva en un reactor.

El reactor está equipado con un compresor para la aeración y un mecanismo de agitación. El mecanismo de agitación garantiza, también en las fases sin aeración (desnitrificación), una mezcla suficiente del contenido del reactor. Al final, el agua depurada (agua clarificada) se extrae del reactor y se acumula en un depósito. Esto se lleva a cabo con un dispositivo flotante, como es típico en el proceso SBR. Sobre el reactor se encuentra un dispositivo para poder dosificar, en caso necesario, una fuente de carbono externa (p. ej. solución azucarada).

Los temporizadores para el compresor y el mecanismo de agitación permiten ajustar de manera individual las fases de

aeración (nitrificación) y las fases de mezcla (desnitrificación). Se registran la concentración de oxígeno, el valor de pH y la temperatura en el reactor. Un regulador de proceso digital muestra los valores de medición registrados y el número de revoluciones del mecanismo de agitación. El regulador de proceso dispone de una pantalla táctil y funciona además como regulador para la concentración de oxígeno durante las fases de aeración.

Para los ensayos se requiere lodo activado aeróbico (p. ej. de una planta depuradora). Como fuente de carbono para las aguas residuales sintéticas se puede utilizar azúcar al detalle (sacarosa). Para la evaluación de los ensayos se deben determinar los siguientes parámetros:

- materia orgánica total
 - DBO₅ o DQO o COT
- concentraciones de nitrógeno
 - NH₄-N: amonio
 - NO₂-N: nitrito
 - NO₃-N: nitrato

Contenido didáctico/ensayos

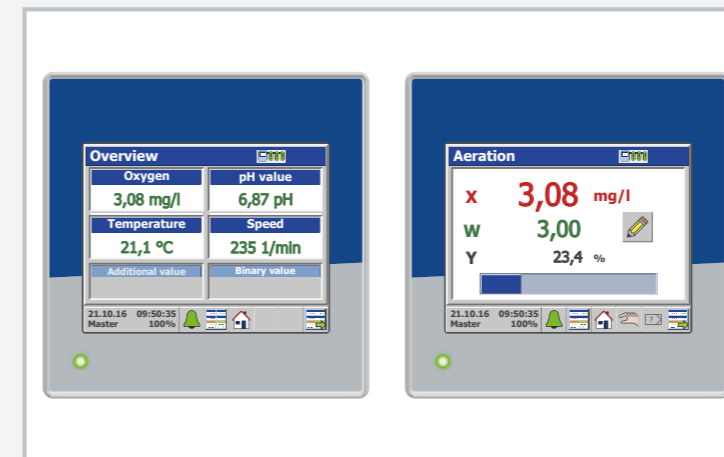
- funcionamiento del proceso SBR
- eliminación de nitrógeno mediante nitrificación y desnitrificación
- influencia de la organización de ciclos sobre el resultado de limpieza
- grabación e interpretación de procesos de concentración temporales
- determinación de tasas de conversión
- características de sedimentación del lodo activado

CE 704

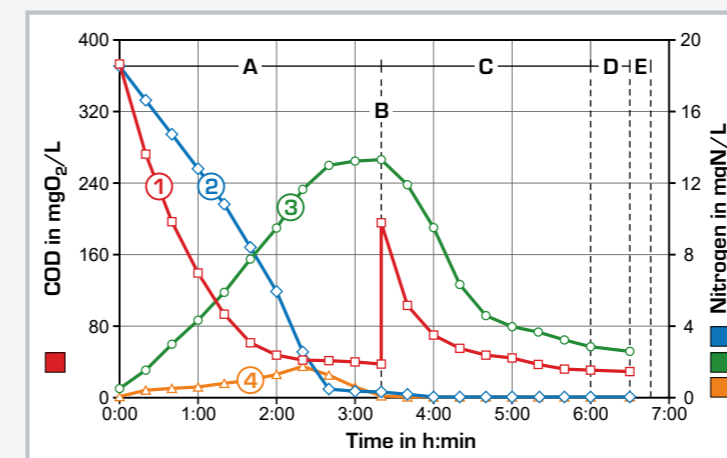
Proceso SBR



1 elementos de mando para el compresor y el mecanismo de agitación, 2 regulador de proceso, 3 caudalímetro (aire), 4 sensor de pH, 5 dosificador, 6 mecanismo de agitación, 7 absorbente de oxígeno, 8 dispositivo de aeración, 9 flotador para salida de agua clarificada, 10 balón de aspiración para salida de agua clarificada



Regulador de proceso digital
indicación de las magnitudes del proceso (izquierda), interfaz de usuario para la regulación de la concentración de oxígeno (derecha)



Procesos de concentración medidos

1 demanda química de oxígeno (DQO), 2 amonio (NH₄-N), 3 nitrato (NO₃-N), 4 nitrito (NO₂-N)

Pasos del proceso

A mezcla con aeración (nitrificación), B dosificación de una solución azucarada (fuente de carbono), C mezcla sin aeración (desnitrificación), D sedimentación del lodo activado, E salida del agua depurada (agua clarificada)

Especificación

- [1] proceso discontinuado de lodos activados
- [2] Sequencing Batch Reactor (SBR)
- [3] mecanismo de agitación con temporizador y número de revoluciones ajustable sin escalonamiento
- [4] compresor con temporizador para aeración
- [5] dispositivo flotante para la extracción del agua depurada
- [6] dosificador para una fuente de carbono
- [7] caudalímetro para aeración
- [8] depósito para aguas residuales y agua depurada
- [9] registro de pH, temperatura y concentración de oxígeno
- [10] regulador de proceso con pantalla táctil para la visualización de las magnitudes del proceso y para la regulación de la concentración de oxígeno

Datos técnicos

- Reactor
- Ø 290mm
 - altura: 300mm
 - volumen de llenado máx.: 18L
 - material: plexiglás

Depósitos

- aguas residuales: 15L
- agua depurada: 30L
- recipiente dosificador: 260 mL

Mecanismo de agitación: máx. 330min⁻¹
Compresor: máx. 15,5L/min

Rangos de medición

- concentración de oxígeno: 0...20mg/L
- pH: 0...14
- temperatura: 0...50°C
- caudal: 50...900L/h

230V, 50Hz, 1 fase
230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase
UL/CSA opcional
LxAnxAI: 850x520x480mm
Peso: aprox. 30kg

Necesario para el funcionamiento

lodo activado aeróbico, azúcar, tecnología de análisis

Volumen de suministro

- 1 equipo de ensayo
- 3 envases con solución de calibración del pH (cada uno de 1L)
- 1 envase con solución de cloruro potásico (1L)
- 1 envase con bicarbonato de amonio (250g)
- 1 envase con fosfato dipotásico (250g)
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

Vista previa

CE 705 Proceso de lodos activados



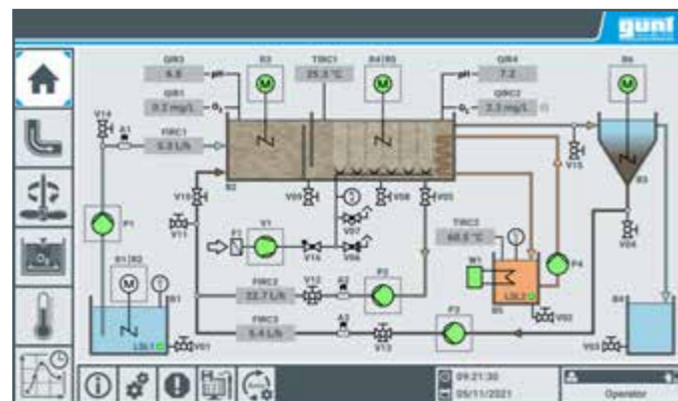
La estación depuradora de aguas residuales a escala de laboratorio

El proceso de lodos activados aerobio es el proceso biológico más utilizado a nivel internacional en estaciones depuradoras de aguas residuales. Poseer un conocimiento profundo sobre este proceso es, por tanto, imprescindible para futuros ingenieros y personal cualificado del área de la ingeniería medioambiental.

Este equipo ha sido desarrollado por ingenieros expertos con el objetivo de poder enseñar de forma práctica y visual los procesos complejos de este proceso en funcionamiento continuo. El equipo ha sido concebido para una eliminación de carbono y nitrógeno. La eliminación de nitrógeno se realiza mediante nitrificación y desnitrificación previa. Para ello, el tanque de aireación está dividido en una zona aerobia y una zona anóxica.

Operación con PLC

El control del banco de ensayo se realiza con un PLC vía pantalla táctil. Mediante un enrutador integrado, el banco de ensayos puede ser operado y controlado alternativamente a través de un dispositivo final. La interfaz de usuario también puede ser representada con los dispositivos finales adicionales ("screen mirroring"). Los valores de medición se muestran en la pantalla táctil y pueden visualizarse simultáneamente en un PC o dispositivo terminal móvil a través de una red LAN.



Interfaz de usuario de la pantalla táctil (visión general)

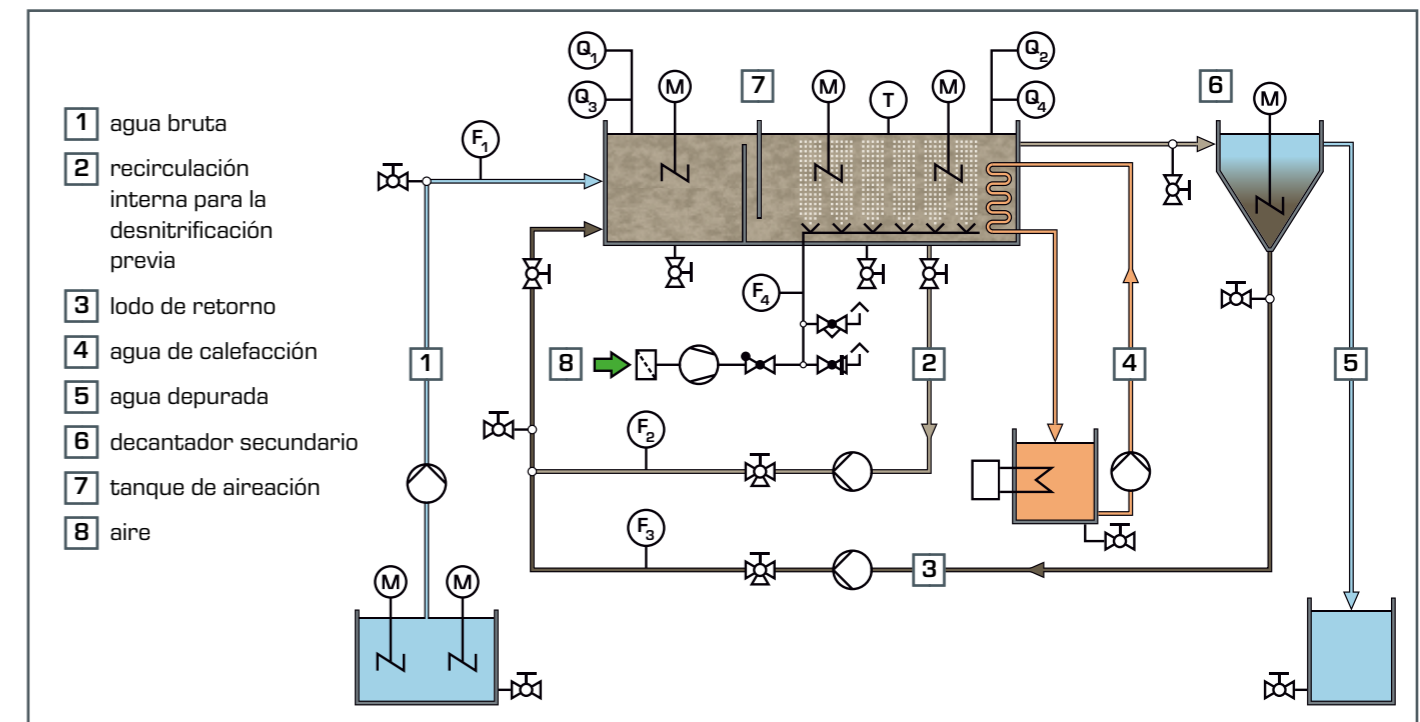
Contenidos didácticos

- modo de funcionamiento de los procesos de nitrificación y desnitrificación previa
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- reconocer las siguientes magnitudes influyentes:
 - edad del lodo
 - carga volumétrica
 - carga másica
 - relación de refl ujo del lodo de retorno
 - relación de refl ujo del recirculación interno (desnitrificación)
- rendimiento del proceso de desnitrificación previa
- influencia de las siguientes condiciones ambientales del degradación biológica:
 - temperatura
 - concentración de oxígeno

Técnica de medición y control

Los procesos complejos como el proceso de lodos activados están automatizados casi en su totalidad hoy en día. Para ello, el uso de una técnica de medición y control moderna es imprescindible. Esto requiere, como mínimo, un conocimiento básico de este tipo de sistemas por parte también de los ingenieros

medioambientales. Para preparar al personal en formación y a los estudiantes para estos desafíos de la práctica profesional, hemos tenido en cuenta este importante aspecto al desarrollar el equipo. Por esta razón, el CE 705 está equipado con una técnica de medición completa y un PLC con pantalla táctil.



- 1 agua bruta
- 2 recirculación interna para la desnitrificación previa
- 3 lodo de retorno
- 4 agua de calefacción
- 5 agua depurada
- 6 decantador secundario
- 7 tanque de aireación
- 8 aire

Variables medidas

Variables medidas			Auto
Caudal	F ₁	Agua bruta	<input checked="" type="checkbox"/>
	F ₂	Recirculación interna	<input checked="" type="checkbox"/>
	F ₃	Lodo de retorno	<input checked="" type="checkbox"/>
	F ₄	Aireación	<input type="checkbox"/>
Concentración de oxígeno	Q ₁	Zona de desnitrificación	<input type="checkbox"/>
	Q ₂	Zona de nitrificación	<input checked="" type="checkbox"/>
pH	Q ₃	Zona de desnitrificación	<input type="checkbox"/>
	Q ₄	Zona de nitrificación	<input type="checkbox"/>
Temperatura	T	Zona de nitrificación	<input checked="" type="checkbox"/>

Al producto:



Auto regulación

CE 705

Proceso de lodos activados



La ilustración muestra: banco de ensayos (izquierda) y unidad de alimentación (derecha), "screen mirroring" es posible con diferentes dispositivos finales

Descripción

- biodegradación aerobia de sustancias orgánicas
- nitrificación y desnitrificación previa
- control del equipo mediante un PLC integrado
- un enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring" con dispositivos finales adicionales: PC, tableta, smartphone

El proceso de lodos activados es el proceso biológico más importante para el tratamiento de aguas. Con CE 705 se puede estudiar este proceso de forma ilustrativa.

Una bomba transporta el agua bruta contaminada con sustancias orgánicas disueltas (substrato) al tanque de aireación. Los microorganismos aerobios (lodos activados) existentes en el tanque de aireación aprovechan este substrato como fuente de alimento y lo degradan biológicamente. Dado que los microorganismos aerobios necesitan oxígeno, el agua bruta se airea en el tanque de aireación. El lodo activado y el agua bruta se mezclan con un mecanismo agitador. A continuación, el lodo activado se separa del agua depurada en un decantador secundario. Una parte del lodo activado vuelve al tanque de aireación (lodo de retorno). El agua depurada se recoge en un depósito.

También es posible la transformación de amonio en nitrato (nitrificación) y la de nitrato en nitrógeno (desnitrificación). Con un tabique separador se puede establecer en el tanque de aireación una zona no aireada para la desnitrificación.

El control del banco de ensayo se realizan con un PLC vía pantalla táctil. Mediante un enrutador integrado, el banco de ensayos puede ser operado y controlado alternativamente a través de un dispositivo final. La interfaz de usuario también puede ser representada con los dispositivos finales adicionales ("screen mirroring"). A través del PLC, los valores de medición se pueden registrar internamente. El acceso a los valores de medición registrados es posible desde los dispositivos finales a través de WLAN con router integrado / conexión LAN con la red propia del cliente.

Para los ensayos se requiere de lodos activados de una estación depuradora de aguas residuales y equipamiento analítico. Para la evaluación de los ensayos se deben determinar los siguientes parámetros:

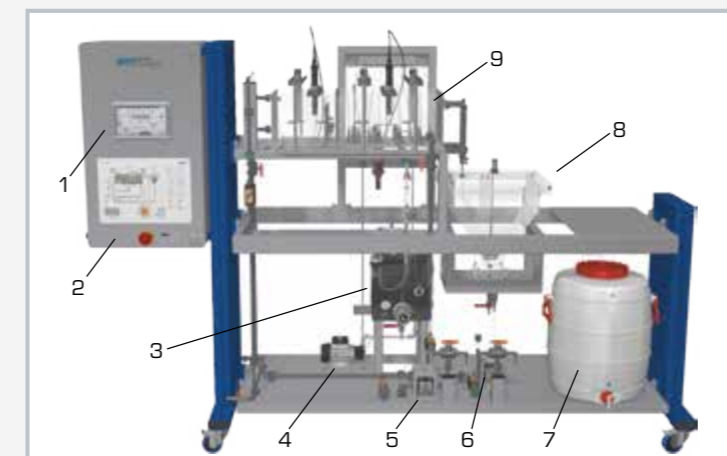
- materia orgánica DBO₅ o DQO o COT
- concentraciones de nitrógeno amonio, nitrato y nitrato

Contenido didáctico/ensayos

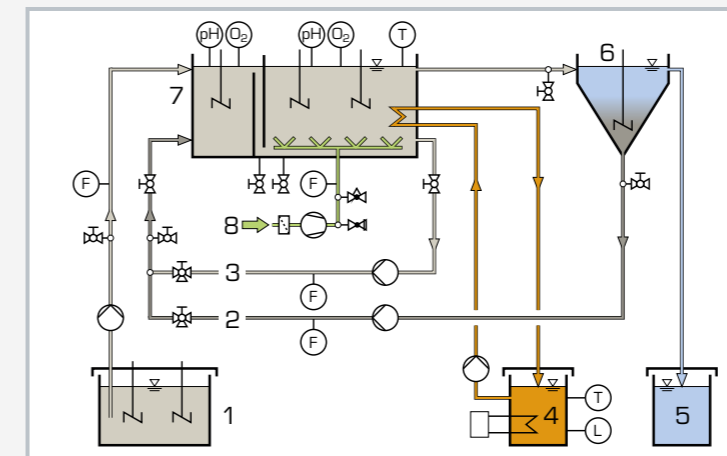
- conocer el proceso de lodos activados
- modo de funcionamiento de los procesos de nitrificación y desnitrificación previa
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- reconocer la influencia de las siguientes variables:
 - ▶ relación de reflujo del lodo de retorno
 - ▶ relación de reflujo del recirculación interna
 - ▶ edad del lodo
 - ▶ carga másica
 - ▶ carga volumétrica
 - ▶ concentración de oxígeno y temperatura
- rendimiento del proceso de desnitrificación previa
- "screen mirroring": la interfaz de usuario se refleja con dispositivos finales
 - ▶ navegación en el menú, independiente de la visualización en la pantalla táctil
 - ▶ diferentes niveles de usuario disponibles en el dispositivo final: observación de los ensayos o manejo y control

CE 705

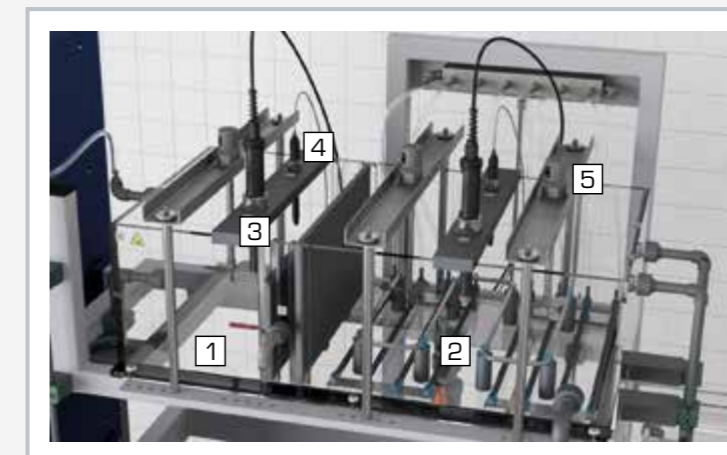
Proceso de lodos activados



1 PLC con pantalla táctil, 2 armario de distribución, 3 depósito de agua de calefacción, 4 bomba de agua de calefacción, 5 bomba de circulación, 6 bomba para lodo de retorno, 7 depósito de agua depurada, 8 decantador secundario, 9 tanque de aireación



