



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"

## "DISEÑO DE UN LAVADOR DE GASES"

R E P O R T E D E  
T I T U L A C I Ó N  
P O R E X P E R I E N C I A P R O F E S I O N A L  
Q U E P A R A O B T E N E R E L T Í T U L O  
D E I N G E N I E R O Q U Í M I C O  
P R E S E N T A : H U G O J O E L  
C U E N C A M U N G U Í A

ASESOR: I.Q. EDUARDO VÁZQUEZ ZAMORA



MEXICO, D. F.

SEPTIEMBRE 2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Faustino Cuenca González y Carmen Munguía Valdovinos por toda la confianza y el apoyo brindado en cada una de las etapas de mi vida, por todos los valores que me enseñaron y sobre todo por haberme dado la vida y la oportunidad de estudiar. Gracias por su preocupación y dedicación, los amo mucho.

A mis hermanas

Por ser fuente de inspiración para seguir adelante y porque siempre han luchado para cumplir sus anhelos.

A mi esposa é hija

A ti que permitiste hacer realidad mis anhelos en crear la más bella realidad, porque nunca te has rendido y siempre buscas nuevas metas de tu vida, por creer en mí y además de disfrutar la vida contigo a tu lado

A mis suegros y cuñados

Por aceptarme parte de su familia.

A la UNAM

Por permitirme ser parte de ella, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de estudiar en la máxima casa de estudios.

A mis profesores de escuelas y de la universidad

Por haberme formado y enseñado por el éxito es el fruto del esfuerzo, por su paciencia y por haber compartido sus conocimientos y experiencias conmigo y gracias al Ing. Eduardo Vázquez Zamora por haber aceptado ser mi asesor.

A mis compañeros y amigos de universidad

Gabriela López, Yolanda jaenette Albar Francisco, Alethia Navarrete, Balmore Hernández, Nancy Tabaco, Carlos Moreno Estela Hernández, Homero Lima, Adriana Morales, Israel Del Rio, Ana Treviño, Julio Loya, María de Jesús Búcio, Luis Jiménez, María Del Rayo, Martín Hernández, Ruth González, Omar Mora, Roció Magaña, Rafael Ruiz, Yazmin Díaz, Tirso Pedro, Sairi L.M, Waldo Ríos, Sadya, Jaime Islas, Violeta Juárez, Edson Zarate; Magaly Lira, por ser muy buenos compañeros y por todos esos momentos de alegría, trabajo y amistad.

Gracias  
Hugo Joel Cuenca Munguía

## Contenido

Asignación de jurado

Agradecimientos

Resumen

Justificación de la elaboración del tema

Introducción

Objetivos

### Capítulo 1

Depuradores en seco

- 1.1 Depurador de gran tamaño
  - 1.1.1 Canales colectoras de polvo
  - 1.1.2 Sacos de polvo
  - 1.1.3 Ciclones
- 1.2 Filtros
  - 1.2.1 Filtros planos
  - 1.2.2 Mangas filtrantes
  - 1.2.3 Filtros con masa de relleno
  - 1.2.4 Filtros con cuerpos de relleno impregnados
- 1.3 Depuradores de choque
  - 1.3.1 Depuradores de choque con relleno
  - 1.3.2 Depuradores de choque con obstáculos
  - 1.3.3 El depurador Pelouze

### Capítulo 2

Depuradores húmedos

- 2.1 Lavadores por irrigación
  - 2.1.1 Lavadores por irrigación (scruber) sin obstáculos
  - 2.1.2 Lavadores por irrigación con obstáculos
  - 2.1.3 Lavador de campanas
  - 2.1.4 Lavador de chorro
  - 2.1.5 Lavador rotativo
  - 2.1.6 Filtros rotativos de Freytag-Metzler
- 2.2 Lavadores centrífugos
  - 2.2.1 Ventiladores de inyección

Facultad de Estudios Superiores “Zaragoza”

- 2.2.2 Lavador desintegrador de corriente en un solo sentido
- 2.2.3 Lavador desintegrador de contracorriente
- 2.2.4 Lavador rotativo
- 2.3 Lavadores de cortina de líquido
- 2.3.1 Lavador centrifugo
- 2.3.2 Lavadores de batidores
- 2.3.3 Lavador de rodillos
- 2.3.4 Lavador de platos para gas
- 2.3.5 Lavador universal de cortinas cruzadas

