INTRODUCCION

La separación de mezclas en componentes escencialmente puros es de capital importancia en la fabricación de productos químicos .La mayor parte del equipo de una planta química típica tiene como fin la purificación de materias primas, productos intermedios y productos finales, mediante las operaciones de transferencia de materia.

Las operaciones de separación son procesos de transferencia de materia entre fases como ocurre en destilación, **absorción** y extracción.

La absorción es semejante a ala destilación, pero la transferencia se da solamente de la fase gaseosa a la fase liquida.

El proceso de absorción se emplea para retirar contaminantes de una corriente productos que pueden afectar a la especificación final o grado de pureza. Además la presencia de ciertas sustancias aunque sea en proporciones muy pequeñas puede afectar a las propiedades globales de un producto y puede ser que esto no interese en ningún sentido.

La absorción se emplea sobretodo para retirar los contaminantes gaseosos de una corriente de gas saliente de un proceso como resultado por ejemplo de una combustión. También se emplea para eliminar olores, humos y otros componentes tóxicos. Se pueden eliminar contaminantes de la corriente producto como: dióxido de azufre, sulfuro de hidrogeno, acido clorhídrico, oxido fluorhídrico, minas, mercaptanos, oxido de etileno, alcoholes, fenol, etc.

Actualmente estos procesos de absorción tradicionales se han modificado introduciendo reacciones químicas en la fase liquida, debido a que esto ayuda a la velocidad de absorción.

Las reacciones químicas consecutivas juegan un papel importante en la industria de procesos. Algunas aplicaciones industriales que se pueden citar son la remoción de compuestos ácidos de corrientes de gases industriales mediante soluciones de aminas (Kumar et al. 2002) y la cloración de compuestos orgánicos (Doraiswamy y Sharma,1984).

Los primeros estudios donde se consideraron reacciones consecutivas se limitaron a sistemas homogéneos. Sin embargo, en la industria estas reacciones

ocurren como procesos heterogéneos. Por lo tanto, ocurre un fenómeno adicional que da lugar a la transferencia de masa con reacciones químicas simultáneas.

Es por ello que el propósito de este trabajo es modelar y simular un proceso de absorción reactiva en un sistema heterogéneo (gas-liquido) donde ocurre transferencia de masa o reacciones químicas, y del cual se pretende analizar el efecto de las resistencias a la transferencia de masa en la fase gas.

2. GENERALIDADES

2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE ABSORCIÓN

La absorción de gases es una operación unitaria que consiste en poner en contacto una mezcla gaseosa con un liquido, denominado absorbente o disolvente, para disolver selectivamente uno o mas componentes, denominado soluto o absorbato, por transferencia de materia del gas al liquido.

Si el disolvente es una solución acuosa al absorbedor se le denomina también lavador.

Figura 1: Absorbedor



Fuente: Tesis de Modelamiento Matemático para diseño de Absorbedor.

3. CLASES DE ABSORCION

3.1 Absorción Física:

No existe reacción química entre el absorbente y el soluto, sucede cuando se utiliza agua o hidrocarburos como disolvente.

3.2 Absorción Química:

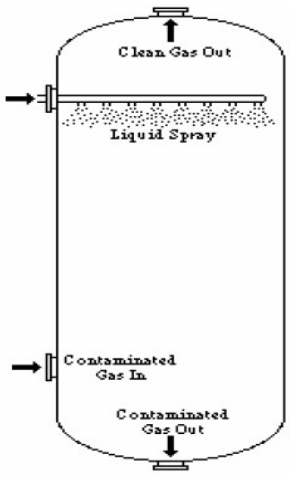
Se da una reacción química en la fase liquida, lo que ayuda a que aumente la velocidad de la absorción. Es muy útil para transformar los componentes nocivos o peligrosos presentes en el gas de entrada en productos inocuos. En décadas recientes, este proceso a llegado a ser especialmente importante para la purificación de gases con altos requerimientos de pureza. En contraste a la absorción física (proceso puramente físico y sin reacciones), la absorción reactiva es capaz de dar alta capacidad de solución, a presiones parciales moderadas y en cantidades pequeñas de solución.

4. TIPOS DE ABSORBEDORES

4.1 Torres de Spray o de rocio:

Se usan en operaciones a gran escala normalmente para eliminar algún contaminante de los gases de combustión de centrales térmicas (ver Figura2). Resultan aconsejables cuando se precisa una pérdida de carga baja y si existen partículas en la corriente de gas entrante. No suele haber relleno en su interior.

Figura 2: torre de spray o de rocio

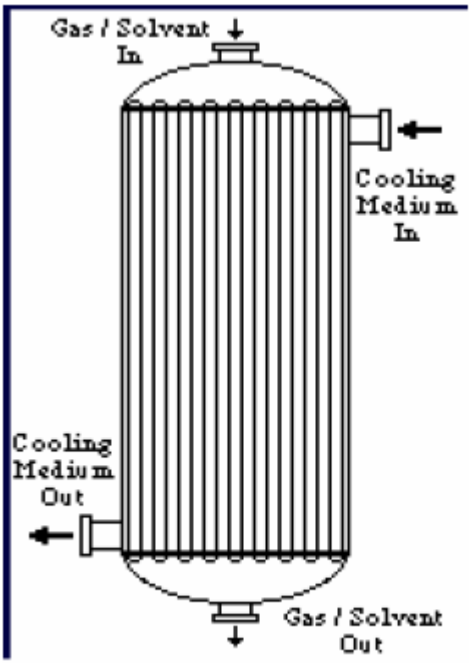


Fuente: Tesis de Modelamiento Matemático para diseño de Absorbedor

4.2 Absorbedores de película:

Son útiles en caso del que calor liberado por la absorción sea elevado , por lo que se emplea un intercambiador de calor cuya superficie debe ir pegada al liquido.

Figura 4: Absorbedor de película

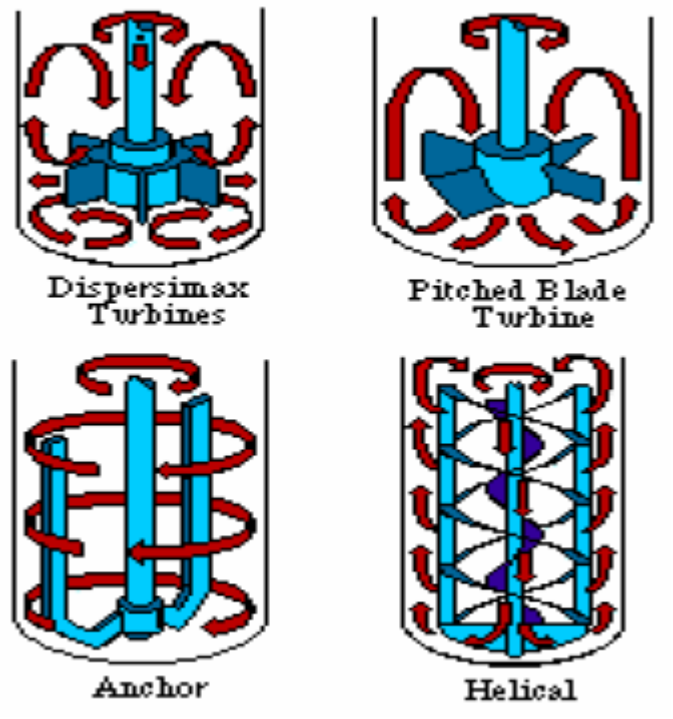


Fuente: Tesis de Modelamiento Matemático para diseño de Absorbedor

4.3 En Tanques agitados:

La agitación favorece la reacción química en fase liquida ya que se requieren largos tiempos de resistencias para que se produzcan la reacción, la absorción seria inviable en una columna.