1 agua bruta, 2 lodo de retorno, 3 recirculación interna para la desnitrificación previa, 4 agua de calefacción, 5 agua depurada, 6 decantador secundario, 7 tanque de aireación, 8 aire; F caudal, L nivel, O₂ concentración de oxígeno, T temperatura



Tanque de aireación:
1 zona de desnitrificación (no aireada), 2 zona de nitrificación (aireada), 3 sensor de oxígeno, 4 sensor de pH, 5 mecanismo de agitación

Especificación

- [1] tanque de aireación dividido en dos zonas
- [2] decantador secundario con rascador de lodos
- [3] nitrificación y desnitrificación previa
- [4] unidad de alimentación independiente con 2 mecanismos de agitación
- [5] regulación y registro de temperatura, concentración de oxígeno y de caudal
- [6] registro de pH
- [7] sensores de caudal electromagnético
- [8] control del equipo mediante PLC vía pantalla táctil
- [9] enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring": visualización de la interfaz de usuario con hasta 5 dispositivos finales
- [10] adquisición de datos a través del PLC en la memoria interna, acceso a los valores de medición registrados a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente

Datos técnicos

PLC: Eaton XV-303

Depósitos

- tanque de aireación (zona de nitrificación): aprox. 34L
- tanque de aireación (zona de desnitrificación): aprox. 17L
- decantador secundario: 30L
- depósito de agua bruta: 200L
- depósito de agua depurada: 80L

Caudales

- bomba para agua bruta: máx. 34L/h
- bomba para lodo de retorno: máx. 34L/h
- bomba de circulación: máx. 34L/h
- Número de revoluciones (mecanismos de agitación)
 - depósito de agua bruta: máx. 600min⁻¹ cada una
 - tanque de aireación: máx. 330min⁻¹ cada una
 - decantador secundario: máx. 45min⁻¹

Rangos de medición

- caudal:
 - ▶ 0,6...30L/h (agua bruta y lodo de retorno)
 - ▶ 3...60L/h (recirculación interna)
 - ▶ 50...550L/h (aire comprimido)
- temperatura: 0...50°C
- pH: 0...14
- concentración de oxígeno: 0...20mg/L

230V, 50Hz, 1 fase

230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase

UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1550x790x1150mm (unidad de alimentación)

LxAnxAI: 2830x790x1900mm (banco de ensayos)

Peso total: aprox. 450kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe, lodos activados, equipamiento analítico

Volumen de suministro

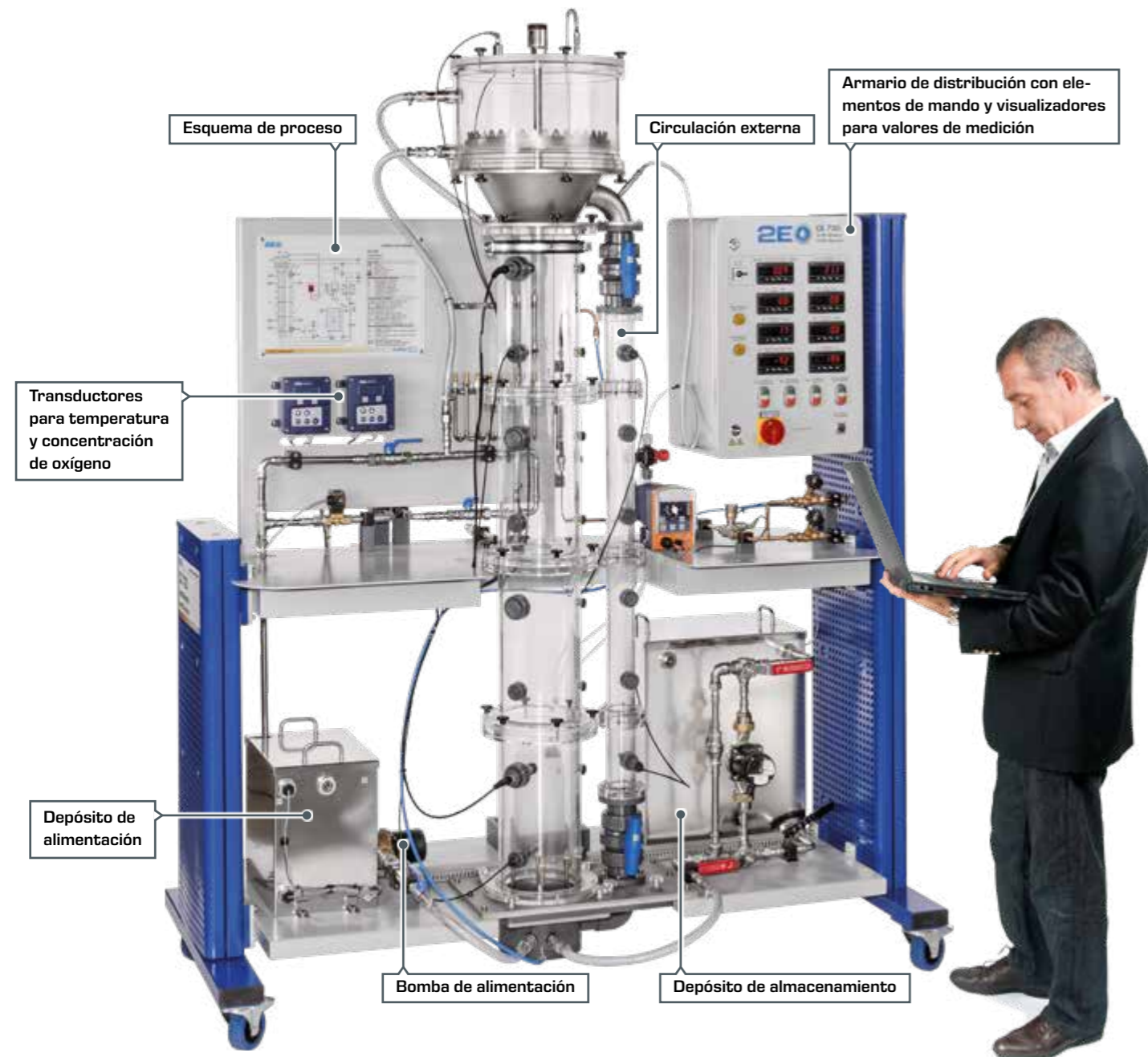
banco de ensayos, unidad de alimentación, soluciones de calibración del pH, solución de cloruro potásico, bicarbonato de amonio, fosfato dipotásico, material didáctico

Vista previa CE 730 Reactor airlift

Biorreactores potentes

El suministro de oxígeno para los microorganismos (biomasa) es fundamental para la capacidad de un biorreactor aerobio. Otro aspecto importante es la mezcla homogénea del contenido del reactor. Los reactores airlift cumplen estos dos requisitos de manera especial.

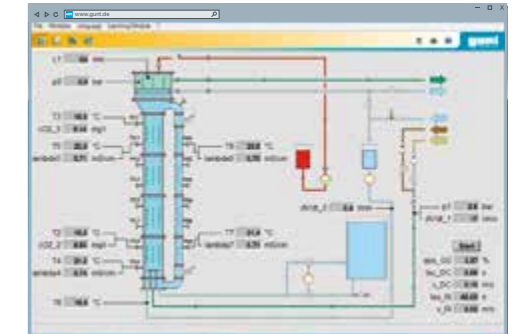
En un reactor airlift la mezcla se produce exclusivamente mediante la aireación necesaria. Por tanto, no se requieren piezas mecánicas móviles (p. ej., mecanismos de agitación). La retención necesaria de la biomasa en el reactor para un funcionamiento eficaz se logra mediante circulación. Los reactores airlift se utilizan en la biotecnología y en la depuración biológica de aguas residuales.



Reactor airlift CE 730

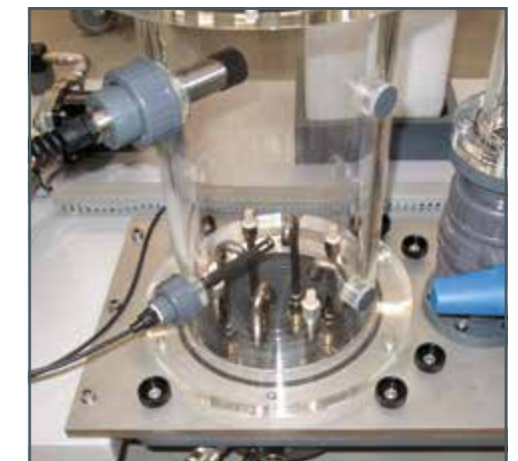
El aspecto didáctico principal del CE 730 es el modo de funcionamiento y manejo de un reactor airlift. Aquí se incluyen la disolución de oxígeno en estado líquido (agua) y la determinación de las condiciones de flujo en el reactor.

El elemento esencial del banco de ensayos es un reactor airlift con circulación externa. Para airear el reactor dispone de distintos distribuidores. De este modo puede estudiar la influencia del tamaño de las burbujas en la transferencia de sustancias. Además puede ajustar la temperatura en el reactor. En la circulación hay dos puntos de medición de la conductividad a una distancia definida. Si se añade una solución salina se produce en ambos puntos de medición un aumento repentino (peak) de la conductividad con un desfase de tiempo. De la diferencia de tiempo entre los dos "peaks" y la distancia de los puntos de medición puede determinarse la velocidad de flujo en el reactor.



Software

El software intuitivo del CE 730 indica continuamente los valores de todas las variables esenciales del proceso. Los valores de medición pueden guardarse para su posterior evaluación.



Varios distribuidores para la aeración del reactor

Contenidos didácticos

- influencia de la velocidad del gas en el tubo vacío:
 - ▶ contenido de gas
 - ▶ coeficiente de transferencia de masa
 - ▶ tiempo de mezcla
 - ▶ velocidad del líquido en el tubo vacío

Al producto:



CE 730
Reactor airlift**Contenido didáctico/ensayos**

- influencia de la velocidad del gas en el tubo vacío:
 - ▶ contenido de gas
 - ▶ coeficiente de transferencia de masa
 - ▶ tiempo de mezcla
 - ▶ velocidad del líquido en el tubo vacío

Descripción

- reactor sumergido aerobio
- circulación externa
- examen de las propiedades características

Los reactores airlift son reactores sumergidos en los que el suministro de energía se realiza mediante absorción de gas. Para la absorción de gas a menudo se utiliza aire comprimido.

Durante el funcionamiento, el aire comprimido entra al reactor airlift desde abajo por el distribuidor de gas. El aire suministrado se mezcla con el contenido del reactor y asciende en forma de burbujas de aire. Las burbujas de aire ascendentes provocan un flujo hacia arriba. Al mismo tiempo una parte del oxígeno del aire se disuelve en el agua. La zona con flujo ascendente se denomina tubo de subida. En el cabezal del reactor las burbujas restantes abandonan el agua.

El líquido libre de gas se reconduce a la zona inferior del reactor, en paralelo al tubo de subida. La zona con flujo descendente de un reactor airlift se denomina bajante. Durante el funcionamiento, el contenido del reactor circula gracias al tubo de subida y al bajante. Durante el funcionamiento continuo esta circulación se superpone con un flujo de paso. Para ello se dispone de un depósito adicional con bomba de alimentación. El ajuste de la velocidad de la circulación se realiza mediante el caudal del aire.

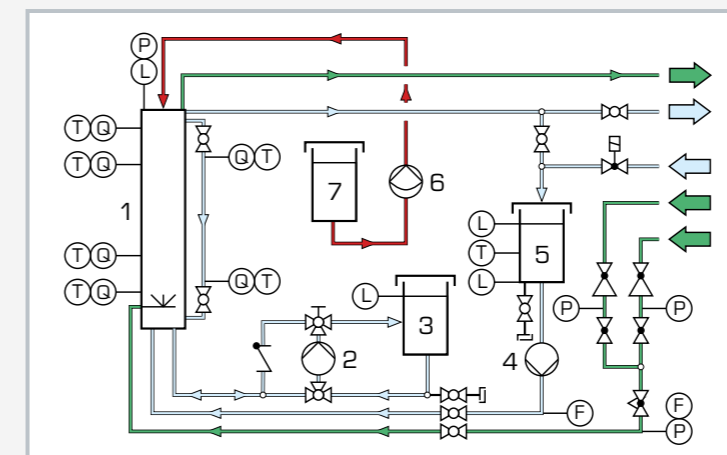
El banco de ensayos CE 730 está diseñado para el examen de las propiedades características de un reactor airlift con aire, nitrógeno y agua. Mediante la absorción de gas con aire aumenta el contenido de oxígeno en el agua. Con ayuda del nitrógeno es posible reducir el contenido de oxígeno en el agua.

Esto es un requisito para determinar los coeficientes de transferencia de masa para el oxígeno en agua. La velocidad del líquido en el tubo vacío se determina mediante la medición de la conductividad eléctrica. Para el aumento de la conductividad eléctrica se cuenta con una bomba dosificadora y un depósito para solución salina. El tiempo de mezcla se determina con un indicador. El contenido de gas se determina con el nivel del reactor airlift.

Los valores de medición se muestran de manera digital en el armario de distribución. Estos valores se pueden evaluar con ayuda del software suministrado. La transferencia al PC se realiza a través de USB.

CE 730
Reactor airlift

1 reactor airlift con circulación externa, 2 bomba de alimentación, 3 depósito de alimentación, 4 bomba de circulación, 5 depósito de almacenamiento, 6 bomba dosificadora



1 reactor airlift con circulación externa, 2 bomba de circulación, 3 depósito de almacenamiento, 4 bomba de alimentación, 5 depósito de alimentación, 6 bomba dosificadora, 7 depósito trazador; F caudal, L nivel, P presión, Q análisis, T temperatura; azul: agua, verde: gas, rojo: trazador

Especificación

- [1] determinación de las variables características importantes en el reactor airlift
- [2] reactor airlift transparente con circulación externa
- [3] aire comprimido para generar burbujas de aire para la circulación del contenido del reactor
- [4] ajuste de la velocidad del gas en el tubo vacío
- [5] nitrógeno para eliminar el oxígeno del contenido del reactor
- [6] determinación de la velocidad del líquido en el tubo vacío en función de la conductividad
- [7] determinación del tiempo de mezcla con indicador y método de cambio de color
- [8] sensores para registro de la conductividad, contenido de oxígeno, presión y caudal
- [9] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows

Datos técnicos

Reactor Airlift
 ■ tubo de subida: Ø 180mm
 ■ bajante: Ø 60mm
 ■ altura: 2000mm

Rangos de medición
 ■ conductividad: 4x 0...100mS/cm
 ■ concentración de oxígeno: 2x 0...10mg/L
 ■ presión: 0...3bar
 ■ caudal:
 ▶ 0,06...3m³/h (agua)
 ▶ 1...10m³/h (gas)

230V, 50Hz, 1 fase
 230V, 60Hz, 1 fase; 120V, 60Hz, 1 fase
 UL/CSA opcional
 LxAnxAI: 1850x790x2450mm
 Peso: aprox. 300kg

Necesario para el funcionamiento

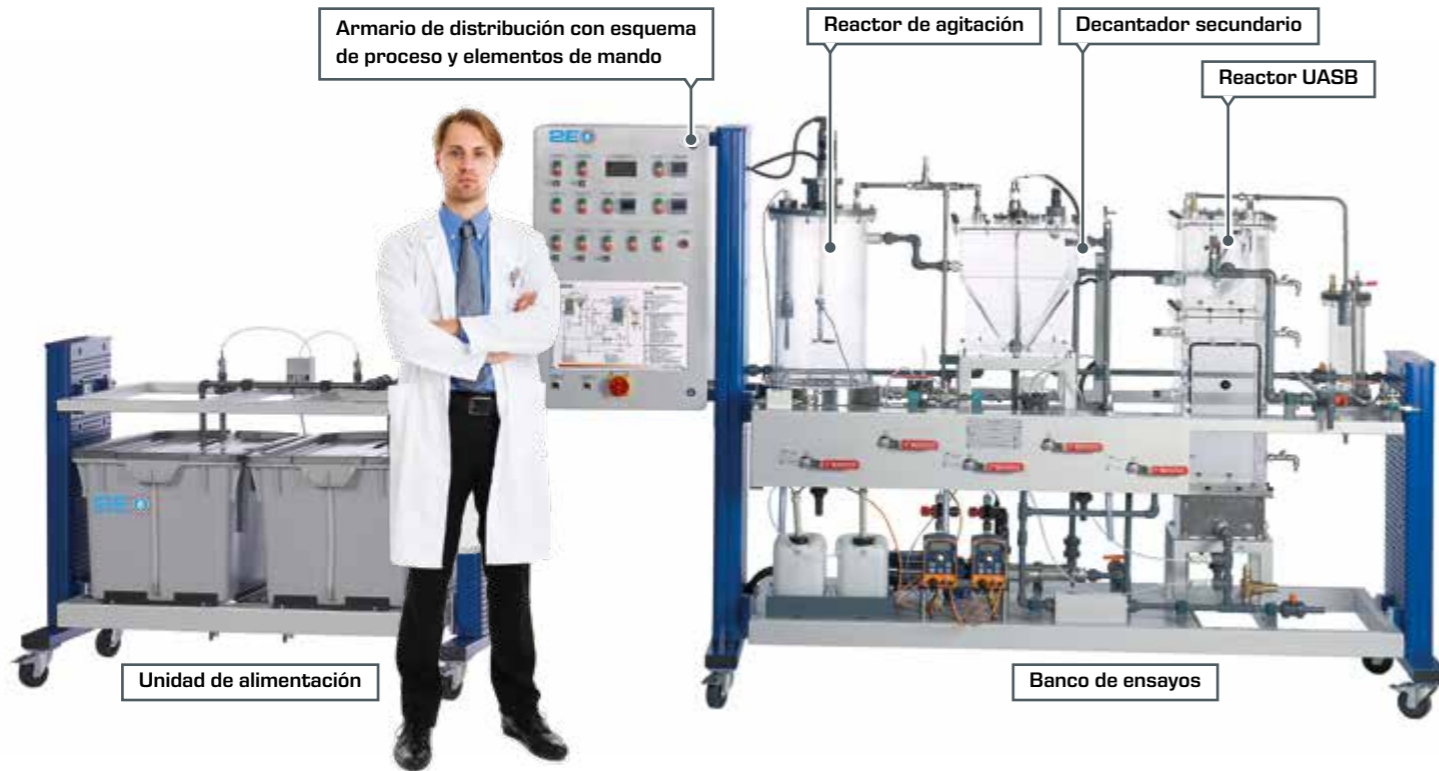
aire comprimido (>8m³/h), botella de nitrógeno con reductor de presión, toma de agua fría (>400L/h), desagüe
 PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 juego de accesorios
- 1 material didáctico

Vista previa

CE 702 Tratamiento anaerobio de aguas



Los procesos anaerobios se suelen utilizar principalmente para aguas residuales con una alta carga de sustancias orgánicas como, p. ej., las producidas en la industria alimentaria.

Nuestro equipo didáctico CE 702 le ofrece dos procesos distintos. Por un lado, el proceso de lodos activados anaerobio y, por otro, el proceso UASB. Puede utilizar ambos procesos por separado (1 etapa) o conectados en serie (2 etapas). De este modo dispone en total de tres modos distintos de funcionamiento. El equipo está equipado además con una técnica de medición y control muy completa y un software.

Con el equipo recibirá también material didáctico detallado para que pueda familiarizarse rápidamente con el manejo del mismo. Además se presentan de forma clara y exhaustiva los fundamentos teóricos de la depuración de aguas residuales anaerobia.

El modo de funcionamiento de 2 etapas le permite regular el pH y la temperatura en ambas etapas independientemente. Este tipo de ejecución del proceso ha dado buen resultado en la práctica y ofrece la ventaja de poder adaptar mejor las condiciones ambientales a los requisitos de los respectivos pasos de degradación. El equipo está equipado con tuberías colectoras de gas, a través de las cuales puede tomar muestras de gas del sistema para analizarlas.