Capítulo 3

Depuradores eléctricos

- 3.1 Depuración eléctrica para los gases
- 3.2 Terminología

Capítulo 4

Criterios básicos de proceso y diseño de equipo

- 4.1 Criterios de diseño
- 4.2 Criterios básicos de proceso
- 4.3 Criterios de diseño y equipo
- 4.4 Reactores
- 4.5 Recipientes
- 4.5.1 Recipientes abiertos
- 4.5.2 Recipientes cerrados
- 4.5.3 Tanques cilíndricos de fondo plano
- 4.5.4 Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas
- 4.5.5 Recipientes esféricos
- 4.6 Bombas

Capítulo 5

- 5.1 Descripción del sistema
- 5.2 Reacción
- 5.3 Condiciones en las que se encontraba el lavador de gases
- 5.3.1 Fallas de funcionamiento
- 5.3.2 Fallas de mantenimiento
- 5.4 Propuesta del lavador de gases
- 5.5 Programa de mantenimiento preventivo

Facultad de Estudios Superiores “Zaragoza”

- 5.6 Recomendaciones de operación
- 5.6.1 Chequeo del lavador de gases
- 5.6.2 Chequeo del ventilador
- 5.6.3 Chequeo de tuberías
- 5.6.4 Chequeo de bomba
- 5.6.5 Arranque del sistema

Conclusiones

Bibliografía





## INTRODUCCION

La separación completa de los gases de cuerpos extraños sólidos (polvo), líquidos (en forma de gotas de niebla) y gaseosos es prácticamente imposible. El grado hasta el cual es preciso llevar la depuración se acomoda a la finalidad de la aplicación y a los aparatos en que los gases han de seguir siendo tratados. Al aumentar el grado de pureza suben los gastos de instalación y explotación.

Los depuradores en seco a los cuales pertenecen también del todo los eléctricos, se utilizan solo para separar el polvo de gases totalmente secos ó recalentados; los depuradores húmedos para gases que arrastran, además del polvo, niebla, gotas ó sustancias gaseosas extrañas. La elección de un depurador se adapta a la clase de polvo, a su peso específico y a su finura, y además a la circunstancia de si el gas debe o no ponerse en contacto con un líquido lavador. Para las nieblas y los gases tienen además importancia la clase de líquido con que se combinan de la mejor manera. Como en las reacciones químicas el agente lavador exige condiciones especiales para el material del apartado (aluminio, plomo, níquel, etc.) es preciso que su sistema de construcción sea lo mas sencillo posible.

En el área de reactores donde se inicia el proceso cuenta con un lavador de gases que tiene por función absorber las partículas suspendidas totales del medio ambiente así como gases, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, etc.

Se tenía un sistema de ventilación y lavado de gases operando para control de emisiones de gases de 3 Tanques T-15 de 15,000lts, 3 reactores R-18 de 18,000lts y un tanque de almacenamiento de HCl de 36,000lts.

Por razones de ampliación se han instalado 2 reactores R-36 de 36,000lts, 2 reactores R-9 de 9,000lts y un tanque de almacenamiento de HCl de 45,600lts los cuales requieren ventilación y/ó venteo.

Se requiere ventear todos los reactores arriba citados, excluyendo los 3 tanques T-15 de 15,000lts los cuales no requieren ya ventilación.

En la actualidad el sistema que se utiliza de ventilación y lavado de gases para controlar emisiones de gases son 4 reactores R-36 de 36,000 2 tanques T-30 de 36,000, 2 reactores R-9 de 9,000 1 reactor R-18 de 18,000 y un tanque de almacenamiento de HCl de 46,500lts los cuales requieren ventilación y/ó venteo todos los reactores citados arriba y excluyendo todos los tanques los cuales no requieren ventilación.



## RESUMEN

La formación académica de un Ingeniero Químico consiste en la creatividad y resolución de problemas con el conocimiento académico obtenido. La empresa mexicana BRAVOAG está dedicada a la fabricación de productos químicos derivados del cobre, para la industria y principalmente para la agricultura. Así mismo, BRAVOAG, además de fabricar, también formula y distribuye en el mercado nacional e internacional, diversos plaguicidas como fungicidas, insecticidas y herbicidas, teniendo presencia en treinta y seis países de los cinco continentes. Tanto en su fabricación como en su aplicación, es prioritaria la protección del personal, así como la protección del medio ambiente.