Figura 5: En tanque agitados

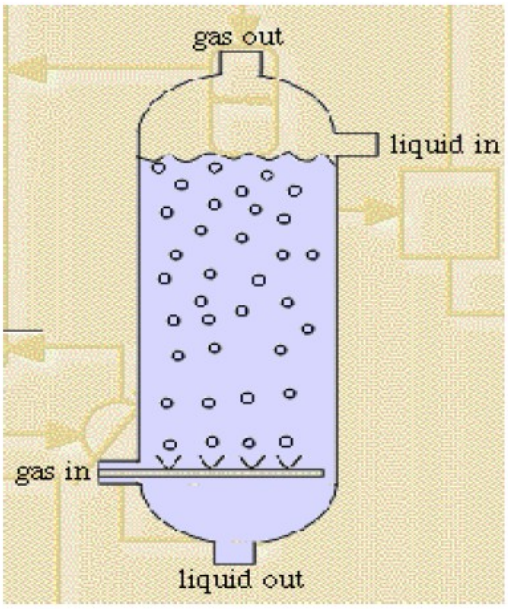


Fuente: Tesis de Modelamiento Matemático para diseño de Absorbedor

4.4 Columnas de burbujeo:

Consiste en una columna parcialmente llena de liquido a través de la cual burbujea el vapor (ver figura4) . No se suele utilizar salvo que el soluto tenga una solubilidad muy baja en el disolvente o que se requiera un gran tiempo de residencia para llevar a cabo la reacción.

Figura 6: Columnas de burbujeo



Fuente: Tesis de Modelamiento Matemático para diseño de Absorbedor

4.5 Contactores centrifugos:

Se trata de una serie de anillos concéntricos estacionarios que engranan en un segundo conjunto de anillos unidos a un plato giratorio. El líquido va pasando de un anillo a otro en sentido descendente mientras que el vapor se puede introducir bien por la parte superior o por la inferior según se desee tener flujo directo o en contracorriente.

5 SELECCIÓN O DISEÑO DE UN ABSORBEDOR

5.1 Velocidad de absorción:

La velocidad de absorción se expresa en cuatro formas diferentes utilizando coeficientes individuales o globales basados en la fase gaseosa o liquido. Para la mayor parte de los cálculos se utilizan coeficientes volumétricos debido a que es más difícil determinar los coeficientes por unidad de área, y

a que el propósito del calculo de diseño consiste por lo general en determinar el volumen total del absorbedor. En el tratamiento que sigue se omiten, para simplicar, los factores de corrosión para la difusión en una sola dirección , y se desprecian las variaciones de las velocidades del flujo del gas y el liquido. Las ecuaciones son estrictamente validas para gases diluidos, pero es posible emplearlas con poco error para mezclas con un contenido de hasta 10% de soluto.

El caso de la absorción a partir de gases ricos (con altas concentraciones) se trata mas adelante como un caso especial.

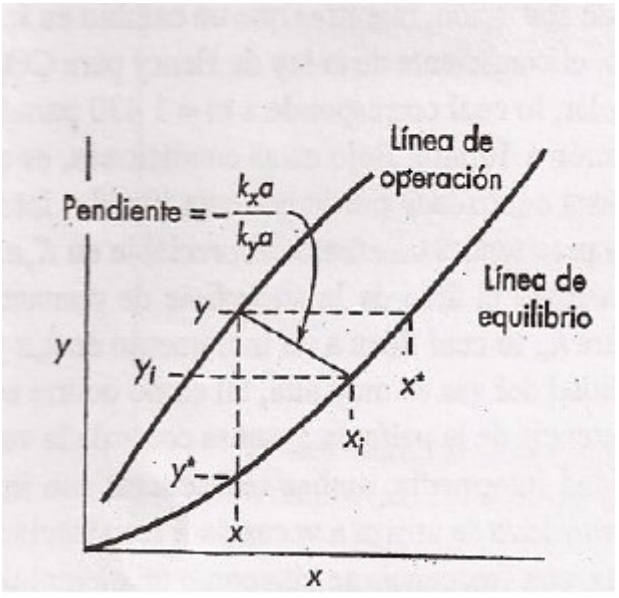
La velocidad de absorción por unidad de volumen de la columna empacada se determina por cualquiera de las siguientes ecuaciones, donde y y x se refiere a la fracción molar del componente que se absorbe:

$$r = kya\,(y - yi)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(a)$$

$$r = kxa(xi - x)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(b)$$

$$r = kya¿$$

Figura 7: Identificación de las composiciones en la superficie de contacto



Fuente :Ocon y Tojo

Los coeficientes individuales kya y kxa están basados en una unidad de volumen, como lo están por lo general los coeficientes globales kya y kxa . La

a en todos los coeficientes es el área de la superficie de contacto por unidad de volumen de la columna empacada en otro aparato .Es difícil medir o predecir a , pero en la mayoría de los casos resulta innecesario conocer el valor real , puesto que los cálculos del diseño se basan en los coeficientes volumétricos .

La composición de la superficie de contactos (yi,xi) se obtiene a partir del diagrama de la línea de operación mediante las ecuaciones (ay b):

$$\frac{y-yi}{xi-x}=\frac{kxa}{kya}\ldots\ldots\ldots(d)$$

Por tanto, una recta trazada desde la línea de operación con una pendiente – kxa/kya interceptaran a la línea de equilibrio en el punto (yi , xi) , tal como se indica en la figura d. Por lo general no se necesitan conocer las composiciones en la superficie de contacto ,pero estos valores se utilizan para los cálculos cuando intervienen gases ricos o cuando la línea de equilibrio presenta una curvatura pronunciada .