**Modo de funcionamiento 1
(1 etapa)**



**Modo de funcionamiento 2
(1 etapa)**



**Modo de funcionamiento 3
(2 etapas)**



	reactor de agitación	} proceso de lodos activados anaerobio
	decantador secundario	
	reactor UASB	

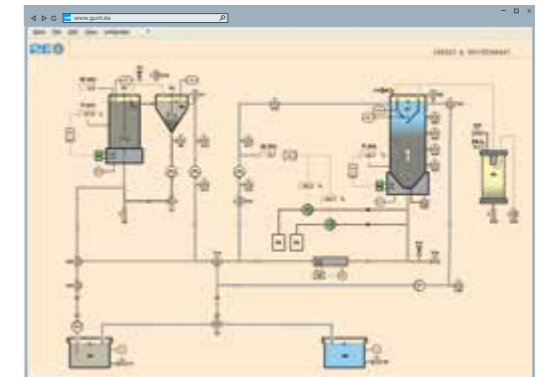
Al producto:



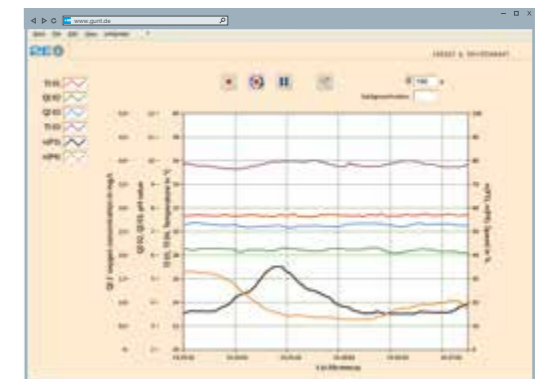
Reactor UASB del CE 702 durante el funcionamiento de prueba con éxito en nuestro laboratorio

Software

El software del CE 702 indica de forma continua las temperaturas y los pH de ambos reactores, proporcionándole una vista rápida sobre las condiciones de los mismos en todo momento. Puede guardar los valores de medición para la evaluación. De este modo, los trabajos de rutina se reducen y le sirve de ayuda para realizar los ensayos.



Esquema de proceso con indicación de los valores de medición



Indicación de los valores de medición como transcurso de tiempo

Contenidos didácticos

- influencia de la temperatura y el pH en la degradación anaerobia
- modo de funcionamiento de un reactor UASB
- comparación de los modos de funcionamiento de 1 etapa y 2 etapas
- observación y optimización de las condiciones de funcionamiento
- reconocer la influencia de las siguientes variables:
 - ▶ carga másica
 - ▶ carga volumétrica
 - ▶ velocidad de flujo en el reactor UASB

CE 702

Tratamiento anaerobio de aguas



La ilustración muestra: unidad de alimentación (izquierda) y banco de ensayos (derecha)

Descripción

- degradación anaerobia de sustancias orgánicas en un depósito de agitación y un reactor UASB
- tres modos distintos de funcionamiento

El CE 702 demuestra el biotratamiento anaerobio de aguas. El banco de ensayos está compuesto básicamente por dos unidades:

- depósito de agitación con decantador secundario
- reactor UASB

Ambas unidades se pueden colocar por separado o combinadas. De este modo se puede realizar un modo funcionamiento de una etapa y también de dos etapas. Con el funcionamiento de dos etapas, una bomba transporta primero el agua bruta a un depósito de agitación. En el depósito de agitación se realiza la acidificación de las sustancias orgánicas disueltas en el agua bruta. En este proceso, los microorganismos anaerobios transforman sustancias orgánicas de cadena larga en sustancias orgánicas de cadena corta. En un decantador secundario se separa la biomasa, transportada del depósito de agitación, del agua. La biomasa separada se vuelve a bombear al depósito de agitación.

El agua bruta pretratada se transporta del decantador secundario a un reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). En este se lleva a cabo la última fase de la degradación anaerobia. Aquí se transforman las sustancias orgánicas de cadena corta anteriormente producidos en biogás (metano y dióxido de carbono) mediante microorganismos especiales. La circulación en el reactor UASB es ascendente. En la parte superior del reactor UASB hay un sistema separador. Este permite separar el gas producido del agua depurada. Además se garantiza que la biomasa permanezca en el reactor. El gas se puede derivar o recoger en el exterior. El agua depurada sale por el extremo superior del reactor y se recoge en un depósito. Para ajustar la velocidad de flujo en el reactor UASB, puede recircularse un flujo parcial del agua depurada.

Las temperaturas en el depósito de agitación y en el reactor UASB se pueden regular. El pH del depósito de agitación se registra. Además, el pH se puede regular en el reactor UASB. Para el registro de datos y el control visual existe un software y una cámara web.

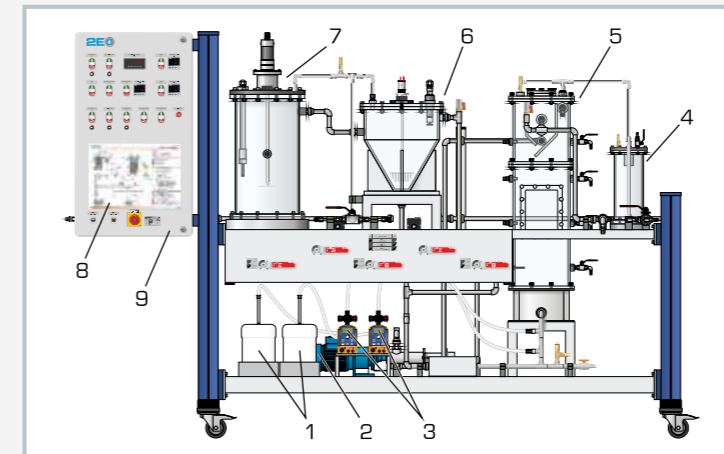
Para realizar los ensayos se requiere de biomasa anaerobia y equipamiento analítico. Los parámetros recomendados son: DQO (demanda química de oxígeno), nitrógeno y fósforo.

Contenido didáctico/ensayos

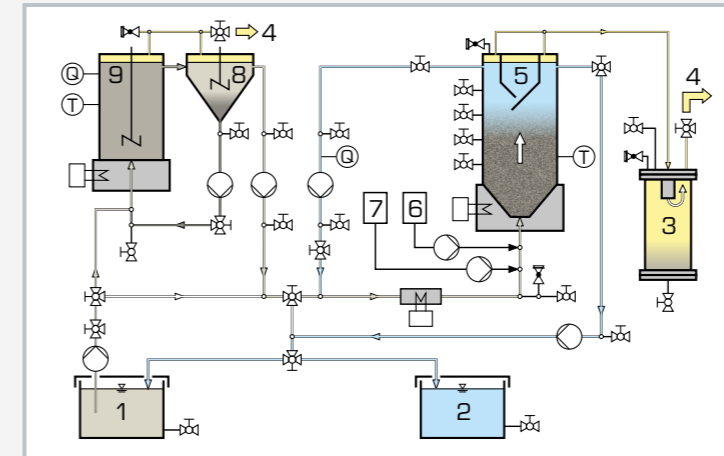
- conocer al tratamiento anaerobio de aguas
- influencia de la temperatura y el pH en la degradación anaerobia
- modo de funcionamiento de un reactor UASB
- comparación de los modos de funcionamiento de una etapa y dos etapas
- observación y optimización de las condiciones de funcionamiento
- reconocer la influencia de las siguientes variables:
 - ▶ carga másica
 - ▶ carga volumétrica
 - ▶ velocidad de flujo en el reactor UASB

CE 702

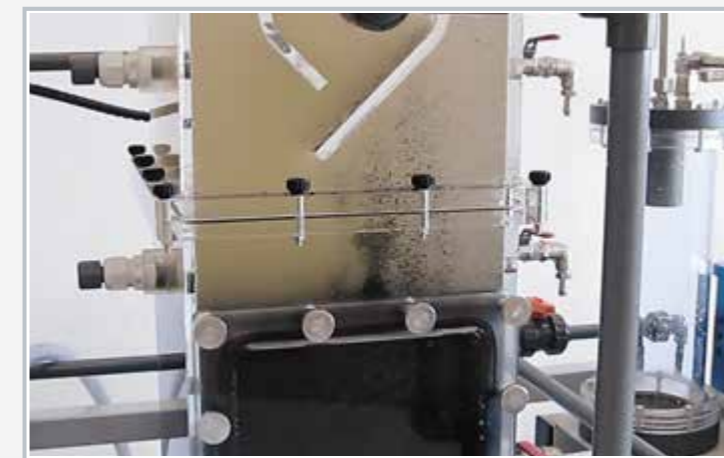
Tratamiento anaerobio de aguas



1 depósitos de sustancias químicas, 2 bomba de circulación, 3 bombas dosificadoras, 4 separador de espuma, 5 reactor UASB, 6 decantador secundario, 7 depósito de agitación, 8 esquema de proceso, 9 armario de distribución



1 agua bruta, 2 agua depurada, 3 separador de espuma, 4 gas, 5 reactor UASB, 6 ácido, 7 álcali, 8 decantador secundario, 9 depósito de agitación; T temperatura, Q pH



Reactor UASB en el modo de pruebas

Especificación

- [1] degradación anaerobia de sustancias orgánicas
- [2] depósito de agitación con decantador secundario
- [3] reactor UASB con sistema separador
- [4] unidad de alimentación separada con depósitos para agua bruta y agua depurada
- [5] modo de funcionamiento de una etapa o dos etapas
- [6] temperaturas regulables en el depósito de agitación y en el reactor UASB
- [7] pH regulable en el reactor UASB
- [8] software GUNT para la adquisición de datos a través de USB en Windows 8.1, 10
- [9] control visual con cámara web

Datos técnicos

Depósitos

- depósito de agitación: 30L
- decantador secundario: 30L
- reactor UASB: 50L
- depósito para agua bruta: 180L
- depósito para agua depurada: 180L

Caudales (máx.)

- bomba de agua bruta: 10L/h
- bomba para lodo de retorno: 10L/h
- bomba de circulación: 100L/h
- bombas dosificadoras: 2x 2,1L/h

Rangos de medición

- pH: 0...14
- temperatura: 0...100°C

400V, 50Hz, 3 fases
400V, 60Hz, 3 fases
230V, 60Hz, 3 fases
UL/CSA opcional

LxAnxAI: 1550x790x1150mm (unidad de alimentación)
LxAnxAI: 2830x790x1900mm (banco de ensayos)
Peso total: aprox. 520kg

Necesario para el funcionamiento

toma de agua, desagüe, lodo residual, pellets de un reactor UASB, sustancias para la preparación de agua residual artificial, sosa cáustica, ácido clorhídrico, soluciones de calibración de pH, solución de cloruro potásico
PC con Windows recomendado

Volumen de suministro

- 1 banco de ensayos
- 1 unidad de alimentación
- 1 juego de accesorios
- 1 software GUNT + cable USB
- 1 material didáctico

Conocimientos básicos
Bioetanol

El consumo de las fuentes de energía fósiles, como el carbón y el gas natural, ha aumentado notablemente en las últimas décadas. Las cantidades necesarias para cubrir la demanda energética provocan un agotamiento cada vez más rápido de los yacimientos. Las nuevas reservas localizadas resultan difíciles de explotar debido a su ubicación y a las frecuentes impurezas. Por lo tanto, se requieren alternativas.

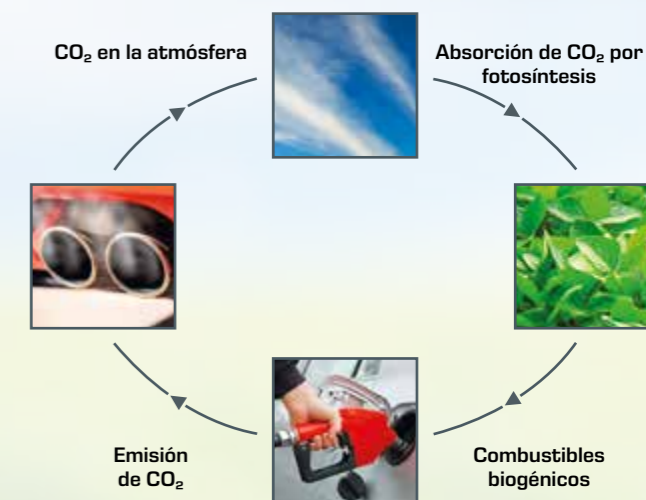
Para obtener un suministro de energía renovable y climáticamente neutro, las fuentes de energía discontinuas, como el viento y el sol, al igual que las fuentes de energía almacenables, producidas de forma climáticamente neutra, desempeñan un papel importante.

Para transformar los combustibles fósiles biogénicos en fuentes de energía almacenables se utilizan diversos procesos térmicos y biológicos.



El ciclo de CO₂ del bioetanol

La fotosíntesis posibilita el crecimiento de las plantas con ayuda de la luz solar. En este proceso, la planta toma el CO₂ de la atmósfera y absorbe agua y sustancias inorgánicas para convertirlos en compuestos orgánicos de mayor energía. Esta biomasa se puede considerar como el producto de un proceso bioquímico, en el cual una parte de la luz solar absorbida es almacenada en forma de energía química. Para poder utilizar la biomasa como fuente de energía en diversos procesos técnicos, se requieren métodos de tratamiento especiales. Entre ellos, procesos físicos simples y también procesos biológicos y termoquímicos complejos.



Biocarburantes para energía climáticamente neutra

Además de los sencillos procesos mecánicos para producir fuentes de energía sólidas (pellets), como la trituración y la aglomeración por compresión, para la producción de biocarburantes y biogás se utilizan procesos biológicos complejos.

Estos procesos son aplicaciones de procesos naturales de la naturaleza a escala industrial. Aquí los factores como la temperatura, el pH, la mezcla y el tiempo de permanencia, son fundamentales para conseguir el máximo rendimiento de las fuentes de energía de la biomasa.

Los biocarburantes son materiales alternativos para carburantes súper y diésel, que se mezclan con los carburantes fósiles o se utilizan directamente con la tecnología de motor

adecuada. La base para los biocarburantes es etanol para carburante súper y aceite vegetal para carburante diésel.

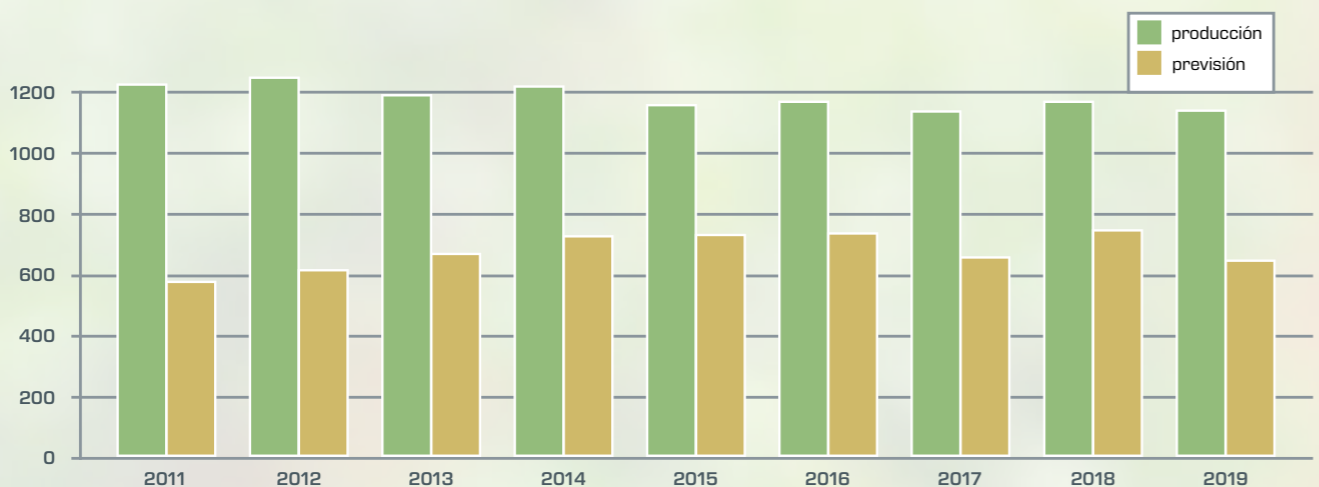
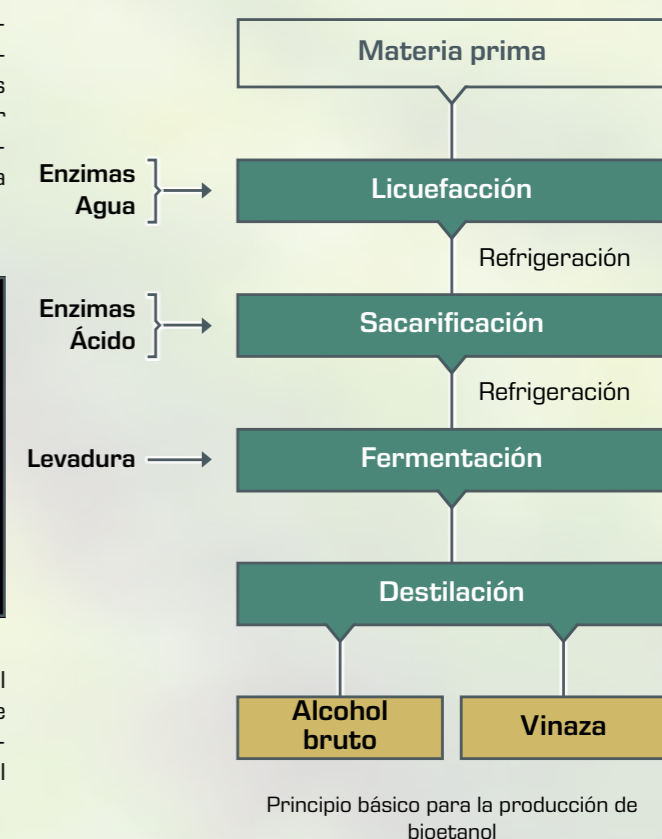
En el campo de los biocarburantes, ofrecemos tanto una planta para la conversión de almidón en etanol mediante enzimas y levaduras como otra planta para la producción clásica de biodiésel a partir de aceites vegetales por transesterificación.

Además de la unidad de destilación para separar el etanol del residuo de la fermentación, nuestra planta de bioetanol también contiene los depósitos de maceración y fermentación necesarios para el proceso de producción completo.

Como materia básica para el bioetanol se utilizan los hidratos de carbono (azúcares) contenidos en las plantas, a partir de los cuales se produce alcohol con ayuda de enzimas y levaduras. Mientras que las plantas que contienen azúcar fermentan directamente, en las plantas que contienen almidón la desintegración enzimática de la planta precede a la fermentación alcohólica.



El proceso de fermentación finaliza cuando se consume el azúcar o se ha alcanzado una concentración máxima de alcohol. El bioetanol producido se separa mediante destilación. El producto de la destilación se denomina alcohol bruto.