Con el firme propósito de crear en México una empresa capaz de fabricar compuestos de cobre para uso industrial y principalmente, para protección de diversos cultivos en la agricultura, usándolos como fungicidas para prevenir enfermedades causadas por hongos, buscando siempre la más alta calidad de los mismos, así como la protección del entorno ecológico, tanto desde su producción, como en su aplicación en el campo.

Al final de los setentas, la empresa se enriquece con nuevos socios, integrando capital, conocimientos y experiencias diversas. Continuando con la tradición de excelencia, se implantan exitosamente las más altas técnicas de producción y automatización, así como las últimas novedades en procesos obtenidos por sus propios investigadores, lo que la llevan a producir de entonces a la fecha, adicionales al oxiclورو de cobre, siete nuevas sales de cobre y completar su línea de agroquímicos especializados con una línea de plaguicidas formulados, haciendo un total de treinta y ocho productos a la fecha. En la actualidad, todos estos productos tienen presencia en México bajo el logo-símbolo BRAVOAG (sinónimo de calidad y eficiencia). Así mismo, bajo esta visión, a mediados de los noventa se lanzó a la conquista del mercado internacional, logrando tener hoy presencia en treinta y seis países que comprenden los cinco continentes. En el año 1997 obtuvo la calificación de Industria Altamente Exportadora (ALTEX). Esta tendencia exportadora va a continuar hasta tener, como en México, presencia en la mayor parte de las zonas agrícolas del mundo. Por esta larga historia de trabajo y logros, BRAVOAG puede ser considerada como una Empresa Líder del Siglo XXI

## JUSTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL TEMA

Una de las grandes preocupaciones de la sociedad moderna, es la contaminación ambiental, este problema tiene su origen en la propia transformación (hecha por el hombre), con el fin de cubrir sus necesidades de alimentación y energía, ha surgido la necesidad de tomar conciencia para la búsqueda de nuevas alternativas para su solución. La contaminación del aire se debe una gran parte por los vehículos y las industrias a consecuencia, que es liberado en la atmósfera, ya sea como gases, vapores o partículas sólidas, capaces de mantenerse en suspensión, con valores superiores a los normales, que perjudican a la vida y la salud, tanto del ser humano como de los animales y plantas.

Esta capa (la atmósfera) absorbe la mayor cantidad de radiación solar y debido a esto se produce la filtración de los rayos ultravioletas. El aumento del anhídrido carbónico en la atmósfera se debe a la combustión del carbón y del petróleo, lo que lleva a un recalentamiento del aire y de los mares, por lo cual se produce un desequilibrio químico en la biosfera, produciendo una alta cantidad de monóxido de carbono, sumamente tóxica para los seres vivos.

En donde presto mis servicios, se concientizara a la empresa sobre la inversión que tiene del lavador de gases, el cual sin funcionamiento, ya que esta fuera de servicio, por lo tanto se realizara un diagnostico de fallas y un estudio de análisis sobre el sistema, para realizar el re diseño del equipo y su mantenimiento correctivo y preventivo necesario de este ya que tuvo grandes cambios la empresa, al automatizar los reactores, tanques y tuberías para su proceso, se propone las modificaciones necesarias al sistema del lavador de gases, para poder absorber gases tóxicos, que salen de los reactores y tanques de almacenamiento y así mismo probarlo y la puesta en marcha.

Al tener un equipo (lavador de gases) eficiente, es decir dándole un uso correcto y el mantenimiento requerido, tendremos un mejor servicio, es útil para controlar la contaminación del aire y por otro lado no mandar los gases tóxicos al medio ambiente. La ventaja que tendría es la eliminación de ácidos sulfúricos, ácido clorhídrico y la eliminación de partículas solidas.