Las fuerzas impulsoras globales se determinan fácilmente como líneas verticales u horizontales en el diagrama yx. Los coeficientes globales se obtienen a partir de kya y kxa utilizando la pendiente local de la curva de equilibrio m.

$$\frac{1}{kya}=\frac{1}{kya}+\frac{m}{kxa}\ldots\ldots\ldots(e)$$

$$\frac{1}{kxa}=\frac{1}{kxa}+\frac{1}{mkya}\ldots\ldots(f)$$

En la ecuación (e) los términos l/(kya) y m(kxa) son las resistencias a la transferencia de masa en la película gaseosa y la película liquida , respectivamente .Cuando los coeficientes kya y kxa son del mismo orden de

magnitud , y m es mucho mayor que 1.0 , se dice que la resistencia de la película liquida esta controlada . Esto quiere decir qque cualquier cambio en kxa tiene un cercano efecto proporcional tanto en kya y kxa como en la velocidad de absorción , mientras que un cambio en kya solo tiene un pequeño efecto . Por ejemplo , el coeficiente de la Ley de Henry para CO2 en agua a 20°C es de 1430 atm /fracción molar , lo cual corresponde a m =1430 para la absorción a una atmosfera y m=143 para la absorción para 10 atmosferas . Bajo estas condiciones , es evidente que la absorción de CO2 en agua esta controlada por la película liquida . Incrementar la velocidad del gas , aumentara Kya pero tendrá un efecto despreciables en kya .Al aumentar la velocidad del liquido aumentara el área de la superficie de contacto a y probablemente también se incrementara kx , lo cual lleva a un incremente en Kxa y kya .

Cuando la solubilidad del gas es muy alta tal como ocurre con HCL en agua, m es muy pequeña y la resistencia de la película gaseosa controla la velocidad de absorción.

Con gases de solubilidad intermedia ambas resistencias son importantes, aunque el termino resistencia controlada se utiliza a veces para resistencias muy grandes. La absorción de amoniaco en agua , con frecuencia se cita como un ejemplo del control de la película gaseosa , puesto que la película gaseosa tiene de 80 a 90 % de la resistencia total.

5.2 PRESION DEL GAS ENTRANTE

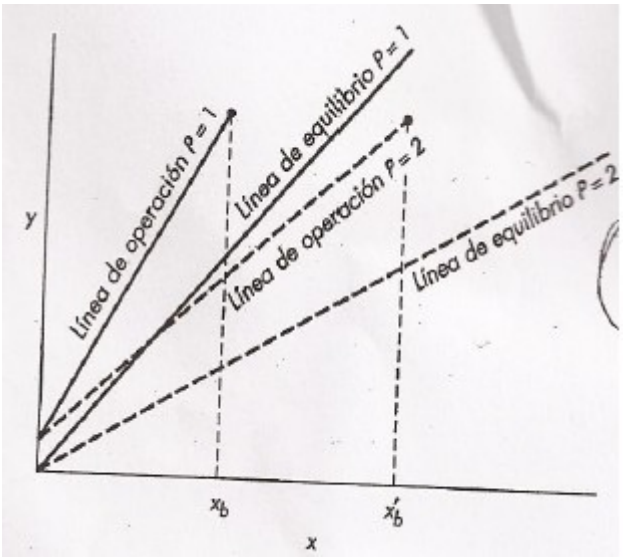
Las columnas de absorción con frecuencia son operadas bajo presión para incrementar la capacidad y elevar las velocidades de transferencia de masa. La presión parcial de equilibrio del soluto depende solo de la composición del líquido y de la temperatura, asi que la fracción mol de equilibrio en el gas varia inversamente con la presión total.

$$\frac{Pa}{P} = ya \ldots\ldots\ldots (g)$$

Si las velocidades de gas y liquido se mantienen constantes de modo que la línea de operación no cambie hacia una presión mayor se incrementa la fracción mol de la fuerza impulsora , tal como se muestra en la figura 1814 , y se reduce

el numero de unidades de transferencia. A mayor presión la velocidad minima del liquido es más pequeña, asi que la línea de operación podría cambiar para dar un producto más rico , como se indica en la línea de trazos discontinuos como se indica en la figura 1814 , y alrededor del mismo numero de unidades de transferencia que antes .

Figura 8: Efecto de la presión en la absorción



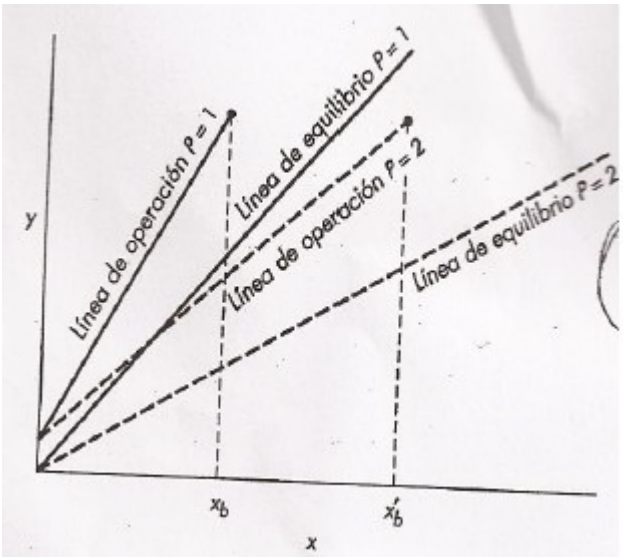
Fuente: Ocon y Tojo

5.3 VARIACION DE TEMPERATURA EN EL ABSORBEDOR

Cuando una torre de absorción se alimenta con un gas rico , la temperatura de la torre varia en forma preciable desde el fondo hasta la parte superior de la misma .El calor de absorción del soluto aumenta la temperatura de la solución ,

mientras que la evaporación del disolvente tiende a disminuir la temperatura . Es común que el efecto global es un aumento de temperatura del liquido , Pero a veces la temperatura pasa por un máximo cerca del fondo de la columna . La forma del perfil de temperatura depende de las velocidades de absorción de los solutos , de la evaporación o condensación del solvente y de la transferencia de calor entre las fases . Para obtener los perfiles exactos de temperatura del liquido y del gas es preciso realizar varios cálculos.

Figura 9: perfiles de temperatura y líneas de absorción adiabática



Fuente: Ocon yTojo

5.4 ELECCION DEL DISOLVENTE

Si el propósito principal de la operación de absorción es producir una solución específica, el disolvente es especificado por la naturaleza del producto. Si el

propósito principal es eliminar algún componente del gas, casi siempre existe la posibilidad de elección. Por supuesto, el agua es el disolvente más barato y más completo, pero debe darse considerable importancia a las siguientes propiedades:

- Solubilidad del gas. La solubilidad del gas debe ser elevada, a fin de aumentar la rapidez de la absorción y disminuir la cantidad requerida de disolvente. En general, los disolventes de naturaleza química similar a la del soluto que se va a absorber proporcionan una buena solubilidad. Para los casos en que son ideales las soluciones formadas, la solubilidad del gas es la misma, en fracciones mol, para todos los disolventes. Sin embargo, es mayor, en fracciones peso, para los disolventes de bajo peso molecular y deben utilizarse pesos menores de estos disolventes. Con frecuencia, la reacción química del disolvente con el soluto produce una solubilidad elevada del gas; empero, si se quiere recuperar el disolvente para volverlo a utilizar, la reacción debe ser reversible.
- Volatilidad. El disolvente debe tener una presión baja de vapor, puesto que el gas saliente en una operación de absorción generalmente está saturado con el disolvente y en consecuencia, puede perderse una gran cantidad. Si es necesario, puede utilizarse un líquido menos volátil para recuperar la parte evaporada del primer disolvente.
- Corrosión. Los materiales de construcción que se necesitan para el equipo no deben ser raros o costosos.
- Costo. El disolvente debe ser barato, de forma que las pérdidas no sean costosas, y debe obtenerse fácilmente.
- Viscosidad. Se prefiere la viscosidad baja debido a la rapidez en la absorción, mejores características en la inundación de las torres de absorción, bajas caídas de presión en el bombeo y buenas características de transferencia de calor.
- Otros. Si es posible, el disolvente no debe ser tóxico, ni inflamable, debe ser estable químicamente y tener un punto bajo de congelamiento.