Desarrollo de bioetanol en Alemania (en 1.000t)

(Fuente: BDBe/FNR)

Vista previa

CE 640 Producción biotecnológica de etanol

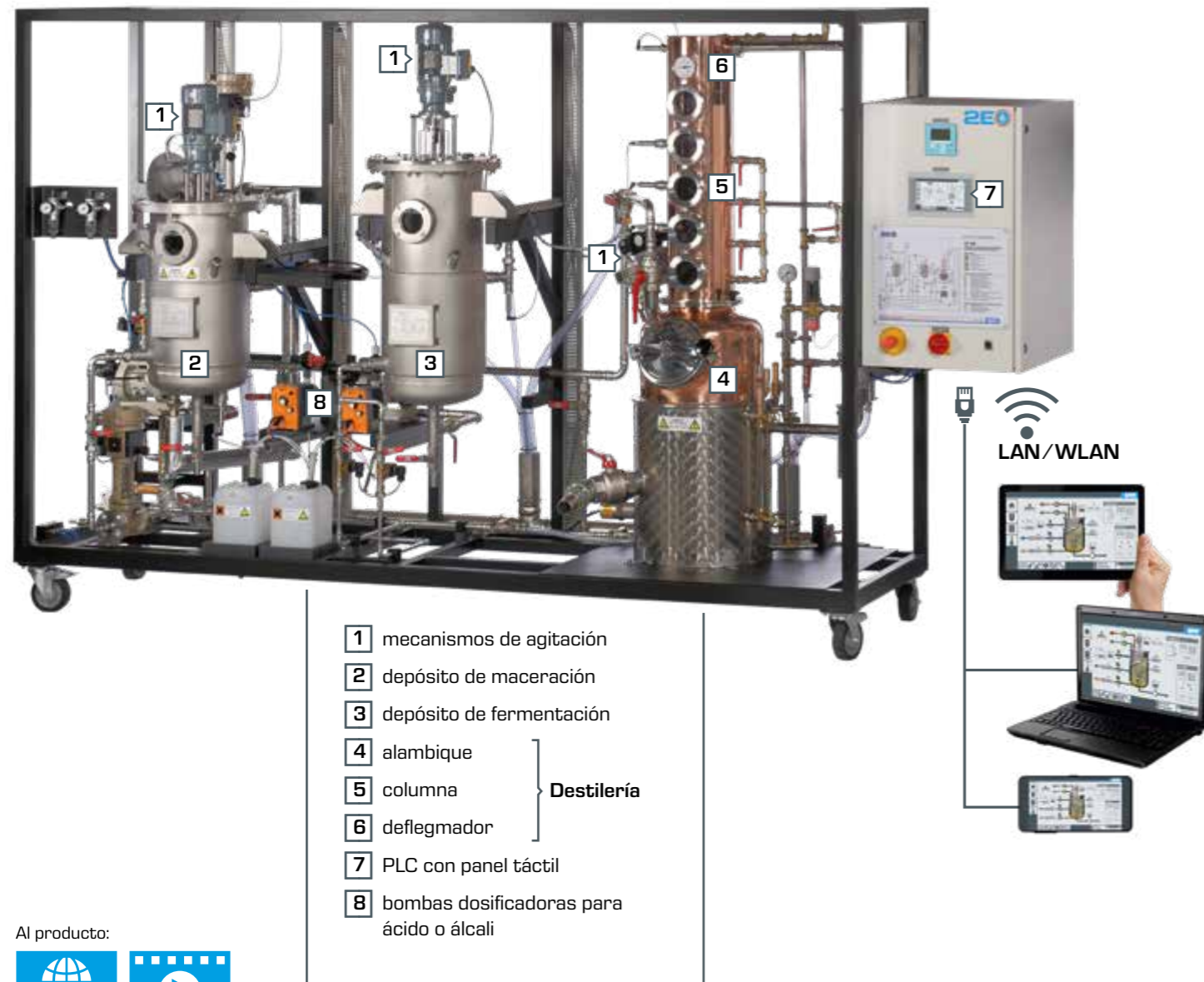
De la planta al biocarburante

Con el banco de ensayos CE 640 puede realizar todo el proceso de producción de etanol a escala de laboratorio. El etanol se produce como materia básica para biocarburantes y muchos otros productos a partir de materias primas que contengan almidón y azúcar. En la transformación de almidón a etanol deben llevarse a cabo distintos procesos de transformación con ayuda de enzimas y levaduras.

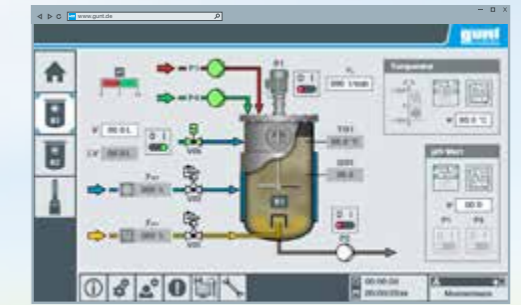
La levadura se transforma en azúcares con las enzimas glucoamilasa y alfa-amilasa en el primer depósito. Este proceso tiene lugar bajo supervisión y regulación de la temperatura y el pH.

Tras el bombeo al segundo depósito y la adición de levaduras se produce la fermentación sin contacto con la atmósfera. La levadura transforma los azúcares en etanol y dióxido de carbono. El dióxido de carbono se escapa a través de un burbujeador al medio ambiente. La temperatura en el depósito de fermentación se controla y regula durante el proceso.

Al finalizar el proceso de fermentación, el etanol se separa del resto de las sustancias con ayuda de una instalación de destilación (destilería).



Alambique batido, abrigillado y de pared gruesa de cobre puro.



Control de la instalación y adquisición de datos vía PLC

La planta de ensayo es controlada por un PLC a través de una pantalla táctil. El PLC permite registrar las magnitudes más importantes en la memoria interna:

- temperatura
 - pH
 - temperatura de fermentación
 - temperatura del agua
 - temperatura de la caldera
 - temperaturas de los platos de campanas
 - temperatura del deflegmador
 - temperatura del condensado
- Depósito de maceración
- Depósito de fermentación
- Destilería

Contenidos didácticos

- gelatinización por inyección de vapor
- licuefacción mediante el uso de alfa-amilasa
- sacarificación mediante el uso de glucoamilasa
- fermentación: transformación de azúcar en etanol por cultivos de levadura en condiciones anaeróbicas
- destilación: separación del etanol de la mezcla macerada

Al producto:



CE 640

Producción biotecnológica de etanol



"screen mirroring" es posible con diferentes dispositivos finales

Descripción

- producción de etanol en base a materias primas biológicas con contenido de almidón
- control de la instalación mediante PLC vía pantalla táctil
- un enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring" con dispositivos finales adicionales: PC, tableta, smartphone

El etanol (alcohol) no sólo es de gran importancia para la industria química y alimentaria, sino que se utiliza también en cada vez mayor medida como combustible. Mediante el CE 640 se puede analizar la producción cercana a la realidad de etanol a base de materias primas con contenido de almidón como, por ejemplo, patatas. La planta de ensayo consta de tres componentes principales: un depósito de maceración, un depósito de fermentación y una unidad de destilación. El depósito de maceración se llena con una mezcla de agua, patatas previamente trituradas mecánicamente y alfa-amilasa (enzima). Para aflojar las compactas cadenas de almidón se inyecta con una tobera vapor caliente en la mezcla (gelatinización). Esto hace que aumente la resistencia al flujo de la mezcla macerada, lo que dificultaría el proceso siguiente. La alfa-amilasa degrada las cadenas de almidón (licuefacción) y rebaja así la resistencia al flujo. Para convertir el almidón en azúcar (sacarificación) se emplea glucoamilasa, lo que requiere temperatu-

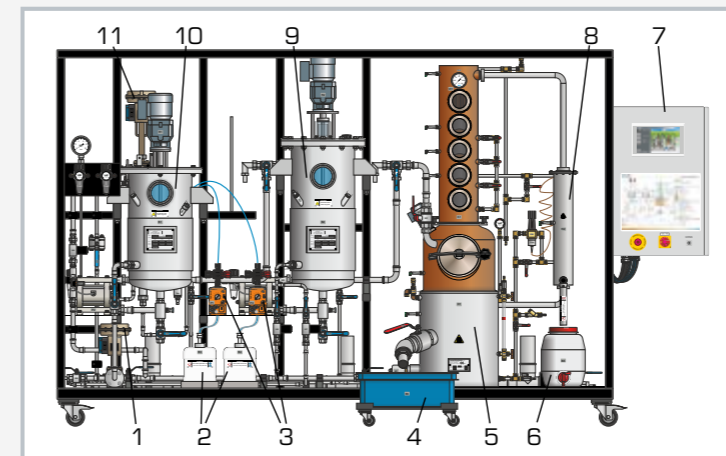
ras y valores pH bajos. La temperatura se obtiene mediante la refrigeración por agua en el lado de la envoltura del depósito de maceración, y el ajuste del valor pH, agregando ácido y álcali. Después de la sacarificación la masa macerada se bombea en el depósito de fermentación. Allí se forma etanol mediante el proceso de fermentación. La temperatura se regula mediante una refrigeración por agua. Después del proceso de fermentación, la mezcla macerada se bombea en el depósito de decantación de la unidad de destilación. Esta unidad está equipada con una columna de platos de campanas para la separación del etanol. Se dispone de dos depósitos para el etanol separado y las vinazas que se van produciendo, respectivamente. La planta de ensayo tiene numerosas funciones de medición, regulación y manejo, controladas por un PLC vía pantalla táctil. Mediante un enrutador integrado, la planta puede ser operada y controlada alternativamente a través de un dispositivo final. La interfaz de usuario también puede ser representada con los dispositivos finales adicionales ("screen mirroring"). A través del PLC, los valores de medición se pueden registrar internamente. El acceso a los valores de medición registrados es posible desde los dispositivos finales a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente. El suministro de vapor a través de la red del laboratorio o del generador de vapor eléctrica (CE 715.01) disponible opcionalmente.

Contenido didáctico/ensayos

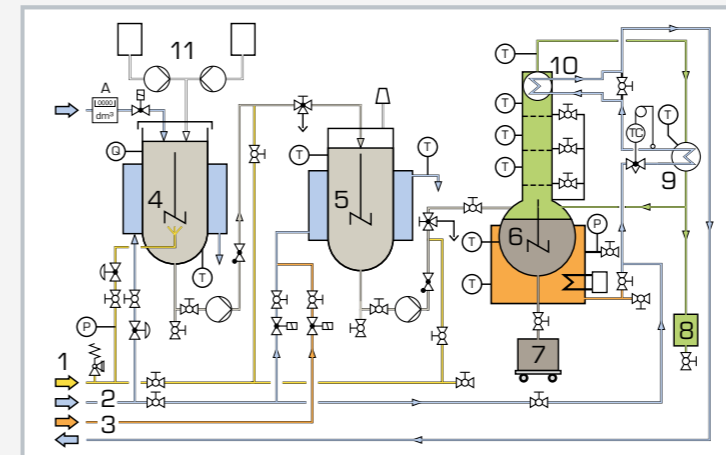
- familiarizarse con los pasos individuales necesarios y con los componentes de la instalación para la producción de etanol:
 - ▶ gelatinización mediante inyección de vapor
 - ▶ licuefacción mediante el uso de alfa-amilasa
 - ▶ sacarificación mediante el uso de glucoamilasa
 - ▶ fermentación: conversión del azúcar en etanol mediante culturas de levadura bajo condiciones anaeróbicas
 - ▶ destilación: separación del etanol de la mezcla macerada
- "screen mirroring": la interfaz de usuario se refleja con dispositivos finales
 - ▶ navegación en el menú, independiente de la visualización en la pantalla táctil
 - ▶ diferentes niveles de usuario disponibles en el dispositivo final: observación de los ensayos o manejo y control

CE 640

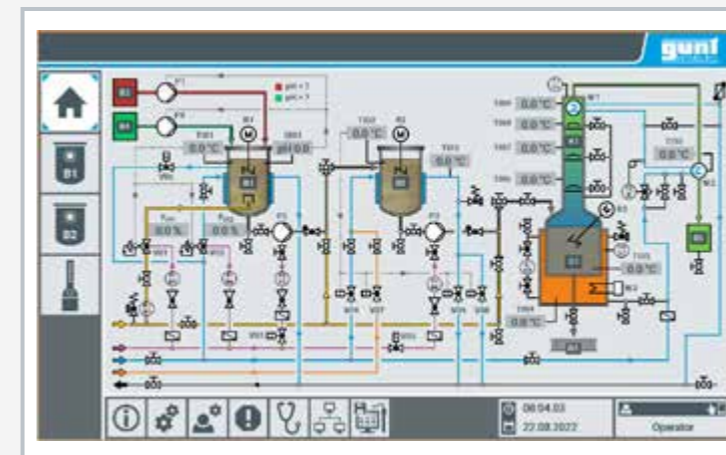
Producción biotecnológica de etanol



1 válvula de control de agua de refrigeración, 2 depósitos de ácido/álcali, 3 bombas de ácido y álcali, 4 depósito del vinazas (móvil), 5 unidad de destilación, 6 depósito del producto, 7 armario de distribución, 8 condensador, 9 depósito de fermentación, 10 depósito de maceración, 11 válvula de control del vapor de calefacción



1 vapor de calefacción, 2 agua de refrigeración, 3 agua de calefacción, 4 depósito de maceración, 5 depósito de fermentación, 6 unidad de destilación, 7 depósito del vinazas, 8 depósito del producto, 9 condensador, 10 deflegmador, 11 bombas y depósitos de ácido/álcali; P presión, T temperatura, A cantidad de agua, Q pH



Captura de pantalla de la pantalla táctil de la unidad de control PLC

Especificación

- [1] conversión discontinua de materias primas biológicas con contenido de almidón en etanol
- [2] depósito de maceración abierto con refrigeración por agua del lado de la envoltura del depósito, inyección de vapor caliente y agitador
- [3] depósito de fermentación cerrado con agitador y refrigeración/calefacción por agua en el lado de la envoltura del depósito
- [4] unidad de destilación con 3 platos de campana, deflegmador, condensador y agitador
- [5] 2 bombas para el transporte de la mezcla macerada
- [6] regulación del valor pH en el depósito de maceración mediante ácido y álcali vía bombas de dosificación
- [7] ajuste de la cantidad de vapor caliente inyectado, de los flujos de agua de refrigeración y de la temperatura del cabeza a través de reguladores PID
- [8] control de la instalación mediante un PLC, operable a través de pantalla táctil
- [9] enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring": visualización de la interfaz de usuario con hasta 5 dispositivos finales
- [10] adquisición de datos a través del PLC en la memoria interna, acceso a los valores de medición registrados a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente

Datos técnicos

PLC: Eaton XV303
 Depósitos: maceración: 40L, fermentación: 50L, producto: 10L, vinazas: 30L
 Unidad de destilación
 ■ columna de destilación: DxAl: 220x1200mm
 ■ capacidad de calderín: 45L
 ■ dispositivo de calefacción de depósito de decantación: 0...7500W
 2 bombas neumáticas de membrana
 ■ presión de impulsión: 2bar
 ■ caudal máx.: 15L/min; altura de elevación máx: 20m
 ■ tamaño máx. de sólidos: 4mm
 2 bombas de dosificación (ácido y álcali)
 ■ caudal máx.: 2,1L/h

Rangos de medición

- temperatura: 10x 0...150°C
- caudal: 0...25L/min (al depósito de maceración)
- pH: 2...10
- presión: 0...10bar (vapor)

400V, 50Hz, 3 fases; 400V, 60Hz, 3 fases
 230V, 60Hz, 3 fases; UL/CSA opcional
 LxAnxAl: 3500x1200x2000mm; Peso: aprox. 500kg

Necesario para el funcionamiento

aire comprimido (1,5...6bar), toma de agua caliente y refrigerante (min. 400L/h, 40°C), desagüe, CE 715.01 o vapor (10kg/h, min. 3bar)

Volumen de suministro

planta de ensayo, 1 juego de enzimas etc., 1 juego de accesorios, 1 material didáctico

Conocimientos básicos

Biogás

El aumento de la demanda energética y la limitación de las fuentes de energía fósiles exigen nuevos conceptos para asegurar el suministro de energía. Además de la energía solar y del viento, la generación de energía a partir de la biomasa representa un componente importante de los conceptos energéticos del futuro.

En una planta de biogás, los microorganismos biodegradan los materiales orgánicos de partida (el sustrato) bajo exclusión de la luz y el oxígeno. El producto de esta degradación anaeróbica es una mezcla de gases compuesta predominantemente por metano. Esta mezcla de gases se denomina biogás.



Los procesos complejos de la degradación anaeróbica pueden subdividirse de manera simplificada en cuatro fases sucesivas.

Fase 1: hidrólisis

El sustrato utilizado en las plantas de biogás está disponible en forma de compuestos no disueltos de alto peso molecular, como proteínas, grasas e hidratos de carbono. Por esta razón, estos compuestos deben descomponerse primero en sus componentes individuales. Los productos de la hidrólisis son aminoácidos, azúcares y ácidos grasos.

Fase 2: acidificación

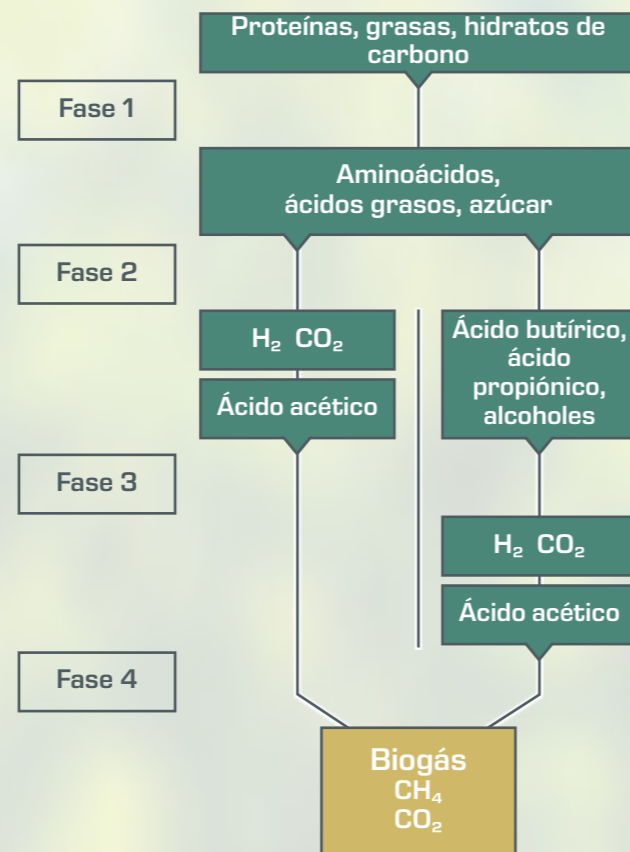
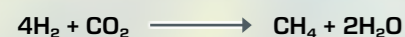
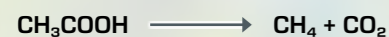
De los productos de la hidrólisis se forman ahora principalmente ácido propiónico, ácido butírico, ácido acético, alcoholes, hidrógeno y dióxido de carbono a través de la degradación bioquímica.

Fase 3: formación de ácido acético

Los productos de la fase anterior se convierten ahora en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono.

Fase 4: formación de metano

Las bacterias metanogénicas pueden utilizar para su metabolismo o bien el ácido acético (CH_3COOH) o bien el dióxido de carbono y el hidrógeno. Las siguientes dos reacciones bioquímicas pueden conducir a la formación de metano (CH_4):



Principio básico de la degradación anaerobia

Condiciones ambientales

Los microorganismos que intervienen en la degradación anaerobia tienen diferentes exigencias en cuanto a las condiciones ambientales. Esto se refiere principalmente al valor del pH y a la temperatura. Las bacterias metanogénicas, en particular, reaccionan muy sensiblemente a las desviaciones de estas dos variables del proceso con respecto a sus respectivos valores óptimos. Si las 4 fases de degradación tienen lugar en un solo reactor, hay que en-

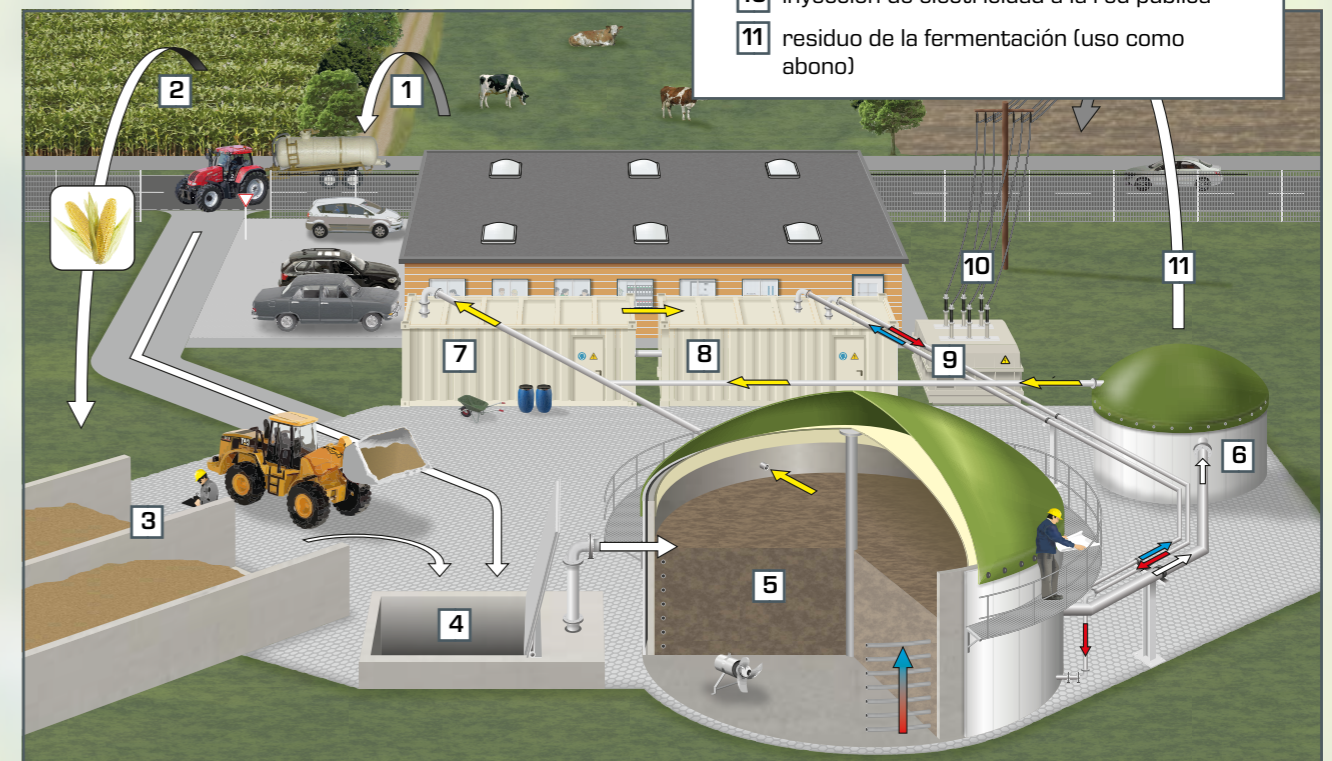
contrar un compromiso con respecto a la temperatura y el pH. Esto da lugar a un menor rendimiento de biogás. Desde el punto de vista de la ingeniería de procesos, un control del proceso en dos etapas en dos reactores separados tiene más sentido. De este modo, las condiciones ambientales pueden adaptarse más adecuadamente a los respectivos microorganismos.