## OBJETIVOS

- Conocer aspectos principales que intervienen los lavadores de gases.
  - Rediseñar un lavador de gases mediante las condiciones que se encuentra.
  - Elaborar las recomendaciones de operación para conocer más el equipo (lavador de gases).
  - Elaborar un programa de mantenimiento preventivo para un funcionamiento, correcto en su operación del equipo.
  - Probar y arrancar el lavador de gases
-

## CAPÍTULO 1

### DEPURADORES EN SECO

#### 1.1. DEPURADOR DE GRAN TAMAÑO

##### 1.1.1 Canales colector de polvo

Son a propósito para polvo grueso de gran peso específico, especialmente para la metalurgia. Los canales de gas se ensanchan dando una sección transversal más grande cuya anchura a ser posible sea mayor que la altura, de modo que la velocidad del gas descienda hasta 0.1 m. Su longitud hasta más de 100 m. Debe ser mayor cuanto más ligero y fino es el polvo y cuanto más elevado debe ser el grado de pureza. Los tabiques de separación, que sólo debe de construirse verticalmente, no mejoran la depuración de un modo esencial como se muestra en la figura 1. Los canales de depuración exigen mucho espacio, su instalación es cara y sus gastos de servicio son pequeños.

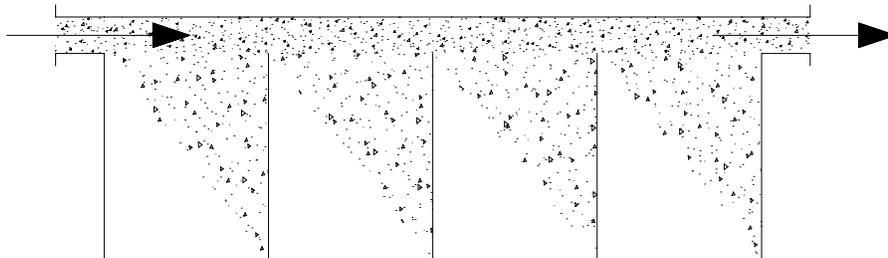


Fig. 1 Canales Colectoras de polvo

##### 1.1.2 Sacos de polvo

Por lo general son tubos cilíndricos verticales que llevan un tabique de separación y en ellos actúan la fuerza de gravedad, la choque y la fuerza centrífuga. Velocidades de hasta 1 m/s. Es erróneo hacer pasar el gas, haciendo una U, por debajo de un tabique de separación como se muestra en la figura 2, pues el polvo separado en el tabique cae a través de la corriente gaseosa y es de nuevo arrastrado por esta. Es bueno conducir la corriente gaseosa en forma de trompeta alrededor del tabique de separación como en la figura 3. Se emplean generalmente para la obtención del gas. Necesitan poco espacio, los gastos de instalación y exploración son pequeños, la depuración es incompleta.

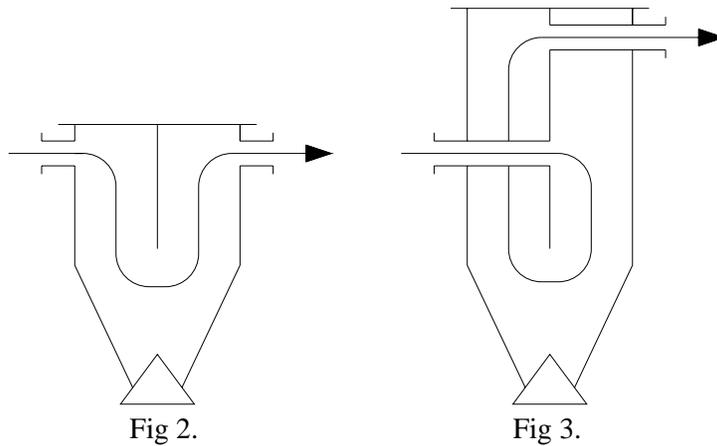


Fig 2.

Fig 3.

Sacos de polvo

### 1.1.3 Ciclones

En una envoltura vertical generalmente cónica penetran los gases tangencialmente por la parte alta con una velocidad de unos 10 m/s., y adquieren así un movimiento circular como se muestra en la figura 4. El polvo es separado por la fuerza centrífuga contra la pared de la envoltura y baja dentro de ésta con la corriente gaseosa. En el centro del gas encuentra una salida hacia arriba y el polvo cae en la parte inferior. Se conduce el gas de un modo forzado de una espiral de chapa montada en el ciclón con objeto de que los remolinos no influyan desfavorablemente en la depuración., se necesita poco espacio sus gastos de instalación y de servicios son pequeños.