5.5 TIPO DE ABSORBEDOR

5.5.1 Columna de absorción de gas de pared húmeda CES

Las columnas de pared húmeda pueden utilizarse para determinar coeficientes de transferencia de masa gas/líquido, esencial a la hora de calcular el diseño de las torres de absorción. Dichos coeficientes forman la base de las

correlaciones usadas para desarrollar torres de relleno. El CES examina la absorción en agua desoxigenada (preparada por aspersión de nitrógeno) de oxígeno del aire. Éste es un ejemplo de absorción controlada por película líquida. Puede determinarse el coeficiente de transferencia de masa de película líquida para diversos caudales másicos de agua.

- **Posibilidades de demostración**

1. Cálculo de coeficientes de transferencia de masa de película líquida
2. Variación de coeficiente con el caudal másico
3. Variación del caudal de oxígeno para determinar la relación de ley de potencia

- **Experimentos típicos**

El sistema elegido para el experimento es la absorción de oxígeno en agua libre de oxígeno. En este sistema, la solubilidad y la entalpía de solución son pequeñas, y al saturar el aire de entrada con agua, se eliminan los efectos de humidificación. De esta forma, es posible mantener condiciones razonablemente isotérmicas en toda la columna.

El procedimiento experimental permite calcular una relación de ley de potencia y la comparación de ésta con las relaciones publicadas, tales como: para diversos caudales de oxígeno (en forma de aire) es posible determinar una ley de potencia y compararla con los valores publicados.

Para trazar el gráfico, los estudiantes deben calcular coeficientes de diferencia de concentración media logarítmica, de flujo másico y de transferencia de masa. También puede realizarse un análisis de errores completo.

- **Descripción del Equipo**

Los componentes del sistema están montados en un bastidor de suelo de acero pintado.

La columna de pared mojada es una columna de vidrio con secciones de entrada y salida de agua, y está montada sobre cardanes con el fin de asegurar su verticalidad.

La columna de desoxigenación tiene un tamaño global similar al de la columna de pared mojada, y está situada en posición vertical junto a aquélla. Al lado de las columnas hay una consola de control con caudalímetros, controles de bomba y analizador de oxígeno. Entre las columnas hay dos alojamientos especiales, que contienen las sondas de análisis de oxígeno que monitorizan el contenido de oxígeno en el agua que entra y sale de la columna deabsorción. El aparato utiliza como medio de trabajo agua, contenida en un tanque de almacenamiento en la parte de atrás de la unidad. Las bombas que suministran agua al desoxigenador y la columna de absorción están situadas en la base de la unidad.

Durante la operación, el agua es asperjada con nitrógeno en el desoxigenador antes de entrar por la parte superior de la columna de pared mojada. Una bomba de aire integral tipo diafragma bombea aire en la base de la columna. El aire asciende por la columna, entregando el oxígeno al agua.

El oxígeno disuelto en la entrada y la salida puede medirse en rápida sucesión. El agua se drena al tanque de almacenamiento para su reciclaje al desoxigenador.

Figura 10: Experimentos tipicos



Fuente: Columnas de absorción –Trabajo de UNAC

- **Especificaciones tipo Pliego**

La unidad se utiliza para experimentos de coeficientes de transferencia de masa de película líquida y variaciones del coeficiente con el caudal másico. En segundo lugar, el estudio de la absorción de oxígeno del aire en agua desoxigenada. El aparato consta de una columna de pared mojada de vidrio y otra, independiente, de desoxigenación, de material acrílico. El equipo incluye un tanque de almacenamiento de agua, bombas de alimentación (2), analizador de oxígeno y bomba de aire.

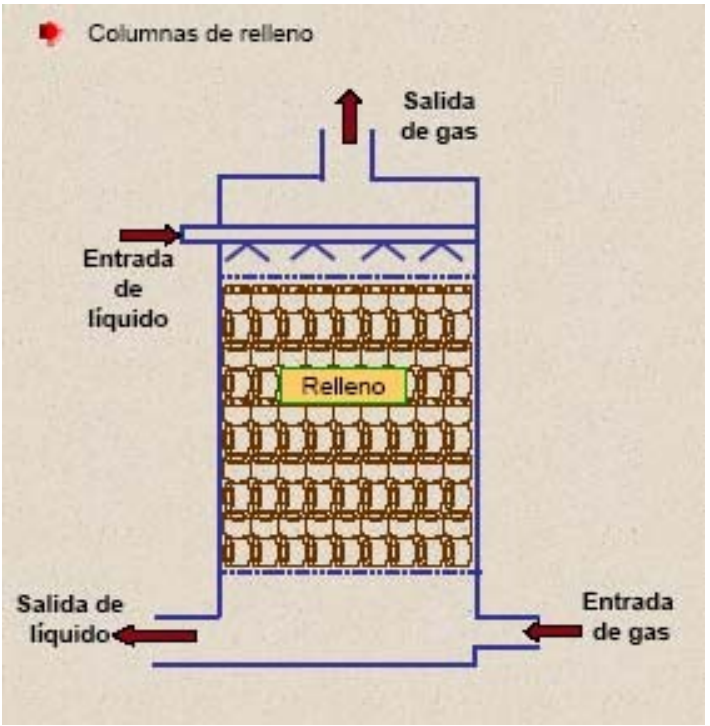
5.5.2.-Columna de absorción de relleno

La columna de absorción de relleno está construida está rellenada de anillos Raschig de 10mm x10mm, también de vidrio, que son representativos del tipo de relleno usado para la absorción de gas. El líquido usado en el proceso se almacena en un tanque de alimentación rectangular de y se utiliza una bomba centrífuga para suministrar el líquido a la cabeza de la columna, desde donde desciende por el relleno y vuelve al tanque. Un medidor de flujo de área variable instalado en la línea de recirculación da una lectura directa del caudal.

El gas a absorber es extraído de un cilindro presurizado (no suministrado), colocado junto a la columna. Este gas pasa a través de un medidor de flujo de área variable calibrado, y se mezcla con un flujo de aire, también de caudal conocido, que proviene de un compresor giratorio situado en el bastidor. La relación de gas a aire de la mezcla que entra en la columna es por tanto conocida y es fácilmente variable. La mezcla de gas entra por el fondo de la columna, asciende a través del lecho denso y se contrae en contracorriente con el líquido que desciende por la columna.