Uso del biogás

El biogás resultante se puede quemar en una planta de cogeneración. De esta manera se convierte la energía almacenada en el biogás en energía de rotación. A su vez, un generador conectado genera electricidad a partir de ella. Además de energía eléctrica, una planta de cogeneración también genera calor que puede utilizarse, por ejemplo, para calentar el reactor o edificios.

Principio de funcionamiento de una planta de biogás:

- 1 estiércol líquido procedente de la ganadería
- 2 materias primas renovables (p. ej., maíz)
- 3 recipiente para materias primas trituradas
- 4 recipiente para alimentación del biorreactor
- 5 biorreactor (fermentador)
- 6 depósito para residuo de la fermentación
- 7 tratamiento de biogás
- 8 planta de cogeneración
- 9 circuito de agua para el calentamiento del biorreactor
- 10 inyección de electricidad a la red pública
- 11 residuo de la fermentación (uso como abono)



CE 642

Planta de biogás



La ilustración muestra, desde la izquierda: unidad de alimentación, banco de ensayos y unidad de fermentación posterior; "screen mirroring" es posible con diferentes dispositivos finales

Descripción

- planta de biogás de dos etapas
- análisis de biogás extenso
- control de la instalación mediante PLC vía pantalla táctil
- un enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring" con dispositivos finales adicionales: PC, tableta, smartphone

En una planta de biogás, los microorganismos descomponen las materias primas orgánicas (sustrato) excluyendo la luz y el oxígeno. Como producto de esta degradación anaerobia se produce una mezcla de gas, que consta principalmente de metano y recibe el nombre de biogás.

La planta de ensayo CE 642 demuestra de forma práctica la generación de biogás. Como sustrato se utiliza una suspensión de materias sólidas orgánicas trituradas. En el primer reactor de tanque con agitación tiene lugar la hidrólisis y la acidificación del sustrato. En este proceso, los microorganismos anaerobios transforman sustancias orgánicas de cadena larga en sustancias orgánicas de cadena corta. En el segundo reactor de tanque con agitación, en la última fase de la degradación anaerobia se produce biogás, compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono.

Mediante este modo de funcionamiento de dos etapas, se pueden ajustar y optimizar por separado las condiciones ambientales en ambos reactores. El digestato se recoge en un depósito separado.

La temperatura y el pH se regulan en ambos reactores. El biogás producido se seca en una columna. La columna contiene gel de sílice. A continuación se registran el caudal, la humedad, el contenido de metano, el contenido de dióxido de carbono y la temperatura del biogás. El control de la instalación se realiza mediante un PLC vía la pantalla táctil. Mediante un enrutador integrado, la instalación puede ser operada y controlada alternativamente a través de un dispositivo final. La interfaz de usuario también puede ser representada con los dispositivos finales adicionales ("screen mirroring"). A través del PLC, los valores de medición se pueden registrar internamente. El acceso a los valores de medición registrados es posible desde los dispositivos finales a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente.

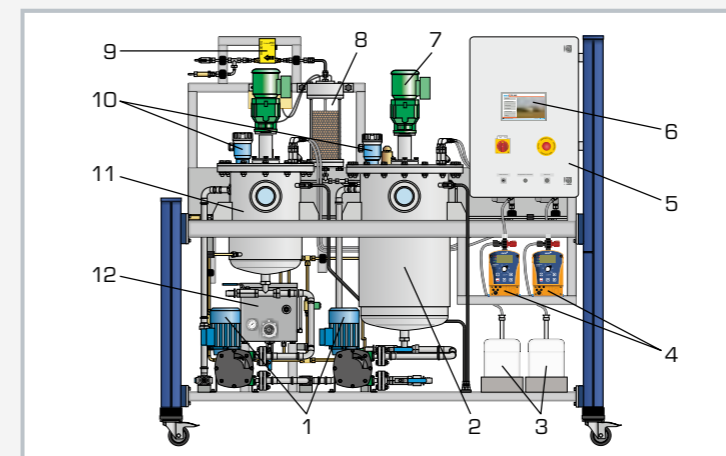
La planta de ensayo permite una operación continua y discontinua. Para los ensayos se requiere de biomasa de una planta de biogás. Para la producción del sustrato se pueden utilizar p. ej. patatas o maíz. Para enjuagar la planta de ensayo se requiere de gas inerte (p. ej. dióxido de carbono).

Contenido didáctico/ensayos

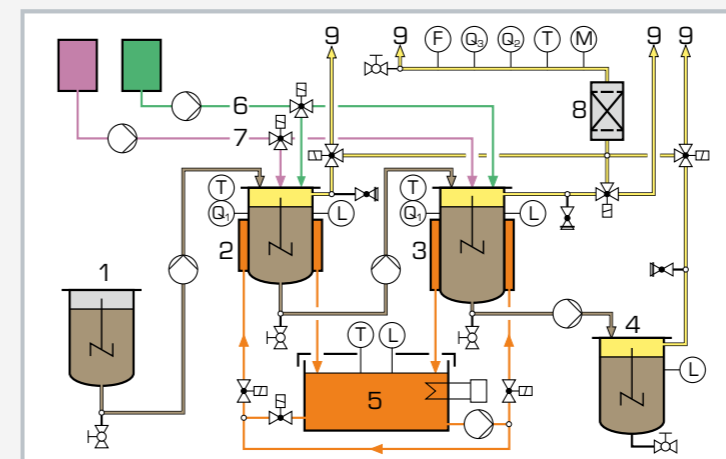
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- influencia de los parámetros siguientes en la generación de biogás
 - ▶ temperatura
 - ▶ sustrato
 - ▶ carga volumétrica
 - ▶ pH
- influencia del modo de funcionamiento en el rendimiento de biogás
 - ▶ 1 etapa o 2 etapas
 - ▶ con y sin fermentación posterior
 - ▶ continua y discontinua
- determinación de los siguientes parámetros en función de las condiciones de funcionamiento
 - ▶ rendimiento de biogás
 - ▶ caudal del biogás
 - ▶ calidad del biogás
- "screen mirroring": la interfaz de usuario se refleja con dispositivos finales
 - ▶ navegación en el menú, independiente de la visualización en la pantalla táctil
 - ▶ diferentes niveles de usuario disponibles en el dispositivo final: observación de los ensayos o manejo y control

CE 642

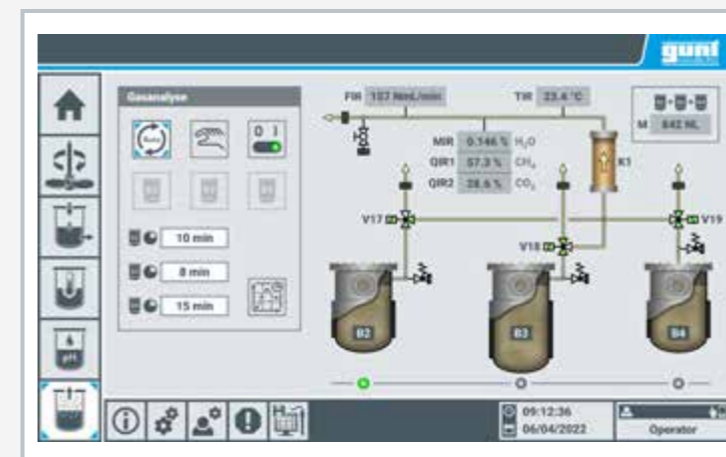
Planta de biogás



1 bombas peristálticas, 2 reactor (etapa 2), 3 depósitos para ácido y alcali, 4 bombas dosificadoras, 5 armario de distribución, 6 PLC con pantalla táctil, 7 mecanismo de agitación, 8 columna de secado, 9 caudalímetro (biogás), 10 sensores de nivel capacitivo, 11 reactor (etapa 1), 12 depósito de agua de calefacción



1 depósito de sustrato, 2 reactor (etapa 1), 3 reactor (etapa 2), 4 depósito de digestato, 5 agua de calefacción, 6 ácido, 7 alcali, 8 columna de secado, 9 biogás; F caudal, L nivel, M humedad, Q₁ pH, Q₂ contenido de metano, Q₃ contenido de dióxido de carbono, T temperatura



Interfaz de usuario del PLC: opción del menú "análisis de gas"

Especificación

- [1] planta de biogás de dos etapas (es posible el funcionamiento continuo o discontinuo)
- [2] 2 reactores de agitación de acero inoxidable con sensores de nivel capacitivo
- [3] unidad de alimentación separada con depósito de sustrato y bomba de alimento
- [4] regulación de temperatura y pH en los reactores
- [5] 2 bombas dosificadoras para ácido y alcali
- [6] circuito de agua de calefacción con depósito, dispositivo de calefacción, regulador de temperatura y bomba
- [7] secado del biogás con gel de sílice
- [8] análisis de biogás: caudal, contenido de metano, contenido de dióxido de carbono, humedad y temperatura
- [9] control de instalación mediante PLC vía pantalla táctil
- [10] enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring": visualización de la interfaz de usuario con hasta 5 dispositivos finales
- [11] adquisición de datos a través del PLC en la memoria interna, acceso a los valores de medición registrados a través de WLAN con enrutador integrado / conexión LAN con la red propia del cliente

Datos técnicos

PLC: Eaton XV303
 Depósitos de acero inoxidable
 ■ reactores: 26,3L (etapa 1), 73,5L (etapa 2)
 ■ depósito de sustrato: aprox. 30L
 ■ depósito de digestato: 26,3L
 Bombas
 ■ 3 bombas peristálticas: máx. 25L/h cada una
 ■ 2 bombas dosificadoras: máx. 2,1L/h cada una
 ■ bomba de agua de calefacción: máx. 480L/h
 Mecanismos de agitación: depósito de sustrato: máx. 200min⁻¹, reactores: máx. 120min⁻¹ cada uno

Rangos de medición

- contenido de metano: 0...100%
- contenido de dióxido de carbono: 0...100%
- caudal: 0...30NL/h (biogás)
- pH: 2x 1...14; humedad: 0...100%
- temperatura: 3x 0...100°C (reactores y biogás)

400V, 50Hz, 3 fases; 400V, 60Hz, 3 fases
 230V, 60Hz, 3 fases; UL/CSA opcional
 LxAnxAI: 1100x790x1400mm (unidad de alimentación)
 LxAnxAI: 2060x790x1910mm (banco de ensayos)
 LxAnxAI: 1100x790x1400mm (unidad de fermentación posterior)
 Peso total: aprox. 770kg

Necesario para el funcionamiento

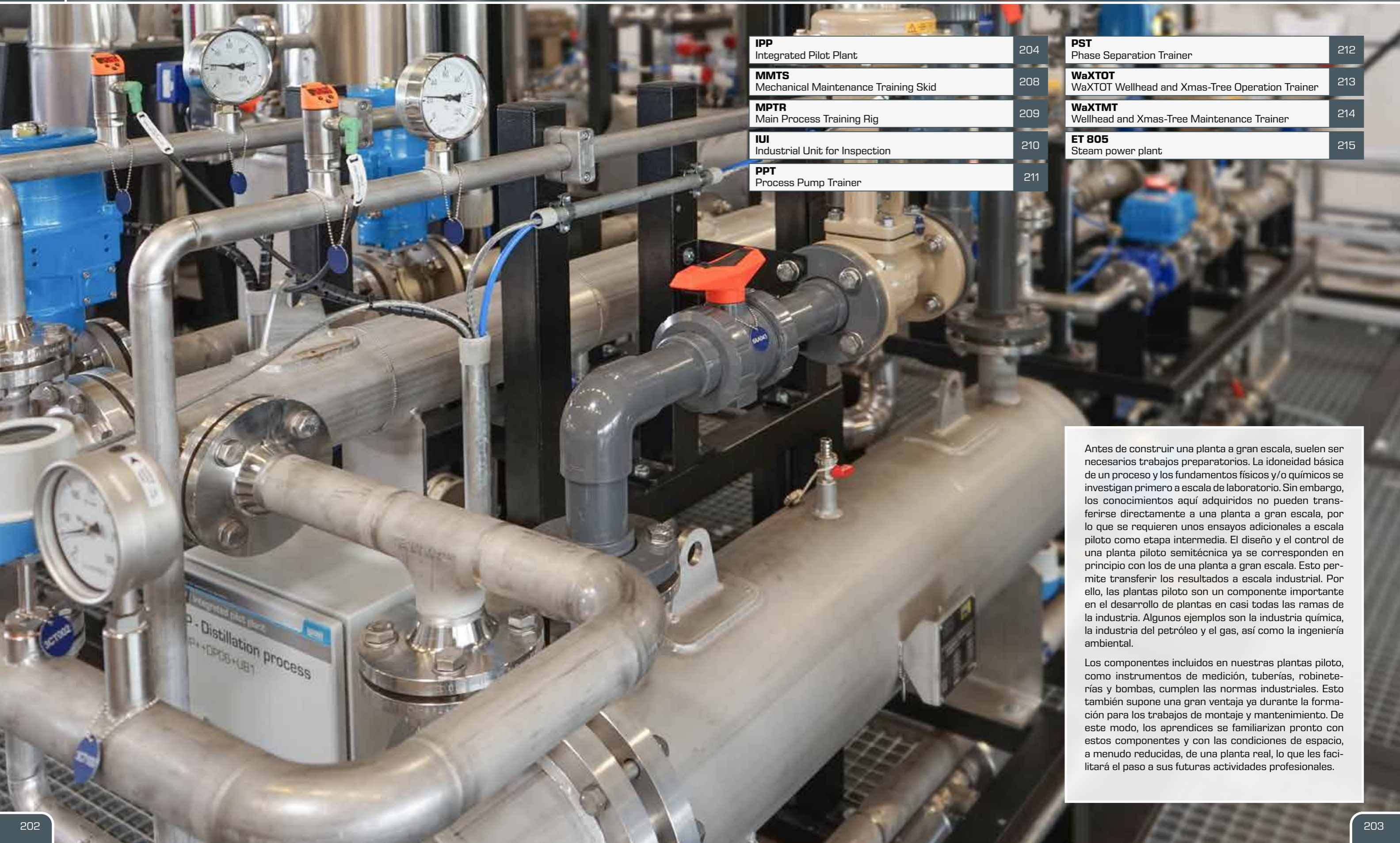
biomasa de una planta de biogás, sustrato (recomendación: patatas o maíz), sosa cáustica, ácido clorhídrico, gas inerte (p. ej. dióxido de carbono) 5kg/h, mín. 2bar; toma de agua + desagüe 300L/h, mín. 3bar; escape de aire + ventilación 245m³/h

Volumen de suministro

- 1 planta de ensayo, 1 envase con gel de sílice
- 1 juego de accesorios, 1 material didáctico



Plantas piloto



IPP Integrated Pilot Plant	204	PST Phase Separation Trainer	212
MMTS Mechanical Maintenance Training Skid	208	WaXTOT WaXTOT Wellhead and Xmas-Tree Operation Trainer	213
MPTR Main Process Training Rig	209	WaXTMT Wellhead and Xmas-Tree Maintenance Trainer	214
IUI Industrial Unit for Inspection	210	ET 805 Steam power plant	215
PPT Process Pump Trainer	211		

Antes de construir una planta a gran escala, suelen ser necesarios trabajos preparatorios. La idoneidad básica de un proceso y los fundamentos físicos y/o químicos se investigan primero a escala de laboratorio. Sin embargo, los conocimientos aquí adquiridos no pueden transferirse directamente a una planta a gran escala, por lo que se requieren unos ensayos adicionales a escala piloto como etapa intermedia. El diseño y el control de una planta piloto semitécnica ya se corresponden en principio con los de una planta a gran escala. Esto permite transferir los resultados a escala industrial. Por ello, las plantas piloto son un componente importante en el desarrollo de plantas en casi todas las ramas de la industria. Algunos ejemplos son la industria química, la industria del petróleo y el gas, así como la ingeniería ambiental.

Los componentes incluidos en nuestras plantas piloto, como instrumentos de medición, tuberías, robineterías y bombas, cumplen las normas industriales. Esto también supone una gran ventaja ya durante la formación para los trabajos de montaje y mantenimiento. De este modo, los aprendices se familiarizan pronto con estos componentes y con las condiciones de espacio, a menudo reducidas, de una planta real, lo que les facilitará el paso a sus futuras actividades profesionales.