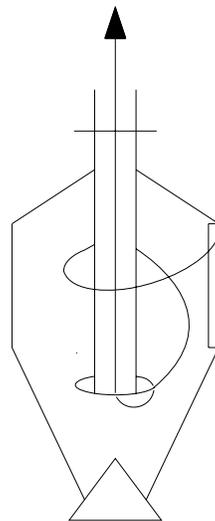


Fig. 4 Ciclones

## 1.2 FILTROS

### 1.2.1 Filtros planos

En una caja (generalmente de madera) va tendido por medio de unas barras verticales un lienzo filtrante grueso en forma de zig-zag. La abertura de entrada va cerrada generalmente por medio de enrejado de listoncillos de madera ó de hierro que se emplean para depurar el aire para compresores. Tienen poca eficiencia, necesitan un espacio considerable, los gastos de instalación y de servicios son pequeños; la depuración es buena, la limpieza de los filtros en marcha es imposible, por esta razón son solo aplicables para gases con un contenido de polvo muy pequeño como se muestra en la figura 5.

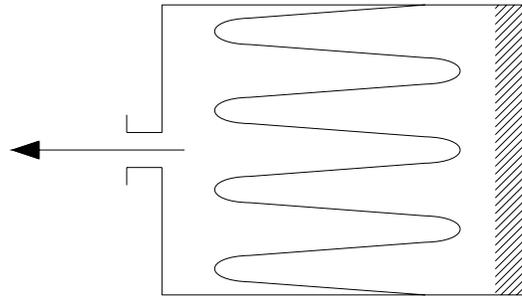


Fig. 5 Filtros Planos

### 1.2.2 Mangas filtrantes

Fabricadas por primera vez para grandes capacidades, en particular para gases que se conducen en altos hornos; perfeccionadas para su aplicación a los talleres metalúrgicos y Palatinado. Las mangas hechas de un lienzo filtrante impermeable al polvo están suspendidas por grupos en el interior de una caja, generalmente de hierro. El gas aspirado (que es conveniente sea químicamente neutro y que su temperatura no pase de 120°C) rodea las mangas por la parte inferior, pasa a través de ellas y sale a una caja colectora que rodea dichas mangas. Para la limpieza durante la marcha los filtros son sacudidos por un mecanismo que los golpea aproximadamente cada cinco minutos, de modo que el polvo adherido a ellos cae a la parte inferior.

La temperatura de los gases debe estar muy por encima del punto de rocío, 70° a 90°C, pues de lo contrario los filtros corren peligro, en particular con polvos cáusticos. La regulación de la temperatura se efectúa, en general, y automáticamente.



Los gases húmedos deben ser antes enfriados enérgicamente y después calentados de nuevo. Con el enfriamiento previo se evita también que llegue a los filtros polvo grueso. La duración de los filtros depende de la clase de polvo menores de 0.3 micrómetros, puede fijarse en 1 año. Exigen un espacio considerable, especialmente la altura. Los gastos de instalación son elevados.