Unos puntos de muestreo de presión en la base, el centro y la cabeza de la columna permiten registrar la caída de presión en la columna usando manómetros. Estos puntos de muestreo también ofrecen un medio para extraer muestras de gas de la columna.

Figura 11: Columna de relleno

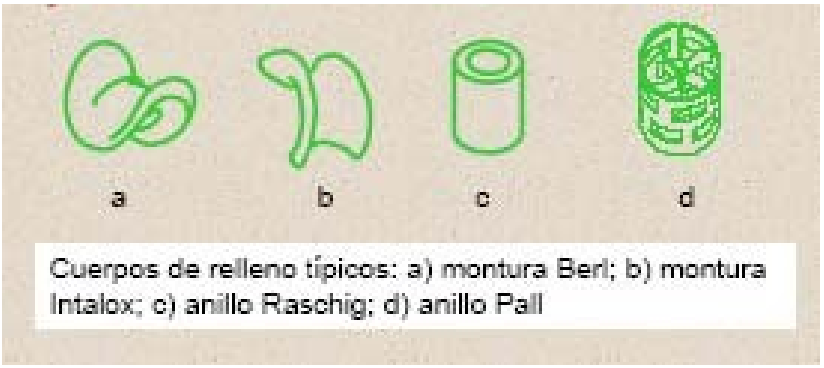


Fuente: Columnas de Absorción – Trabajo UNAC

- **Distribución del relleno**

1. Al azar: tamaño < 3 pulgadas (2,54 cm) (< 1” se usan en laboratorio)
2. Ordenados: entre 2 y 8 pulgadas

Figura 12:Cuerpos de rellenos tipicos



Cuerpos de relleno típicos: a) montura Berl; b) montura Intalox; c) anillo Raschig; d) anillo Pall

Fuente: Columnas de Relleno para la industria química

- **Características de los rellenos de columnas de absorción**

1. Químicamente inerte frente a los fluidos de la torre.
2. Resistente mecánicamente sin tener un peso excesivo.
3. Tener pasos adecuados para ambas corrientes sin excesiva retención de líquido o caída de presión.
4. Proporcionar un buen contacto entre el líquido y el gas.
5. Coste razonable

- **Materiales**

Baratos, inertes y ligeros: Arcilla, porcelana, plásticos, acero, aluminio
Unidades de relleno huecas, que garantizan la porosidad del lecho y el paso de los fluidos

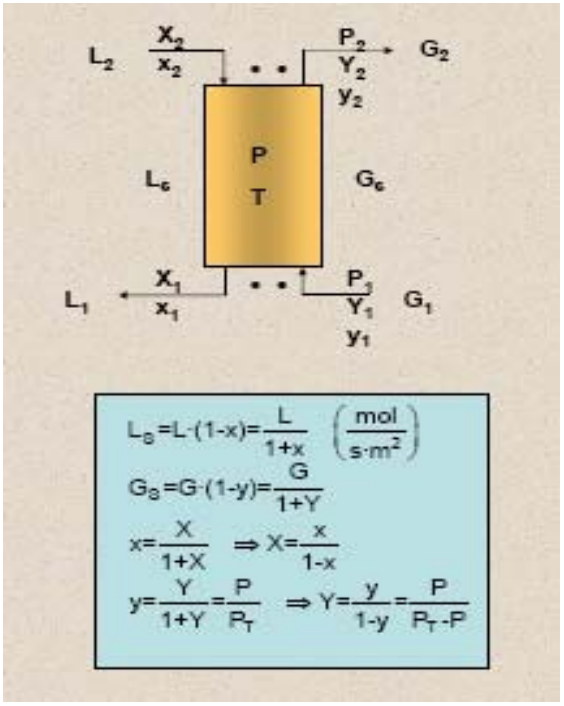
- **Objetivo del diseño**

1. Conseguir el máximo de transferencia de componentes con el mínimo consumo de energía y de tamaño de columna, es decir, con el mínimo coste.
2. El diámetro de la columna
3. Los caudales de las dos fases
4. El tipo de relleno.

- **Datos de diseño que son conocidos normalmente:**

Condiciones de operación de la columna: P y T Composición de las corrientes de entrada Composición del gas a la salida (fin perseguido) Circulación en contracorriente

Figura 12: Corrientes de Composición



Fuente: Columnas de Absorción – Trabajo UNAC

Figura 12

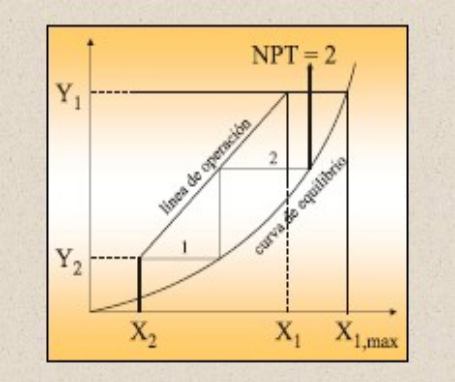


Figura 13

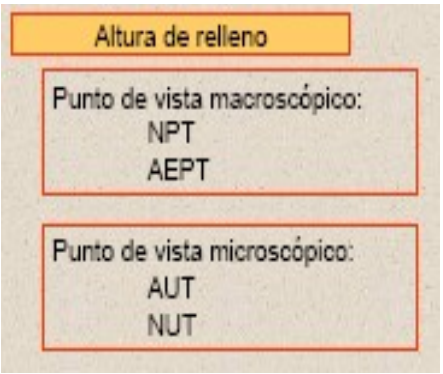
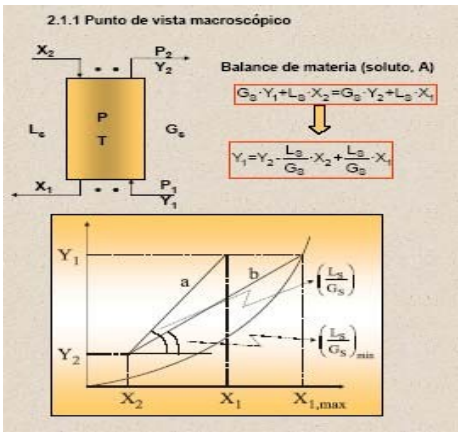


Figura 14



5.6 ALTURA DEL ABSORBEDOR

Es factible diseñar un absorbedor utilizando cualquiera de las cuatro ecuaciones básicas de velocidad, pero a menudo se emplean los coeficientes de la película gaseosa y aquí se enfatizara el uso de kya . Si se elige el coeficiente de la película gaseosa no se requiere hacer ninguna suposición acerca de la resistencia controlada. Aun si la película gaseosa es la que se controla, un diseño basado en kya es mas simple y exacto que uno basado kxa.