IPP Integrated Pilot Plant

Este equipo de ensayo demuestra el funcionamiento de una planta con una mezcla de agua y etilenglicol como medio principal. La planta combina componentes de ciclos convencionales con depósitos, cambiadores de calor, bombas y secciones de refrigeración, así como el control y la regulación de un proceso de destilación. La planta consta de cuatro unidades funcionales:

- unidad de alimentación (exterior)
- unidad de alimentación (interior)
- proceso de destilación
- proceso circular

Esta planta se centra en la puesta en funcionamiento, el manejo, la desconexión y el mantenimiento de un proceso típico de la ingeniería de procesos a escala industrial. Otros puntos de interés didáctico son:

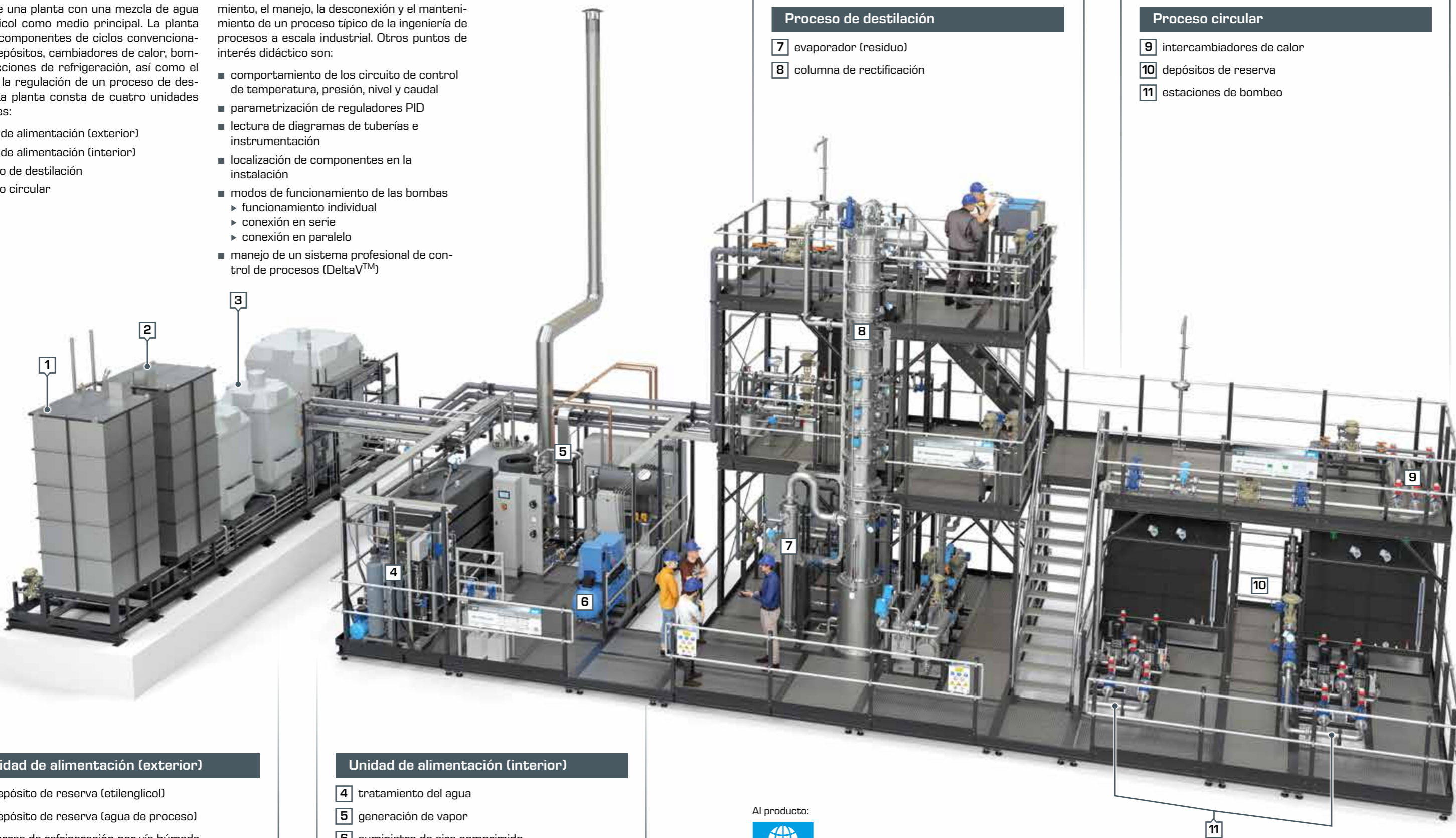
- comportamiento de los circuitos de control de temperatura, presión, nivel y caudal
- parametrización de reguladores PID
- lectura de diagramas de tuberías e instrumentación
- localización de componentes en la instalación
- modos de funcionamiento de las bombas
 - ▶ funcionamiento individual
 - ▶ conexión en serie
 - ▶ conexión en paralelo
- manejo de un sistema profesional de control de procesos (DeltaV™)

Proceso de destilación

- 7 evaporador (residuo)
- 8 columna de rectificación

Proceso circular

- 9 intercambiadores de calor
- 10 depósitos de reserva
- 11 estaciones de bombeo



Unidad de alimentación (exterior)

- 1 depósito de reserva (etilenglicol)
- 2 depósito de reserva (agua de proceso)
- 3 torres de refrigeración por vía húmeda

Unidad de alimentación (interior)

- 4 tratamiento del agua
- 5 generación de vapor
- 6 suministro de aire comprimido

Al producto:



IPP Integrated Pilot Plant



Torres de refrigeración por vía húmeda y depósitos de reserva de agua de proceso y etilenglicol en el exterior

Unidades de alimentación

Las unidades de alimentación proporcionan los medios necesarios, así como la potencia frigorífica y calorífica necesaria. Las tres torres de refrigeración por vía húmeda y los dos depósitos de almacenamiento de agua para proceso y etilenglicol están instalados en el exterior. El generador de vapor, la alimentación de aire comprimido, el tratamiento del agua y las dos estaciones de dosificación de productos químicos están instalados en el interior.

El tratamiento del agua para proceso consta de cinco etapas:

- intercambio iónico
- filtración
- ósmosis inversa
- desgasificación de membranas
- desinfección UV

Proceso de destilación

El componente principal del proceso de destilación es una columna de rectificación con 10 platos de campanas. La mezcla de agua y glicol se calienta por recirculación natural en un evaporador. A continuación, la mezcla de agua y glicol se separa en la columna en vapor de agua y glicol líquido. El proceso de destilación se alimenta desde la unidad de alimentación o desde el ciclo.

Proceso circular

En el ciclo, una mezcla de agua y glicol se calienta y se bombea en el circuito por medio de unas bombas. La mezcla de agua y glicol se calienta en el depósito de almacenamiento. Los circuitos de control de procesos con variables controladas como la temperatura, la presión, el nivel y el caudal forman parte del ciclo.



Proceso circular: bombas redundantes y caudalímetros Coriolis



Proceso de destilación: columna de rectificación



Uso de componentes de alta calidad a nivel industrial

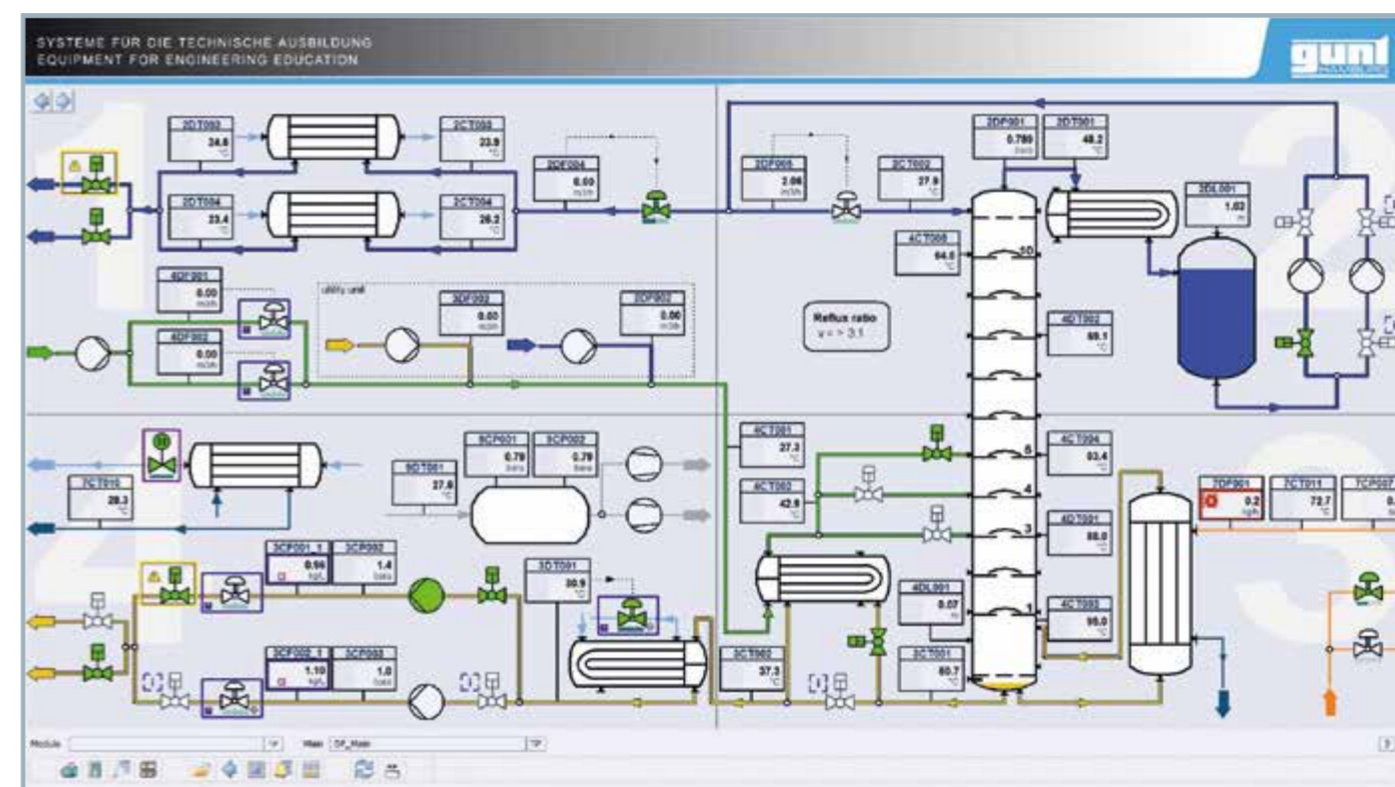


IPP durante el funcionamiento de prueba antes de la entrega de la planta

Sistema de control de procesos

Para controlar la planta se utiliza el sistema de control de procesos **DeltaV™** de la empresa **Emerson Electric Co.** Este sistema de automatización es muy fácil de usar y se utiliza ampliamente en las industrias de procesos y energía. DeltaV™ dispone de modernas funciones de control y permite al usuario un control óptimo del sistema en todo momento.

Todas las variables relevantes del proceso se miden mediante sensores y se transmiten a la estación de trabajo del usuario. Las distintas opciones de control del proceso y los circuitos de control del proceso pueden seleccionarse individualmente para establecer varios estados de funcionamiento diferentes.



Visualización del sistema de control de procesos DeltaV™

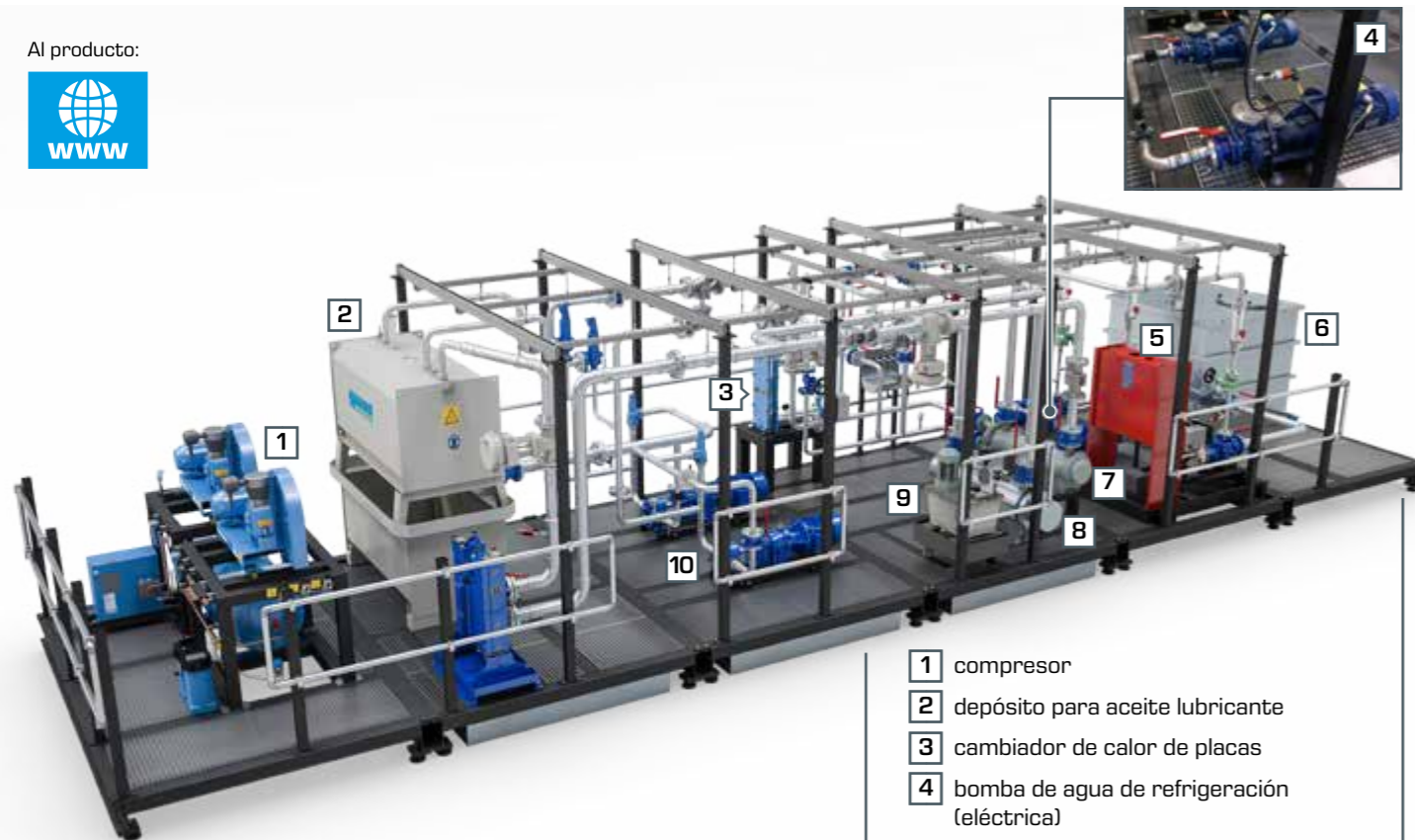
MMTS Mechanical Maintenance Training Skid

La planta de prácticas MMTS se utiliza para el mantenimiento de componentes mecánicos, así como para la medición, el control y la regulación de diversos parámetros en un sistema de tuberías con varios medios. En la vida real, estos sistemas pueden encontrarse en centrales eléctricas, así como en plantas de procesamiento de petróleo y gas natural. A diferencia de la aplicación industrial, la planta de prácticas no contiene motores ni turbinas reales. El aporte de calor de estas máquinas se simula mediante un dispositivo de calefacción que calienta aceite lubricante. En el proceso central de la planta de prácticas, el calor generado de esta manera se disipa a través de un cambiador de calor y un circuito de agua de refrigeración.

Varios sensores registran la presión, el caudal, el nivel y la temperatura. La planta de prácticas se maneja a través de una pantalla táctil en el armario de distribución mediante SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Los datos de las mediciones se registran mediante otro software que se ejecuta en un PC.

- circuito de aceite lubricante con depósito de aceite lubricante, 2 bombas, calefacción y refrigerador de aceite lubricante
- circuito de agua de refrigeración con depósito de agua de refrigeración y 3 bombas para refrigerar el aceite lubricante a través del refrigerador de aceite lubricante
- circuito de aceite hidráulico con depósito de aceite hidráulico, acumulador de aire comprimido y bomba para alimentar las válvulas accionadas hidráulicamente.
- alimentación de aire comprimido con 2 compresores y depósito a presión para suministrar aire comprimido a los actuadores neumáticos de las válvulas de control
- circuito de torre de refrigeración con torre de refrigeración y cubeta de torre de refrigeración para refrigerar el circuito de agua de refrigeración en circuito cerrado por medio del refrigerador de agua secundario

Al producto:



- 1 compresor
- 2 depósito para aceite lubricante
- 3 cambiador de calor de placas
- 4 bomba de agua de refrigeración (eléctrica)
- 5 bomba de agua de refrigeración (diésel)
- 6 depósito de agua de refrigeración
- 7 cambiador de calor de carcasa y tubos
- 8 dispositivo de calefacción de aceite lubricante
- 9 unidad de alimentación de aceite hidráulico
- 10 bombas de aceite

El Jubail Technical Institute (JTI), en Arabia Saudí, es uno de los principales institutos en el campo de la formación técnica. En el instituto, el 80 % del plan de estudios se dedica a la parte práctica. La planta de prácticas MMTS encaja perfectamente en este concepto educativo.



MPTR Main Process Training Rig

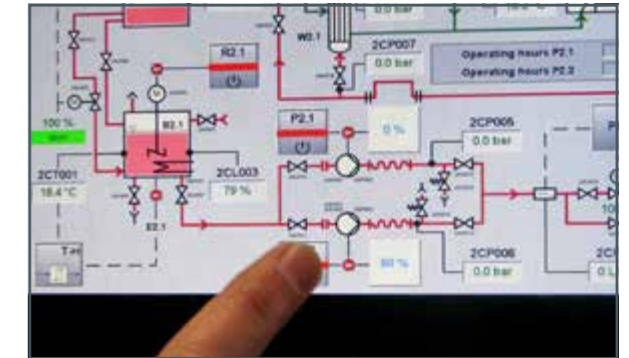
El equipo de prácticas MPTR se basa por completo en tecnologías industriales. Este equipo representa una tarea de proyecto compleja para la formación de ingenieros de tuberías y plantas, así como para técnicos de mantenimiento. En esta planta de ensayo pueden tratarse temas mecánicos, eléctricos e hidráulicos. La planta está dividida en dos unidades:

Unidad 1: control de caudal y de nivel

Unidad 2: control de caudal, de nivel y de temperatura

Cada unidad contiene un circuito de proceso completo con bombas, depósitos y las tuberías necesarias. Contiene una gran variedad de accesorios y equipos de medición. La planta también incluye componentes industriales típicos, como cambiadores de calor, filtros o sistemas de calefacción. De este modo, se crea una situación industrial realista. El diseño de la planta requiere trabajar en espacios confinados, en altura o debajo de otros componentes. Esto proporciona al alumno un entorno realista como el que existe en las plantas industriales.

Ambas unidades son mecánica, hidráulica y eléctricamente independientes entre sí. Existen dos armarios de distribución independientes para las dos unidades. Cada unidad se maneja con su propia pantalla táctil.



Manejo con pantalla táctil



Al producto:



Como en todas las plantas piloto, los componentes industriales de alta calidad garantizan la máxima relevancia práctica y, por consiguiente, una preparación óptima de los alumnos para sus futuras actividades profesionales.



IUI Industrial Unit for Inspection

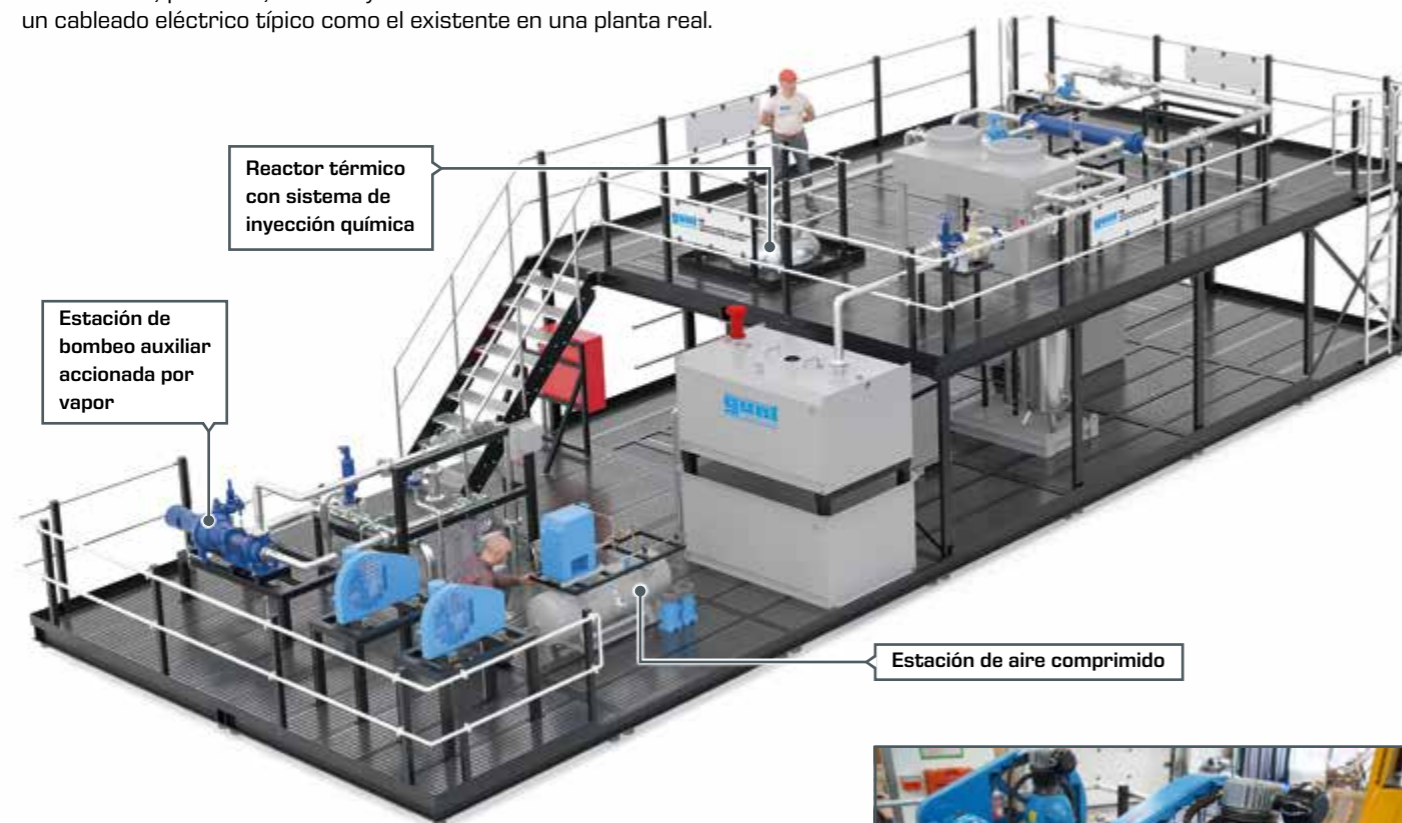
El conocimiento de los componentes industriales desempeña un papel importante en la formación de inspectores industriales. Para adquirir estos conocimientos, es muy útil practicar en plantas a escala real. Para ello, GUNT ha desarrollado una planta de demostración que contiene los componentes más importantes de una planta de ingeniería de procesos. Se ha procurado que todos los componentes utilizados puedan encontrarse también en un entorno real. Esto facilita que los alumnos se familiaricen con una planta de ingeniería de procesos típica, comprendan la función de los componentes individuales y las interrelaciones entre todos los componentes de una planta. La planta de demostración consta de tres partes:

- reactor térmico con sistema de inyección química
- estación de bombeo auxiliar accionada por vapor
- estación de aire comprimido

Todas estas piezas están interconectadas mediante tuberías y válvulas. Una multitud de componentes eléctricos como cables, interruptores, contactores, pantallas, fusibles y un armario de distribución muestran un cableado eléctrico típico como el existente en una planta real.