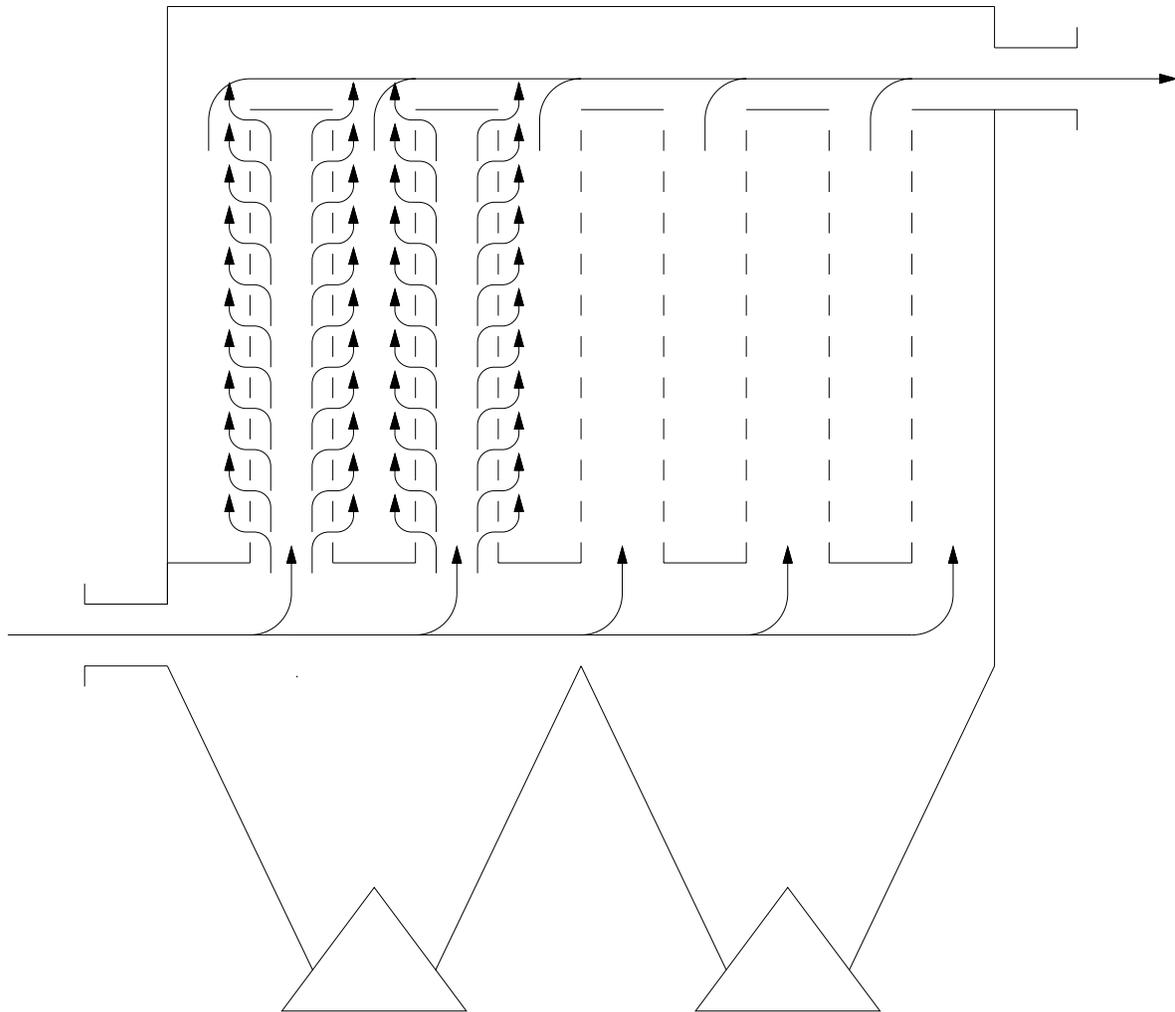


Fig. 6 Mangas Filtrantes

### 1.2.3 Filtros con masa de relleno

Esta elaborada mediante unas cajas de hierro, generalmente rectangular es que están divididas horizontalmente por unos tabiques perforados sobre los cuales se coloca la masa

de relleno (mineral de hierro llamado limonita, masa lux, aserrín, etc) así como se muestra en la figura 7

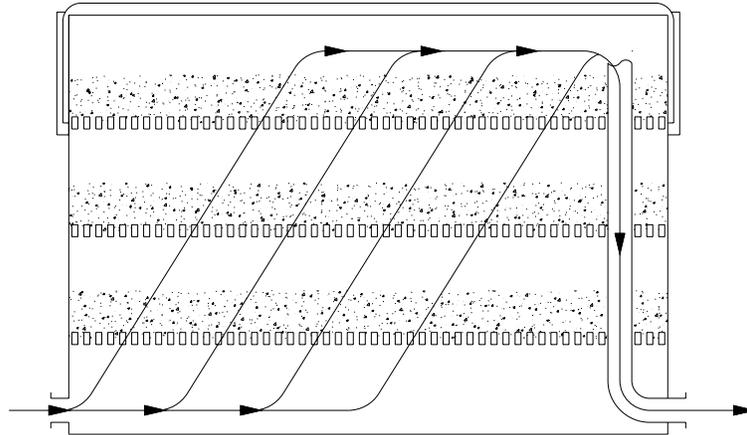


Fig.7 Filtros con Masa de Relleno

La altura de las capas de este material es de (hasta unos 30 cm) se acomoda a la permeabilidad de la masa. El gas atraviesa la caja de abajo hacia arriba. En general, se emplean tres cajas, una para renovar en ella la masa de relleno y dos conectadas una detrás de otra, que son las que están en marcha. El gas pasa siempre primero por la caja que contiene la masa ya usada. Se emplean en general para la separación de impurezas gaseosa y en forma de niebla. Exigen mucho espacio, son caros en su instalación, durante la marcha hay una gran pérdida de presión que aumenta a medida que la masa de relleno lleva más tiempo en uso.