Considera la columna empacada que se muestra en la figura 15 . La sección transversal es S , y el volumen diferencial en la altura dZ es SdZ . Si el cambio en la velocidad del flujo molar V es despreciable como la cantidad absorbida en la sección dZ es –Vdy , que es igual a la velocidad de absorción multiplicada por el volumen diferencial .

$-Vdy=kya¿$.....(h)

Esta ecuación se reordena para su integración, agrupando los factores constantes V , S y Kya con dZ invirtiendo los limites de integración para eliminar el signo negativo.

$$\frac{KyaS}{V}\int dZ=\frac{KyaSZt}{V}=\int_{A}^{B}\frac{dy}{y-y*¿}.....(i)¿$$

El lado derecho de la ecuación i puede integrarse directamente en algunos casos, o determinarse en forma numérica.

5.7 FUNCIONAMIENTO DEL ABSORBEDOR

En una torre de absorción la corriente de gas entrante a la columna circula en contracorriente con el líquido. El gas asciende como consecuencia de la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la columna .El contacto entre las fases produce la transferencia del soluto de la fase gaseosa a la fase liquida ,debido a que el soluto presenta una mayor afinidad por el disolvente .Se busca que este contacto entre ambas corrientes sea el máximo posible, asi como que el tiempo de residencia sea suficiente para que el soluto pueda pasar en su mayor parte de una fase a otra.

Para favorecer el proceso de absorción es preciso en principio que la presión de operación de la columna sea alta y que la temperatura no sea muy elevada .Sin embargo en la practica debido a que la compresión y la refrigeración son bastante costosos, lo que se hace es operar a la presión de operación (normalmente mayor que la presión atmosférica) y a temperatura ambiente.

Lo contrario ocurre para la desorción o stripping donde la temperatura debe ser alta y la presión debe ser baja .Pero como el mantenimiento de una columna a vacio es caro , se suele optar por operar los strippers a una presión ligeramente superior a la atmosférica y la temperatura no debe exceder aquellos valores que den lugar a reacciones químicas indeseables .

En todo proceso de separación que implica el contacto entre 2 fases existe una cierta resistencia a la transferencia de materia por parte de cada fase.

Sin embargo y de acuerdo con la teoría de la doble película de Whitman, se supone que la interfase entre 2 fases fluidas no ofrece ninguna resistencia adicional a la transferencia de materia y que las fases se encuentran en equilibrio en la interfase .Esta teoría es aplicable tanto para flujo laminar o turbulento, aunque la suposición de equilibrio en la interfase no puede hacerse cuando las velocidades de transferencia de materia son muy elevadas o si se acumulan espumas en la interfase.

6. APLICACIONES

- **Separación de los líquidos contenidos en el gas natural :**

Los líquidos procedentes del gas natural (NGLs) son hidrocarburos líquidos que se recuperan de los gases del gas natural en plantas de proceso. Estos hidrocarburos incluyen: etano, propano, butanos, pentanos y otros componentes mas pesados . Estos líquidos procedentes del gas natural se suelen emplear como alimentación de plantas petroquímicas y se comercializan como productos

líquidos separadamente del gas . Para separar los líquidos del gas se siguen distintas técnicas entre las que se incluyen el siguiente proceso.

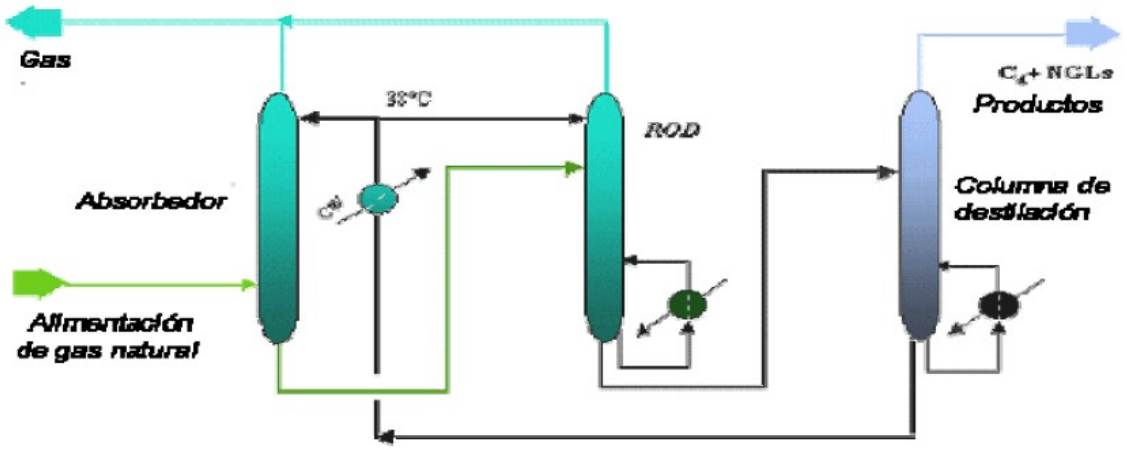


Figura. 6 Esquema para el proceso de Absorción de aceite de petróleo

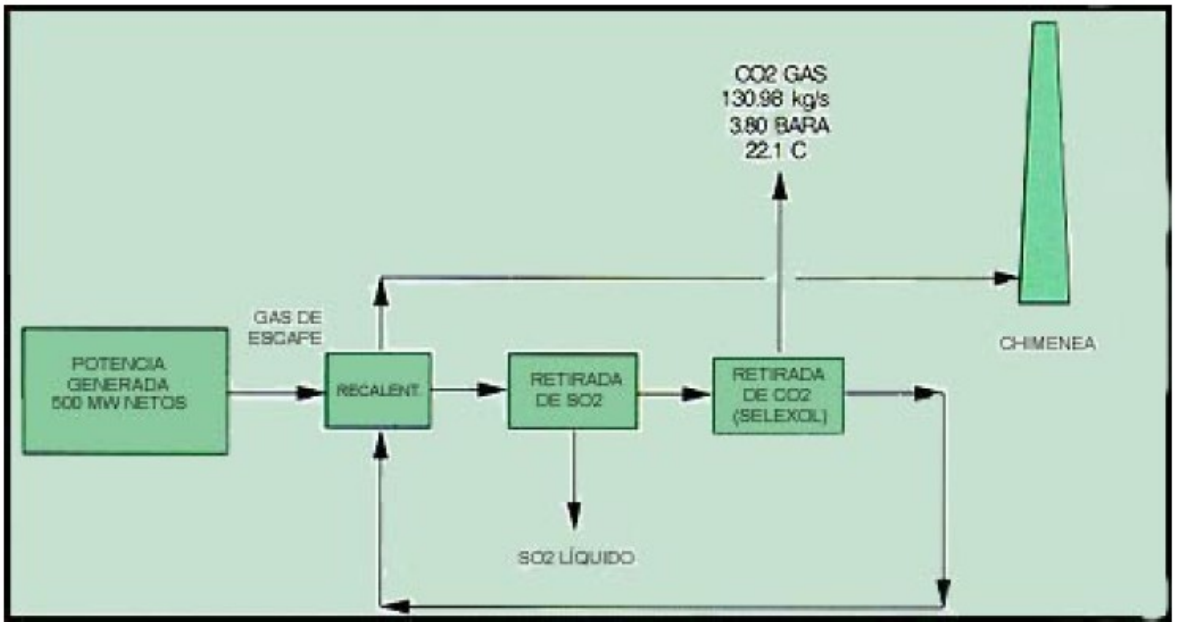
En este proceso el gas natural se pone en contacto con el disolvente con el aceite de petróleo en una columna de absorción a temperatura atmosférica. Del fondo de la columna sale el aceite enriquecido que va a una columna despropanizadora de aceite enriquecido (ROD) que separa el propano y los componentes mas ligeros se devuelven de la corriente gaseosa .El resto del aceite enriquecido es conducido a una columna de fraccionamiento donde se recupera por cabeza los líquidos del gas natural y por fondo se obtiene el aceite que se recicla al absorbedor.