Reactor térmico con sistema de inyección química



Reactor térmico con sistema de inyección química

Estación de bombeo auxiliar accionada por vapor

Estación de aire comprimido



Estación de bombeo auxiliar accionada por vapor



Estación de aire comprimido

Al producto:



PPT Process Pump Trainer

En la industria petrolera, el petróleo crudo se extrae de un pozo y luego se bombea para su posterior procesamiento. En el entrenador de bombas de proceso (PPT), tres tipos diferentes de bombas funcionan en distintos modos y se comparan entre sí. El fluido de trabajo es una mezcla de aire, agua y aceite para simular el petróleo crudo. Tras pasar por la sección de bombas, el petróleo crudo sintético se divide en aceite, agua y aire por separación de fases y se mezcla de nuevo para garantizar una composición homogénea.

El entrenador consta de tres unidades de bombeo y una unidad de alimentación. Cada unidad de bombeo está equipada con dos bombas idénticas. Los tipos de bombas utilizados son:

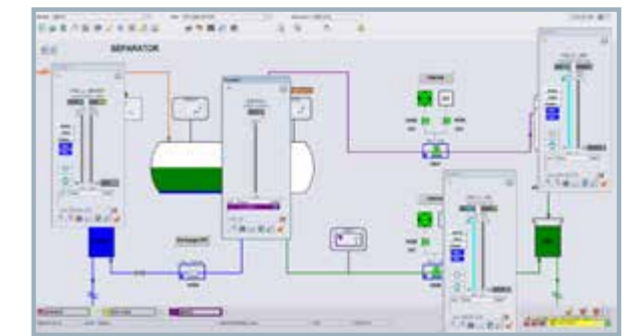
- unidad de bombeo 1: bombas centrífugas monocelulares
- unidad de bombeo 2: bombas centrífugas multietapa
- unidad de bombeo 3: bombas de doble tornillo multifásicas

La planta contiene cuatro caudalímetros diferentes y de alta calidad:

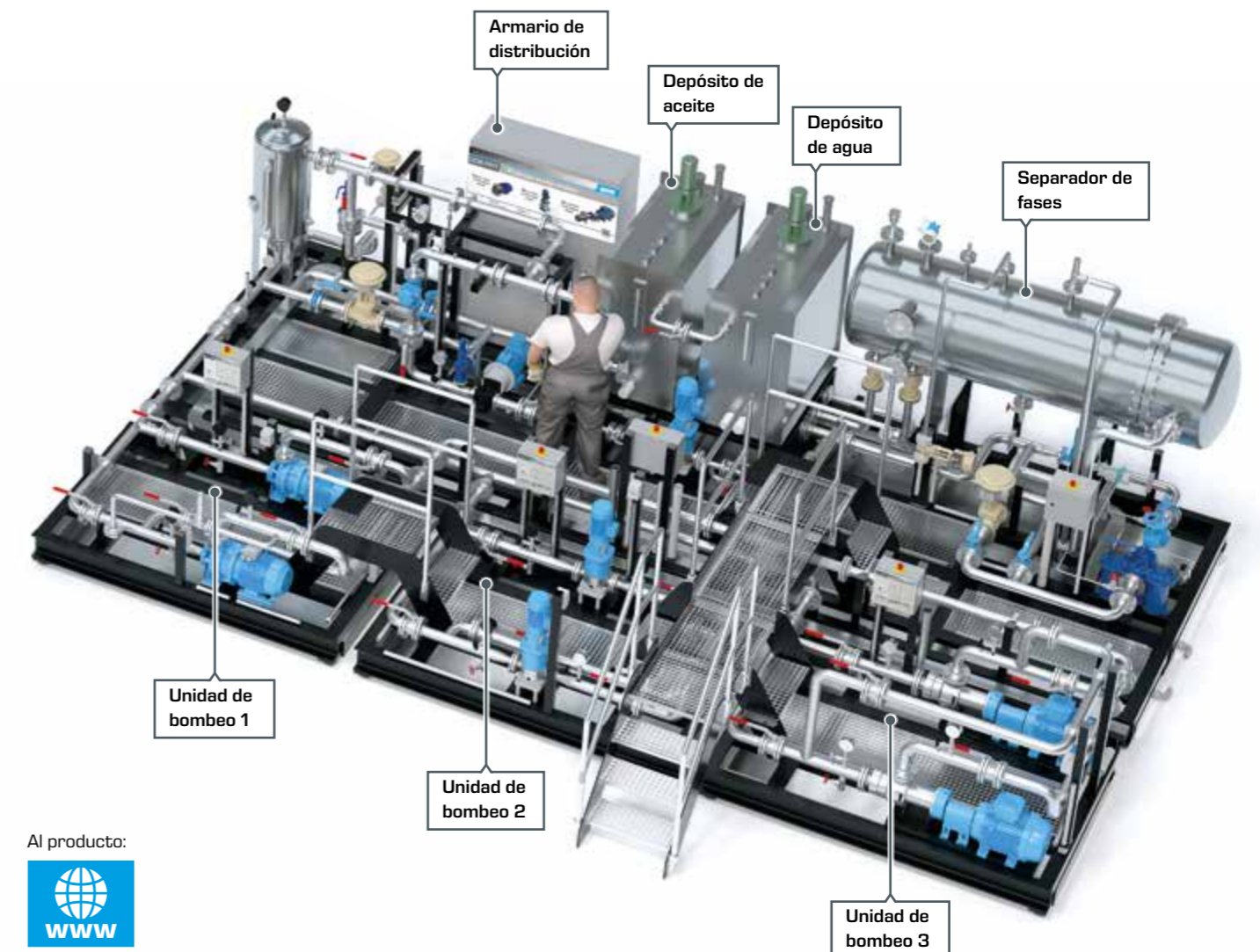
- caudalímetro Coriolis
- caudalímetro electromagnético
- caudalímetro de rueda ovalada
- caudalímetro másico térmico

Sistema de control de procesos

Para controlar la planta se utiliza el sistema de control de procesos **DeltaV™** de la empresa **Emerson Electric Co.** Este sistema de automatización es muy fácil de usar y se utiliza ampliamente en las industrias de procesos y energía. DeltaV™ dispone de modernas funciones de control y permite al usuario un control óptimo del sistema en todo momento.



Visualización del sistema de control de procesos DeltaV™



Armario de distribución

Depósito de aceite

Depósito de agua

Separador de fases

Unidad de bombeo 1

Unidad de bombeo 2

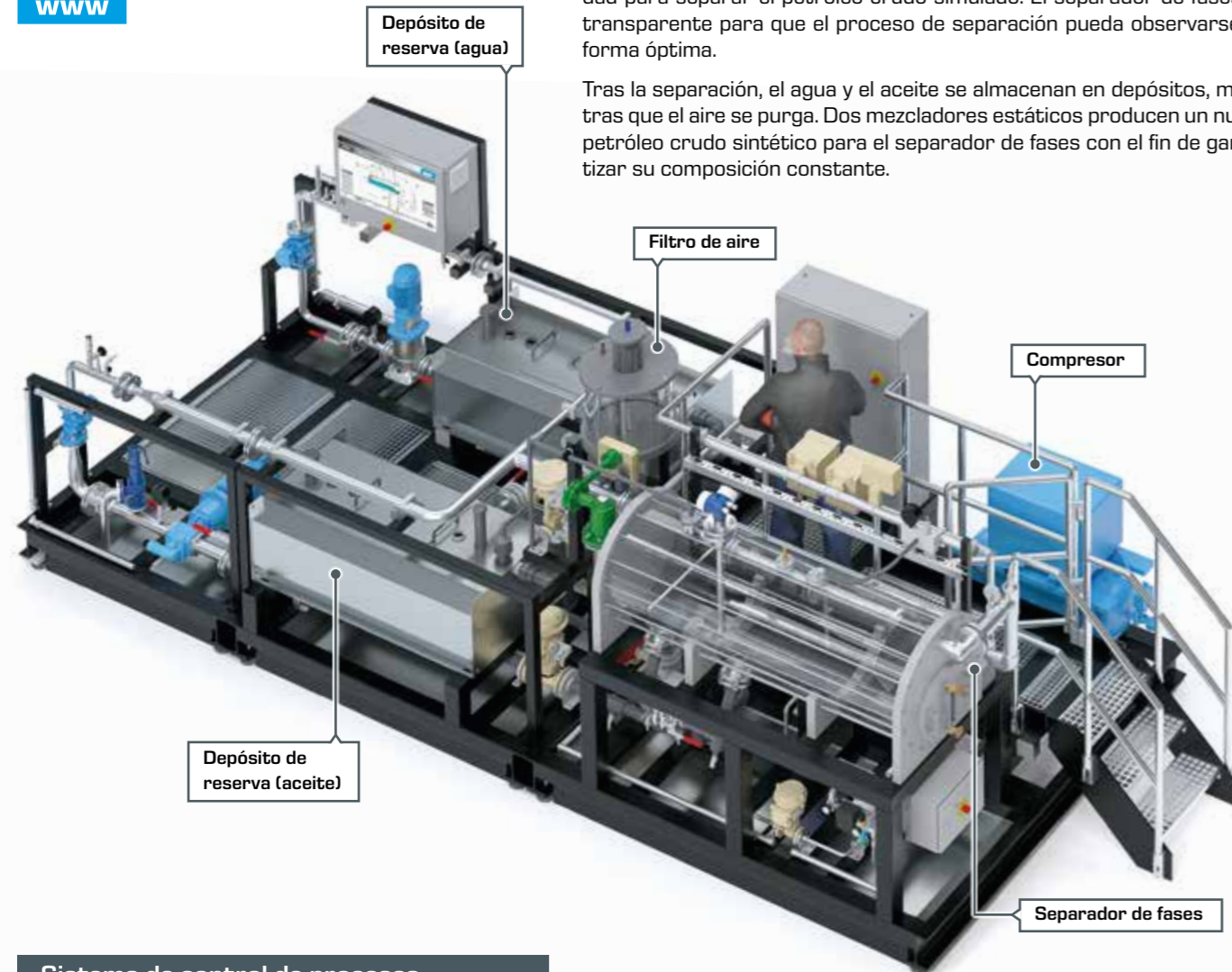
Unidad de bombeo 3

Al producto:



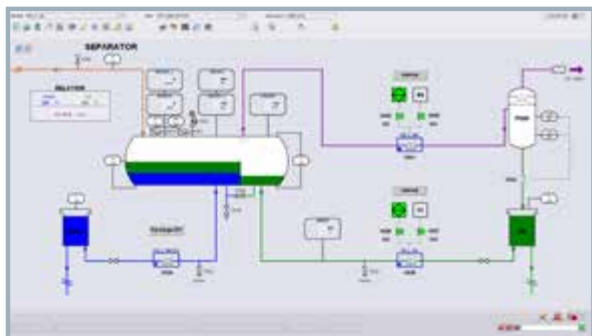
PST Phase Separation Trainer

Al producto:



Sistema de control de procesos

Para controlar la planta se utiliza el sistema de control de procesos **DeltaV™** de la empresa **Emerson Electric Co.** Este sistema de automatización es muy fácil de usar y se utiliza ampliamente en las industrias de procesos y energía.



Visualización del sistema de control de procesos DeltaV™

Esta planta demuestra la separación de petróleo crudo simulado en aire, agua y aceite. El componente principal de la planta es un separador de fases que utiliza una entrada en forma de vórtice y la fuerza de la gravedad para separar el petróleo crudo simulado. El separador de fases es transparente para que el proceso de separación pueda observarse de forma óptima.

Tras la separación, el agua y el aceite se almacenan en depósitos, mientras que el aire se purga. Dos mezcladores estáticos producen un nuevo petróleo crudo sintético para el separador de fases con el fin de garantizar su composición constante.



Separador de fases

WaXTOT Wellhead and Xmas-Tree Operation Trainer

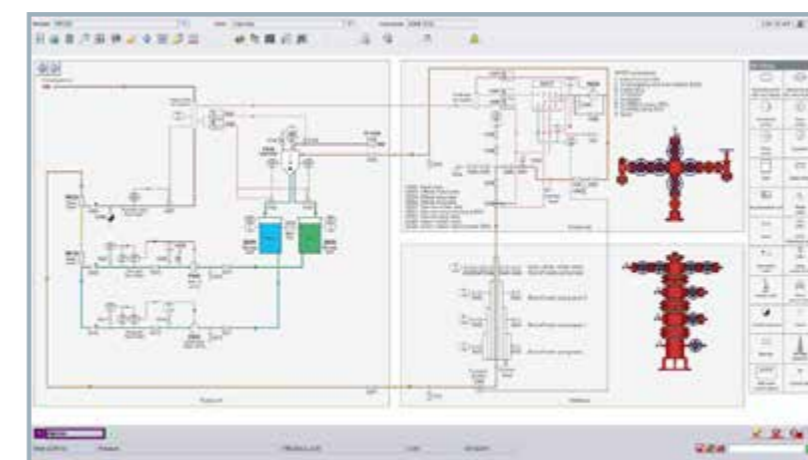
En la industria petrolera, el petróleo crudo se extrae de un pozo y luego se bombea para su posterior procesamiento. Una boca de pozo está instalada en la parte superior del pozo petrolero como interfaz entre el equipo de perforación y el equipo de producción. Junto a la boca del pozo se encuentra un árbol de Navidad ("Xmas tree") con válvulas, bobinas y robineterías para el procesamiento del petróleo.

En esta planta, se bombea un petróleo crudo simulado a través de una boca de pozo y un árbol de Navidad. A continuación, el petróleo crudo sintético se divide en aceite, agua y aire por separación de fases y se mezcla de nuevo para garantizar una composición homogénea.

El árbol de Navidad contiene las válvulas principales inferior y superior, las válvulas de mariposa y las válvulas de estrangulación para controlar el caudal. Para el control de las funciones de seguridad y el transporte se utiliza un panel habitual en el comercio. Para controlar la planta se utiliza el sistema de control de procesos **DeltaV™** de la empresa **Emerson Electric Co.** Este sistema es utilizado ampliamente en las industrias de procesos y energía.



Al producto:



Visualización del sistema de control de procesos DeltaV™



Boca de pozo y árbol de Navidad ("Xmas tree")

WaXTMT Wellhead and Xmas-Tree Maintenance Trainer

En la industria petrolera, el petróleo crudo se extrae de un pozo y luego se bombea para su posterior procesamiento. Una boca de pozo está instalada en la parte superior del pozo petrolero como interfaz entre el equipo de perforación y el equipo de producción. Junto a la boca del pozo se encuentra un árbol de Navidad ("Xmas tree") con válvulas, bobinas y robineterías para el procesamiento del petróleo.

WaXTMT muestra la estructura de una boca de pozo y un árbol de Navidad. La planta se utiliza para el montaje y desmontaje de la boca de pozo y el árbol de Navidad. No se bombean fluidos a través del entrenador. Las herramientas necesarias para el trabajo están incluidas.



Montaje y/o desmontaje de la boca del pozo y del árbol de Navidad ("Xmas tree")



Boca de pozo

Al producto:



ET 805 Steam power plant

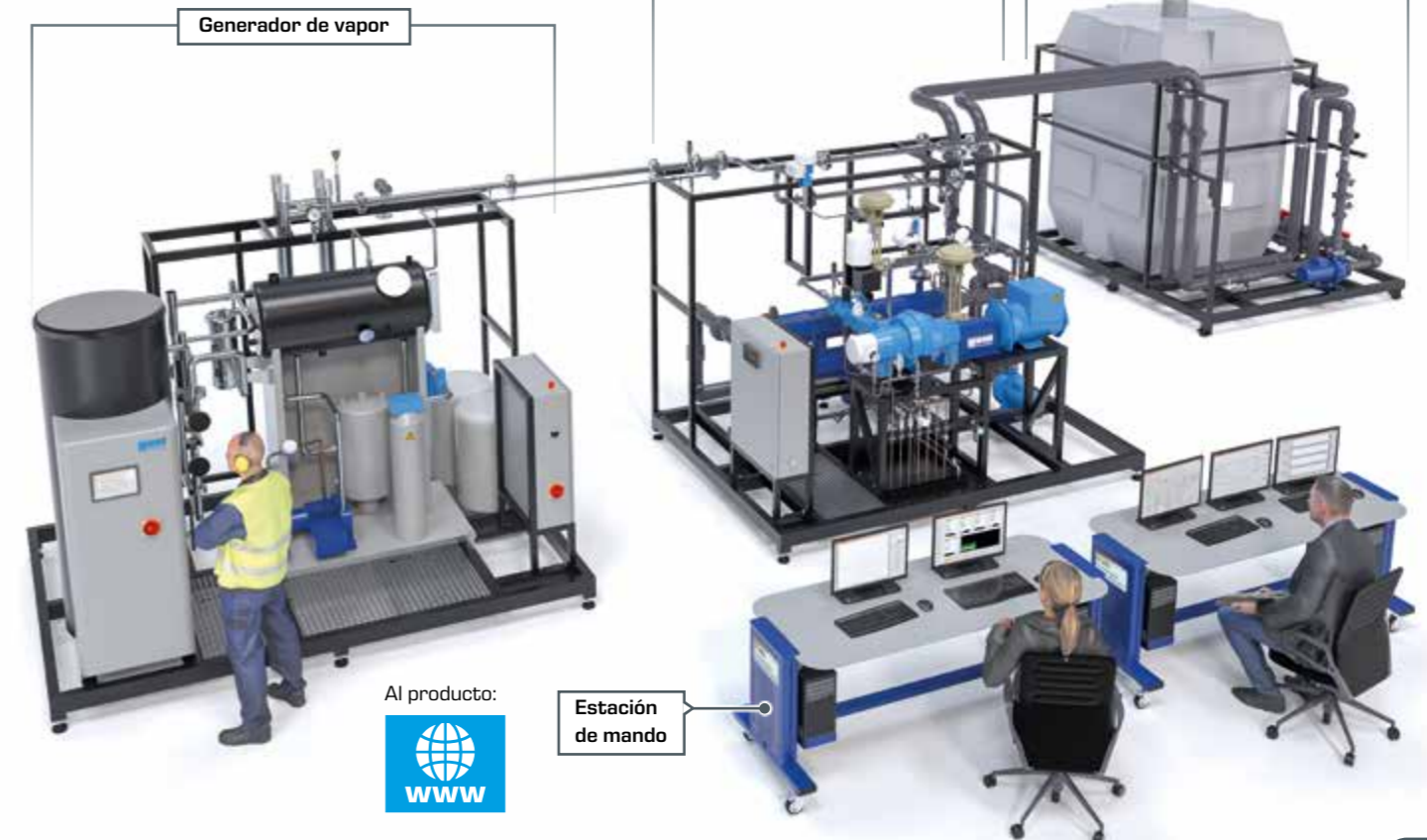
La central térmica de vapor ET 805 está especialmente diseñada para la educación y la formación en el campo de la tecnología de centrales eléctricas con sistema de control de procesos. Debido al tamaño y la complejidad de esta planta de ensayo, el comportamiento de funcionamiento corresponde en muchos aspectos al de las plantas reales de gran tamaño y permite, por tanto, una formación orientada a la práctica.