#### 1.2.4 Filtros con cuerpos de relleno impregnados

En la figura 8. Los filtros Viscin es un elemento normal que se compone de unos marcos de hierro de 500\*500\*250 mm, generalmente llenos con anillos de relleno (anillos Raschig); según su capacidad se reúnen en grupos mayores. Obligado por los anillos a frecuentes cambios de dirección. Son apropiados tan sólo para gases con pequeño contenido de polvo, son más baratos y de igual rendimiento. La limpieza del gas disminuye a medida que aumenta el tiempo de servicio. La renovación se verifica limpiando los cuerpos de relleno y recubriéndolos de masa nueva. En la cantidad se dispone la capa filtrante de manera que adquiera mecánicamente un movimiento, con el cual se limpian los anillos y se recubren de nuevo.

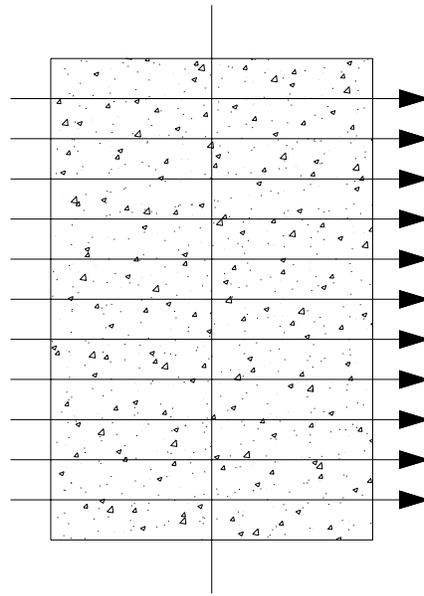


Fig. 8 Filtros con Cuerpos de Relleno Impregnados

### 1.3. DEPURADORES DE CHOQUE

#### 1.3.1 Depuradores de choque con relleno.

Como se muestra en la figura 9 son cilindros que en su construcción más sencilla llevan un fondo en forma de criba que sostiene los cuerpos de relleno (virutas de acero, anillos Raschig, coque, etc) Por el frecuente cambio de dirección que imponen al gas retienen las impurezas en forma de niebla o de gota no se emplean para gases que contengan polvo, pero cabe emplearlos juntamente con la irrigación de los cuerpos de relleno generalmente van colocados detrás de lavadores centrífugos o de cortina de agua con el fin de retener la brisa empleando anillos Raschig

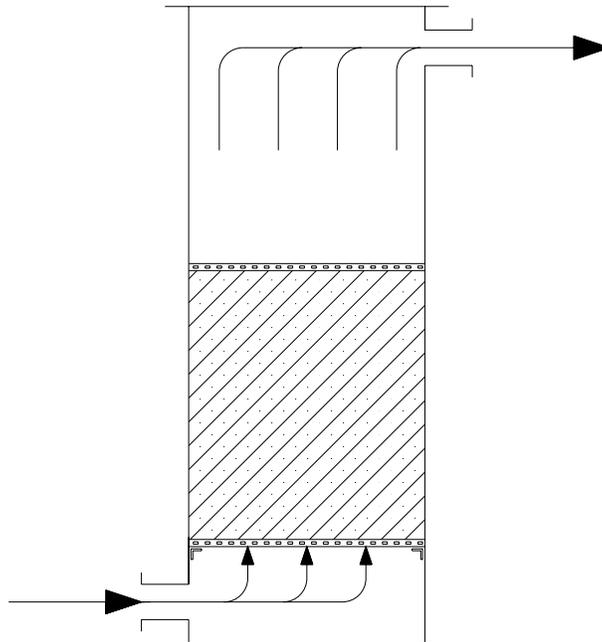


Fig. 9 Depuradores de Choque con Relleno

#### 1.3.2 Depuradores de choque con obstáculos

En la figura. 10 se muestra una corriente gaseosa que se ve obligada a cambiar frecuentemente su dirección por la intercalación de hierros perfilados (hierros en ángulo, hierros en U, cadenas, etc). La pérdida de presión es menor que en el caso anterior los depuradores de choque solo separan únicamente el polvo grueso y las gotas. Generalmente se montan detrás de los lavadores centrífugos y de una cortina de agua para eliminar las gotas.