- **ELIMINACION DE SO2**

Una de las aplicaciones más importantes del proceso de absorción se encuentra en las centrales térmicas para eliminar los contaminantes de la corriente gaseosa de salida, principalmente el SO2 y CO2.

Para conseguir la absorción del dióxido de azufre de los gases de escape de una combustión se pueden usar numerosos agentes de absorción como entre ellos cal, piedra caliza, oxido de magnesio, soda, agua de mar o álcalis dobles.

Posteriormente se puede proceder a la recuperación del dióxido de azufre o del acido sulfúrico, o bien fabricar yeso a partir del producto de desecho.



El dióxido de azufre se emplea en la fabricación de acido sulfúrico. El proceso consiste en una oxidación del dióxido para transformarlo a trióxido, Este se absorbe después en agua para dar lugar al acido . Se debe procurar que la operación de absorción sea lo mas eficiente posible para evitar las emisiones de oxido sulfúrico.

Así mismo se emplea la absorción en la depuración del gas de síntesis . Es necesario eliminar de la corriente producto del gas de síntesis los compuestos sulfurados (sulfuro de hidrogeno y sulfuro de carbonilo) y el dióxido de carbono presente . La absorción de los compuestos de azufre puede ser física o química.

En el primer caso los agentes empleados suelen ser glicol o dimetyl éter mientras que para la absorción química se utilizan soluciones acuosas de aminas (MEA) , (DEA) . Para la descarbonatación se procede de igual manera pudiendo usarse además una solución acuosa de carbonato potásico para la absorción.

7. EJEMPLOS

7.1Columna de absorción de gas UOP7

La Columna de absorción de gas de Armfield ha sido diseñada para demostrar los principios de la absorción de gas y para proporcionar formación práctica en la operación de plantas de absorción de gas.

- **Posibilidades de demostración**

Estudio de los principios básicos de absorción de un gas en un líquido usando una columna de relleno.

Demostración de métodos de análisis cuantitativo de gas y líquido. Producción de balances de masa para una columna de absorción de relleno. Determinación del coeficiente de transferencia de masa.

Estudio de las características hidrodinámicas de una columna de relleno.

Determinación de puntos de carga y inundación.

- **Descripción del Equipo**

La columna de absorción de relleno está construida de dos secciones de vidrio de borosilicato de 75mm de diámetro unidas por los extremos e instaladas verticalmente en un bastidor de suelo de acero dulce. La columna está rellenada de anillos Raschig de 10mm x 10mm, también de vidrio, que son representativos del tipo de relleno usado para la absorción de gas. El líquido usado en el proceso se almacena en un tanque de alimentación rectangular de 50,0 litros y se utiliza una bomba centrífuga para suministrar el líquido a la cabeza de la columna, desde donde desciende por el relleno y vuelve al tanque. Un medidor de flujo de área variable instalado en la línea de recirculación da una lectura directa del caudal.

El gas a absorber es normalmente dióxido de carbono, y sería extraído de un cilindro presurizado (no suministrado), colocado junto a la columna. Este gas pasa a través de un medidor de flujo de área variable calibrado, y se mezcla con un flujo de aire, también de caudal conocido, que proviene de un compresor giratorio situado en el bastidor. La relación de gas a aire de la mezcla que entra en la columna es por tanto conocida y es fácilmente variable. La mezcla de gas entra por el fondo de la columna, asciende a través del lecho denso y se contrae en contracorriente con el líquido que desciende por la columna.

Unos puntos de muestreo de presión en la base, el centro y la cabeza de la columna permiten registrar la caída de presión en la columna usando manómetros. Estos puntos de muestreo también ofrecen un medio para extraer muestras de gas de la columna. El contenido en dióxido de carbono de las muestras de gas se determina usando un aparato de Hempl.

Los caudalímetros, los manómetros y el equipo de análisis de gas van montados en un panel trasero vertical a una altura cómoda para la operación.

- **Características Técnicas**

1. Capacidad del tanque de alimentación: 50,0 litros
2. Diámetro de la columna: 0,075m
3. Volumen del relleno: 7,0 litros
4. Altura de la columna de absorción: 1,4m
5. Tipo de relleno: Anillos Raschig 10x10mm
6. Capacidad del compresor de aire: 0,15m3/min a 0,3bar
7. Capacidad de la bomba de alimentación de la columna: Intervalo del medidor del flujo de aire: 20 -180 l/min.
8. Intervalo del medidor del flujo de gas: 1,0 -22,0 l/min. Intervalo del medidor del flujo de agua: 1,0-10,0 l/min

Figura 16: Columna de absorción de gas UOP7



Fuente: Torres de Relleno - Monografía

- **Especificaciones tipo Pliego**

Columna de relleno de absorción de gas en unidad de suelo, con una columna de vidrio de 75mm de diámetro y 1,4m de longitud. La columna contiene 7 litros de anillos Raschig de vidrio de 10 x 10mm y va montada en un bastidor de acero.

La cabeza, el centro y la base de la columna están provistos de tomas para sensores de presión y para muestreo de gas.

Se incluyen dos manómetros para medir la presión.

Se incluye un aparato de análisis de gas del tipo Hempl.

Se incluyen tres caudalímetros de área variable para medir el caudal de gas, aire y líquido. Un compresor giratorio es utilizado para bombear aire a la columna.

Una bomba centrífuga circula el agua (disolvente) desde un tanque de alimentación de 50 litros de capacidad.

Se suministra un completo manual de instrucciones que detalla los procedimientos necesarios de instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

El manual de instrucciones también incluye protocolos detallados para experimentos, para el estudio de:

- Los principios de la absorción de gas en un líquido usando una columna de relleno. Métodos de análisis cuantitativo de gas y líquido.
- Balance de masas en una columna de absorción de relleno. Determinación del coeficiente de transferencia de masa.
- Características hidrodinámicas de una columna de relleno.
- Determinación de puntos de carga y de inundación.