Todas las propiedades relevantes de una central térmica con turbina de vapor pueden investigarse con esta planta de ensayo. El sistema de control de procesos integrado permite a los estudiantes practicar el funcionamiento de una central energética automatizada. Todas las variables importantes para el proceso se muestran claramente en diagramas de proceso y se convierten en valores característicos.

La caldera de vapor puede funcionar tanto con aceite como con gas. El vapor sobrecalentado se alimenta a una turbina industrial de una etapa con regulación del número de revoluciones. Este vapor acciona un generador síncrono, que puede funcionar conectado a la red o de forma autosuficiente. El vapor de escape de la turbina se condensa y se reintegra en el circuito de agua de alimentación.

La central consta de cuatro módulos separados y puede adaptarse flexiblemente a las necesidades de espacio del laboratorio:

- Módulo 1: generador de vapor con tratamiento del agua de alimentación
- Módulo 2: turbina de vapor con generador y condensador
- Módulo 3: torre de refrigeración por vía húmeda
- Módulo 4: estación de control con sistema de control de procesos



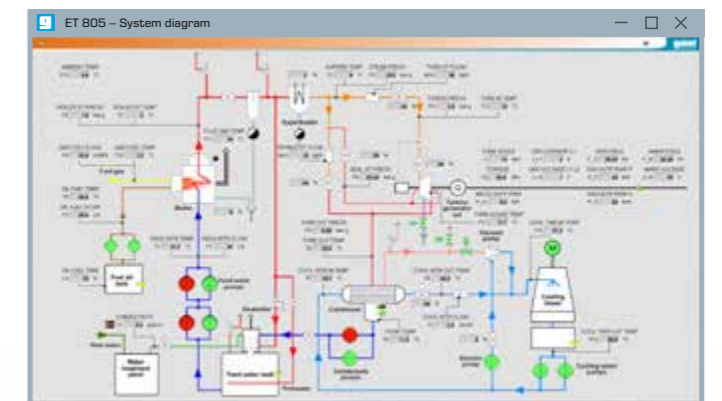
Al producto:



Sistema de control de procesos

A través del sistema de control de procesos se supervisa y controla completamente el funcionamiento de la central. El manejo se realiza a través de una moderna pantalla táctil en la sala de mando. Los valores de medición son enviados al sistema de control de procesos con controlador de lógica programable, y también son transmitidos a un ordenador para el registro de datos, donde son representados y evaluados con el software GUNT.

Un sistema de seguridad se encarga de desconectar los componentes afectados y de registrar los estados de fallo en caso de estados de funcionamiento críticos.



Captura de pantalla software

Todo el programa GUNT – equipos para la educación en ingeniería



Mecánica y diseño mecánico

- estática
- resistencia de materiales
- dinámica
- dinámica de máquinas
- diseño mecánico
- ensayo de materiales



Mecatrónica

- dibujo técnico
- modelos seccionados
- metrología
- elementos de máquinas
- tecnología de fabricación
- procesos de montaje
- mantenimiento
- diagnóstico de máquinas
- automatización e ingeniería de control de procesos



Ingeniería térmica

- fundamentos de la termodinámica
- aplicaciones termodinámicas en la ingeniería de suministro
- energías renovables
- máquinas fluidomecánicas térmicas
- refrigeración e ingeniería climática



Mecánica de fluidos

- flujos estacionarios
- flujos no estacionarios
- flujo alrededor de cuerpos
- máquinas fluidomecánicas
- elementos de sistemas de tuberías y de ingeniería de plantas
- ingeniería hidráulica



Ingeniería de procesos

- ingeniería de las operaciones básicas mecánicas
- ingeniería de procesos térmicos
- ingeniería de procesos químicos
- ingeniería de procesos biológicos
- plantas piloto



2E Energy & Environment

Energy

- energía solar
- energía hidráulica y energía marina
- energía eólica
- biomasa
- energía geotermia
- sistemas de energía
- eficiencia energética en edificaciones

Environment

- agua
- aire
- suelo
- residuos



Planificación y asesoramiento · Servicio técnico
Puesta en servicio y formación

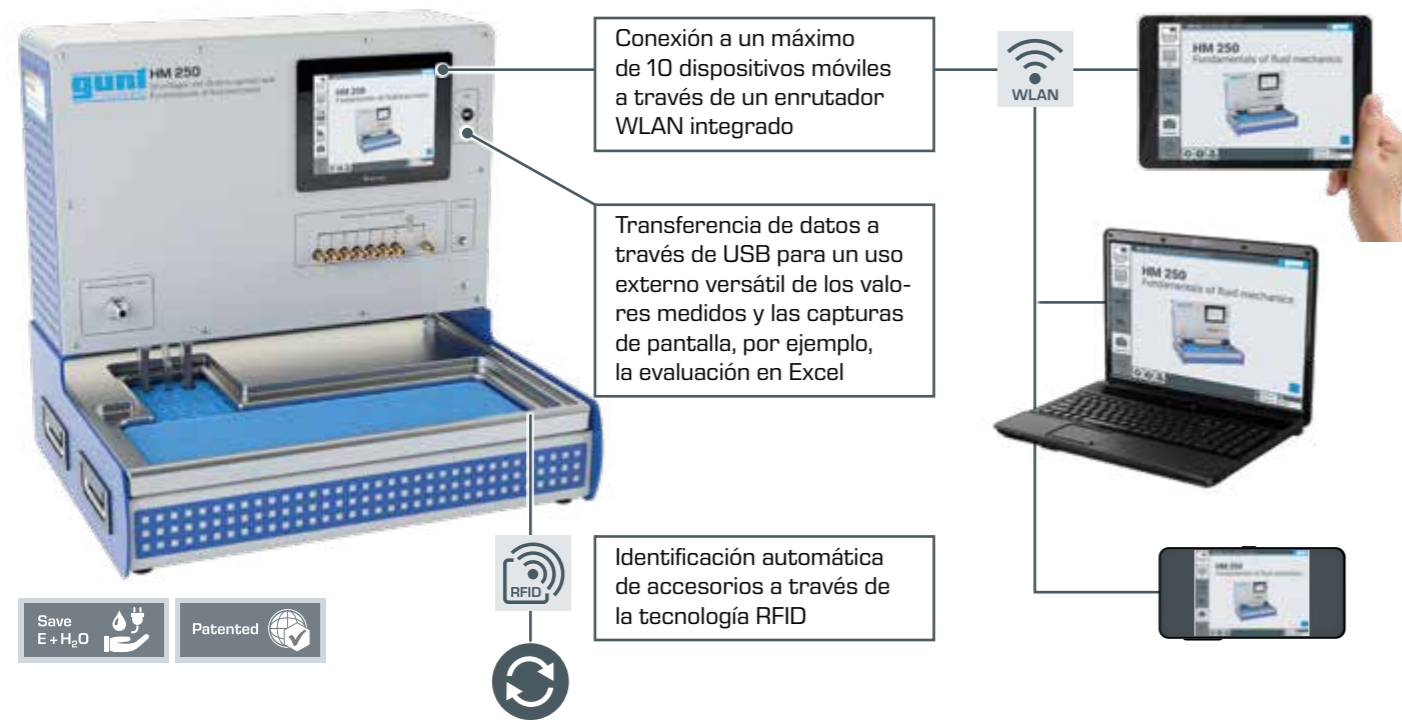
HM 250

Fundamentos de la mecánica de fluidos

El concepto de enseñanza-aprendizaje digital ofrece una interacción entre los experimentos reales y la enseñanza digital con la preparación, ejecución y evaluación de los experimentos. El módulo básico HM 250 proporciona el suministro básico en

cada caso. La tecnología de medición y la ingeniería de control, así como los sistemas de comunicación, también son proporcionados por el módulo básico.

HM 250 Módulo básico



Ensayos reales – medios digitales



Al producto:



Gracias al "screen mirroring", los estudiantes pueden seguir la preparación y ejecución de los experimentos en los dispositivos finales y mantener una distancia suficiente entre ellos.

La estantería de laboratorio HM 250.90 puede utilizarse para ahorrar espacio y para almacenar accesorios de forma práctica.

- ejecución de ensayos intuitivos a través de pantalla táctil
- control del equipo mediante PLC, manejo vía pantalla táctil o un dispositivo final
- un enrutador WLAN integrado para la operación y el control a través de un dispos. final y para "screen mirroring" con hasta 10 dispositivos finales: PC, tableta, smartphone

- identificación automática de accesorios a través de la tecnología RFID
- configuración automática del sistema, incluyendo el purgado de las secciones experimentales
- técnicas de ahorro de energía y agua, montaje que ahorra espacio

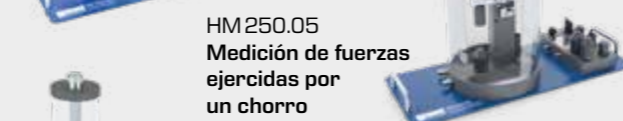
Flujo en tuberías

- flujo laminar / turbulento
- influencia del número de Reynolds sobre el perfil de flujo
- visualización de líneas de corriente con burbujas de hidrógeno generadas electrolíticamente



Leyes de hidrodinámica

- ecuación de continuidad y sus factores de influencia
- principio del momento lineal: experimentos con fuerzas ejercidas por un chorro
- trayectoria: estudio de trayectoria del chorro de agua
- principio de Bernoulli: relación entre la velocidad de flujo y su presión



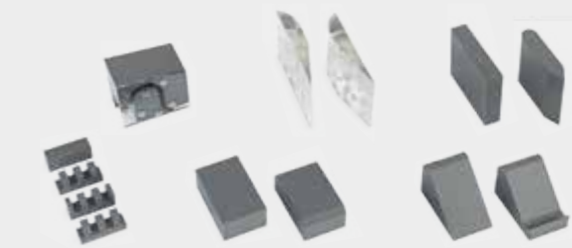
Pérdida por fricción en el flujo en tuberías

- coefic. de resistencia en varios elemento de tuberías
- relación entre el número de Reynolds y el coeficiente de fricción de la tubería
- aplicación del diagrama de Moody
- formación del flujo a lo largo de la sección de entrada



Flujo en canales abiertos

- niveles de energía del agua
- resalto hidráulico
- disipación de energía en un canal abierto



Distintos obstáculos magnéticos para demostrar el flujo

WL 110 Serie de equipos

Ensayos de fundamentos de la transferencia de calor



WL 110
Unidad de alimentación para cambiadores de calor

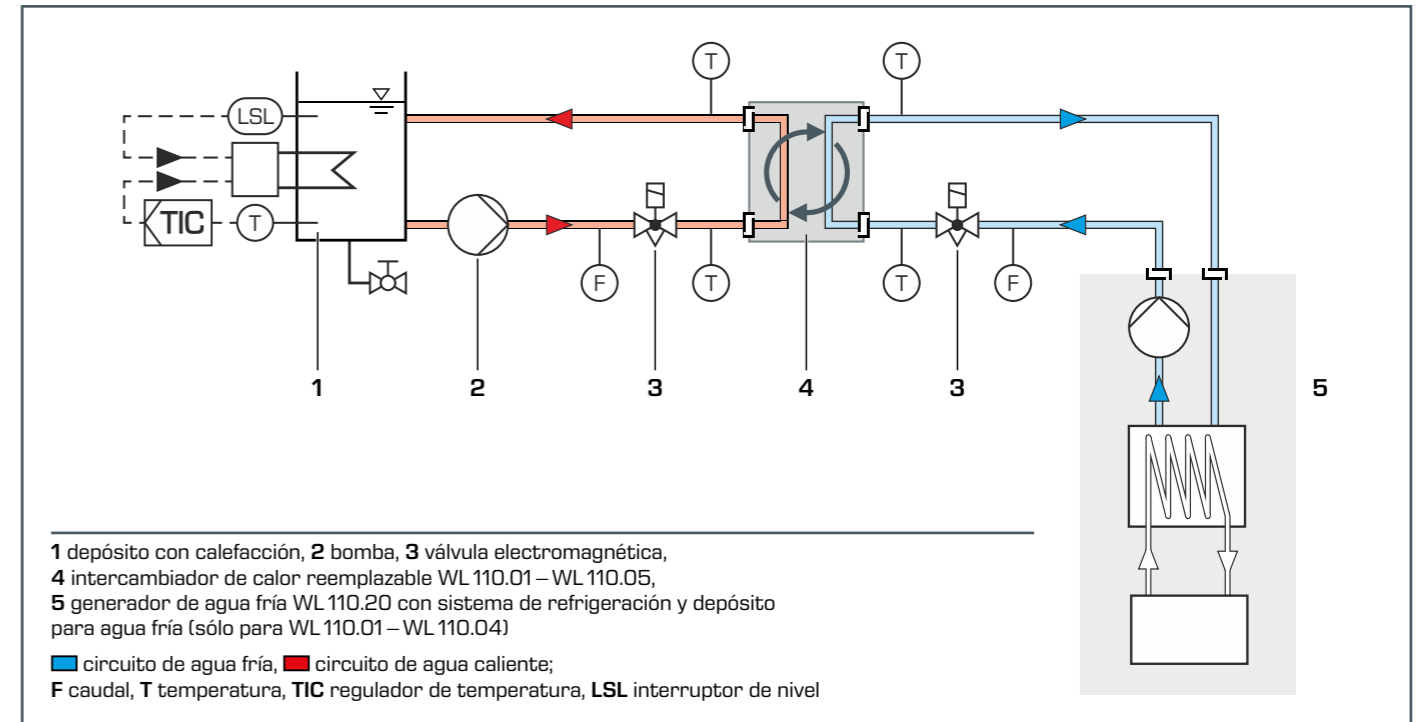
La unidad de suministro genera agua caliente. Todos los valores medidos se muestran en la pantalla táctil de la unidad y pueden transmitirse a través de una conexión LAN/WLAN.

WL 110.20
Generador de agua fría

Con el generador de agua fría pueden manejarse los cambiadores de calor con condiciones de ensayo apropiadas.



- reconocimiento automático de los accesorios mediante tecnología RFID
- tecnología de ahorro de energía y agua, diseño que ahorra espacio



Al producto:



WL 110.01
Cambiador de calor de tubos concéntricos

- diseño sencillo
- el tubo exterior transparente ofrece un espacio de flujo visible
- posibilidad de funcionamiento en flujo paralelo ou en flujo a contracorriente



WL 110.02
Cambiador de calor de placas

- diseño compacto
- posibilidad de funcionamiento en flujo paralelo ou en flujo a contracorriente



WL 110.03
Cambiador de calor de carcasa y tubos

- tubo de envoltura transparente
- flujo de medios en flujo paralelo cruzado y a contracorriente cruzado



WL 110.04
Depósito de agitación con doble camisa y serpentín

- calentamiento por camisa o por serpentín
- mecanismo de agitación para mezclar mejor el fluido



WL 110.05
Cambiador de calor de tubos de aletas

- transferencia de calor entre el agua y el aire en flujo cruzado
- aumento de la superficie de transferencia de calor a través de las aletas de los tubos

Índice

CE		
CE 100	Reactor tubular	154
CE 110	Difusión en líquidos y gases	132
CE 115	Fundamentos de la sedimentación	023
CE 116	Filtración de torta y de lecho profundo	043
CE 117	Flujo a través de estratos de partículas	044
CE 130	Secado por convección	090
CE 200	Propiedades de fluidez de materiales a granel	074
CE 210	Descarga de material a granel de silos	072
CE 220	Formación de lecho fluidizado	078
CE 222	Comparación de lechos fluidizados	080
CE 225	Hidrociclón	040
CE 235	Ciclón de gases	038
CE 245	Molino de bolas	059
CE 250	Transporte neumático	082
CE 255	Aglomeración por rodadura	068
CE 264	Tamizadora	016
CE 275	Separación neumática	014
CE 280	Separación magnética	018
CE 282	Centrifugadora de platos cónicos	036
CE 283	Filtro de tambor	048
CE 284	Filtro a vacío tipo nutcha	050
CE 285	Generador de suspensiones	052
CE 286	Filtro a presión tipo nutcha	051
CE 287	Filtro-prensa de placas y marcos	046
CE 310	Unidad de alimentación de reactores químicos	140
CE 310.01	Reactor continuo de mezcla perfecta	142
CE 310.02	Reactor tubular	144
CE 310.03	Reactores continuos de mezcla perfecta en serie	146
CE 310.04	Reactor discontinuo de mezcla perfecta	148
CE 310.05	Reactor de flujo émbolo	150
CE 310.06	Reactor de flujo laminar	152

CE 320	Agitación	062
CE 322	Reología y calidad de mezcla en un depósito de agitación	066
CE 380	Reactores catalíticos de lecho fijo	160
CE 380.01	Análisis por inyección en flujo	162
CE 400	Absorción de gases	108
CE 405	Absorción de película descendente	110
CE 520	Cristalización por enfriamiento	120
CE 530	Ósmosis inversa	122
CE 540	Secado del aire por adsorción	112
CE 579	Filtración profunda	056
CE 583	Adsorción	116
CE 584	Oxidación avanzada	168
CE 587	Flotación por aire disuelto	030
CE 588	Demostración de la flotación por aire disuelto	032
CE 600	Rectificación continua	098
CE 602	Rectificación discontinua	100
CE 610	Comparación de columnas de rectificación	102
CE 620	Extracción líquido-líquido	126
CE 630	Extracción sólido-líquido	128
CE 640	Producción biotecnológica de etanol	196
CE 642	Planta de biogás	200
CE 650	Planta de biodiésel	164
CE 701	Proceso de biopelícula	176
CE 702	Tratamiento anaerobio de aguas	190
CE 704	Proceso SBR	178
CE 705	Proceso de lodos activados	182
CE 715	Evaporación en película ascendente	092
CE 730	Reactor airlift	186

HM		
HM 142	Separación en tanques de sedimentación	026
HM 250	Fundamentos de la mecánica de fluidos	218
HM 250.01	Visualización de flujos en tuberías	218
HM 250.02	Medición del perfil de flujo	218
HM 250.03	Visualización de líneas de corriente	218
HM 250.04	Ecuación de continuidad	218
HM 250.05	Medición de fuerzas ejercidas por un chorro	218
HM 250.06	Descarga libre	218
HM 250.07	Principio de Bernoulli	218
HM 250.08	Pérdidas en elementos de tuberías	219
HM 250.09	Fundamentos de la fricción de tubo	219
HM 250.10	Desarrollo de presión a lo largo de la sección de entrada	219
HM 250.11	Canal abierto	219

MT		
MT 174	Planta de clasificación	017

WL		
WL 110	Unidad de alimentación para cambiadores de calor	220
WL 110.01	Cambiador de calor de tubos concéntricos	220
WL 110.02	Cambiador de calor de placas	220
WL 110.03	Cambiador de calor de carcasa y tubos	220
WL 110.04	Depósito de agitación con doble camisa y serpentín	221
WL 110.05	Cambiador de calor de tubos de aletas	221
WL 110.20	Generador de agua fría	220
WL 420	Conducción de calor en metales	222
WL 422	Conducción de calor en fluidos	222
WL 430	Conducción de calor y convección	222
WL 440	Convección libre y forzada	223
WL 460	Transferencia de calor por radiación	223

Plantas piloto		
ET 805	Steam power plant	215
IPP	Integrated Pilot Plant	204
IUI	Industrial Unit for Inspection	210
MMTS	Mechanical Maintenance Training Skid	208
MPTR	Main Process Training Rig	209
PPT	Process Pump Trainer	211
PST	Phase Separation Trainer	212
WaXTMT	Wellhead and Xmas-Tree Maintenance Trainer	214
WaXTOT	Wellhead and Xmas-Tree Operation Trainer	213



Contacto

G.U.N.T. Gerätebau GmbH

Hanskampring 15 -17

22885 Barsbüttel

Alemania

+49 40 6708 54 -0

sales@gunt.de

www.gunt.de



Visite nuestra
página web
www.gunt.de