7.2.- Columna de Absorción Gas - Cód. 994600

- **Generalidades**

Uno de los procesos fundamentales en la química industrial es la absorción que consiste en disolver gases en un líquido.
Esta operación permite tanto separar uno o más componentes de una mezcla gaseosa como producir un líquido con la adición de un gas en la cantidad deseada.
La unidad IC131D permite estudiar estos fenómenos mediante una columna de absorción de
Llenado que actúa en contracorriente.

- **Composición**

1. Columna de vidrio borosilicato diámetro interno 80 mm, longitud 1600 mm., llenada con anillos RASCHIG Ø 8 mm
2. Flujometro agua (caudal max. 800 lt/h)
3. Flujometro aire (caudal max. 5000 Nlt/h)
4. Flujometro gas (caudal max. 2000 Nlt/h)
5. Tanque de capacidad: 50 litros
6. 2 manómetros en U
7. 4 puntos de extracción de muestras para análisis
8. 4 termopares conectados al display digital
9. 3 puntos de medida de presión
10. bomba de alimentación
11. compresor volumetrico
12. soporte en material anticorrosión

- **Descripción**

La unidad IC131D está constituida fundamentalmente por una columna de llenado con anillos Raschig cargados a “granel”.

El agua entra por la extremidad superior de la columna empujada por una electrobomba centrífuga que aspira desde un tanque de almacenaje.

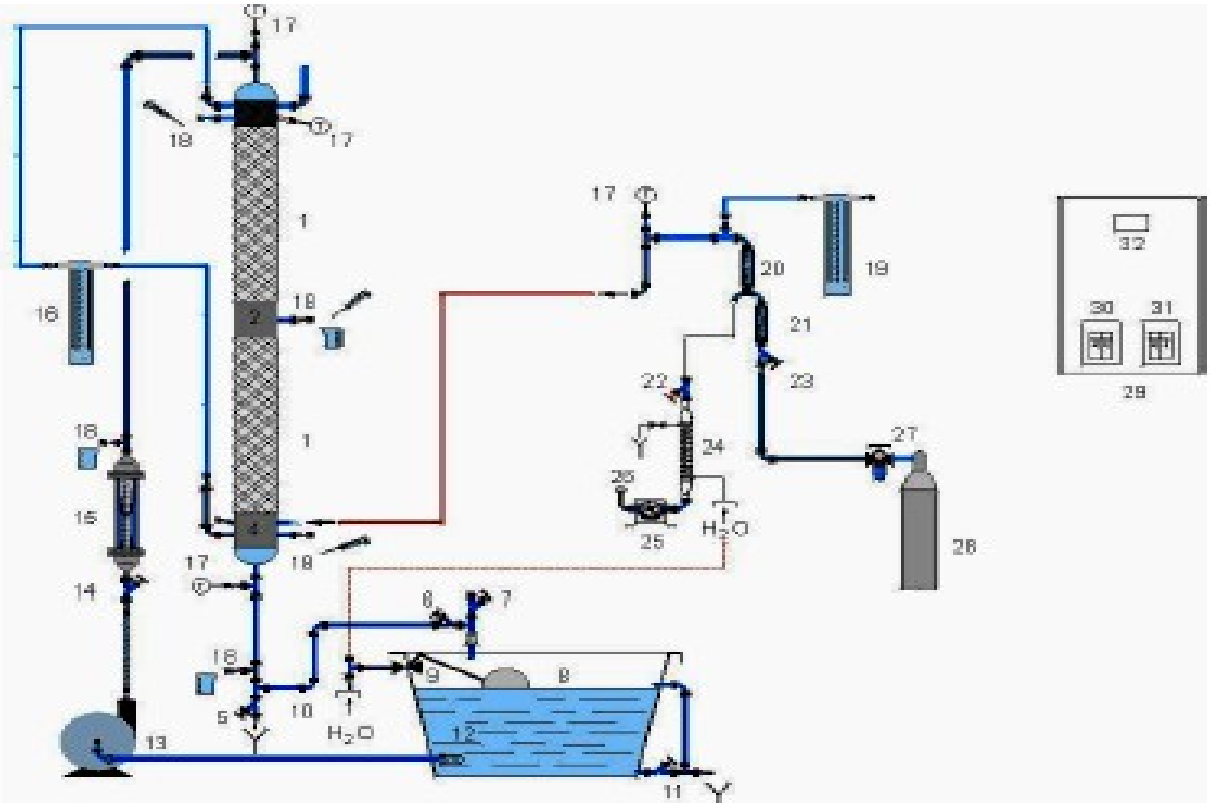
La línea del gas está conectada a la parte inferior de la columna y puede ser alimentada por un compresor de aire, por una bombona de gas o bien por una mezcla gas/aire. Sobre las líneas líquido y gas están insertados tres flujómetros para poder medir el caudal del fluido,

mientras que en la columna están predispuestas tomas de presión, termopares y tomas de muestras que permiten tener bajo control la evolución del proceso.

Sobre la estructura metálica que soporta el conjunto de aparatos está fijado el módulo de mando que prevé también un indicador digital de temperatura conectado a los termopares de la columna.

- **Experimentos realizables**

a) Balance de masa para sistemas de absorción
b) Pérdidas de carga en la columna
c) Eficiencia de la columna
d) Coeficiente de transferencia de masa gas-líquido



Leyenda diseño

1. Troncos de columna de llenado
2. Pequeño tronco intermedio
3. Cabecera superior de la columna, entrada agua
4. Cabecera inferior de la columna, entrada gas y descarga
5. Válvula para lavado/descarga de la columna
6. Válvula para la regulación del eflujo del líquido de la columna
7. Válvula de seguridad
8. Tanque de alimentación y recogida del líquido
9. Válvula de flotador

10. Conexión de la alimentación de agua
11. Válvula para la descarga del tanque
12. Filtro
13. Bomba centrífuga de circulación
14. Válvula para la regulación del caudal del líquido
15. Medidor de flotador del caudal del líquido
16. Manómetro a U a mercurio
17. Termoresistencia
18. Puntos de extracción de muestras

19. Manómetro a U a mercurio
20. Medidor de flotador del caudal de aire
21. Medidor de flotador del caudal de gas
22. Válvula de regulación del caudal de aire
23. Válvula de regulación del caudal de la componente de gas
24. Intercambiador de calor agua/aire
25. Compresor volumétrico
26. Filtro de aire
27. Regulador de presión (*)
28. Bombona de gas (**)
29. Módulo de mando
30. Interruptor bomba
31. Interruptor compresor
32. Lector digital temperaturas

(*) No se suministra por el hecho de ser parte integrante de la bombona y del tipo de gas contenido en la misma.

(**) No se suministra por las normas vigentes sobre el transporte del gas envasado.

BIBLIOGRAFIA:

1. Absorcion de gases – Cap 18 –Autores Ocon y Tojo
2. Procesos de Separación gas- liquido por etapas y columnas –Autor Wankat
3. Tesis “Modelo mátematico de un proceso de absorción reactiva para el estudio de resistencias de masa externa sobre la velocidad de absorción”
4. Columnas de relleno –Principios de Operaciones Unitarias Autor Allan Foust.