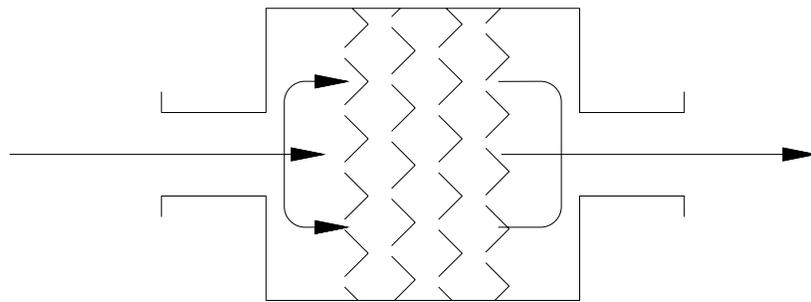


Fig. 10 Depuradores de Choque con Obstáculos

### 1.3.3 El Depurador Pelouze

En la figura 11 es un separador de alquitrán para el gas del alumbrado.

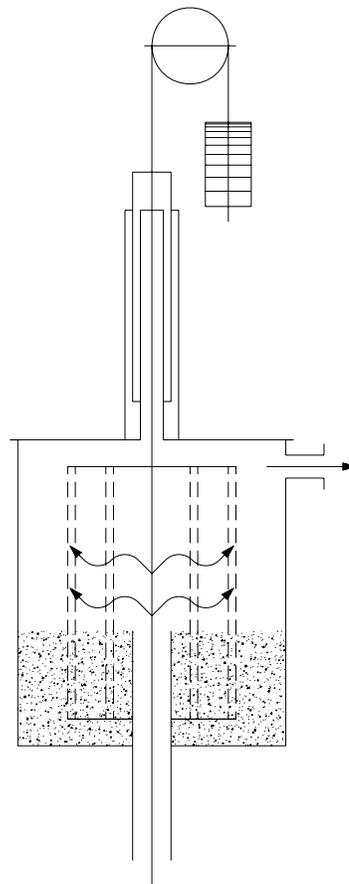


Fig. 11 El Depurador Pelouze

El gas atraviesa hasta 4 cilindros colocados uno en el interior del otro, cerrados por arriba, agujereados o con ranuras, cuyas aberturas están alternadas y muchas veces son además dentadas. La parte inferior abierta se sumerge en el alquitrán hasta la profundidad conveniente para mantener constante, por medio de unos contrapesos, la diferencia de presión entre el interior y el exterior del cilindro agujereado, en caso de que haya variación en la cantidad de gas o en el de una obstrucción parcial de las aberturas. Como el aparato tiene una superficie bastante grande, con los gases húmedos se separa siempre agua. Por esta razón no es apropiado para los alquitranes que tienen tendencia a emulsionar. Para capacidades desde 75 hasta 7,500 m<sup>3</sup>/h con empalmes para tubos de 150 a 800 mm de diámetro de longitud, 550 a 2,200 mm, peso 420 hasta 5,800 Kg y Pérdida de presión de 70 hasta 100 mm de columna de agua. Es posible su empleo con un aparato lavador para retener el polvo.

## CAPÍTULO 2

### DEPURADORES HÚMEDOS

#### 2.1 LAVADORES POR IRRIGACIÓN

##### 2.1.1 Lavador por irrigación (scruber) sin obstáculos

En la figura 12 las cajas de hierro ó de hormigón cilíndricas ó rectangulares que a veces tienen hasta 20 m de altura el gas circula de abajo hacia arriba con una velocidad medida de 0.5 m/s en su trayecto es rociado con agua que entra por arriba mediante unas bocas de regadera. Es suficiente para la separación del polvo grueso ó higroscópico ó para la práctica de reacciones y absorciones que se efectúan con rapidez su construcción es sencilla; ocupa mucho sitio, exige poco consumo de fuerza y una marcha constante de las bombas.

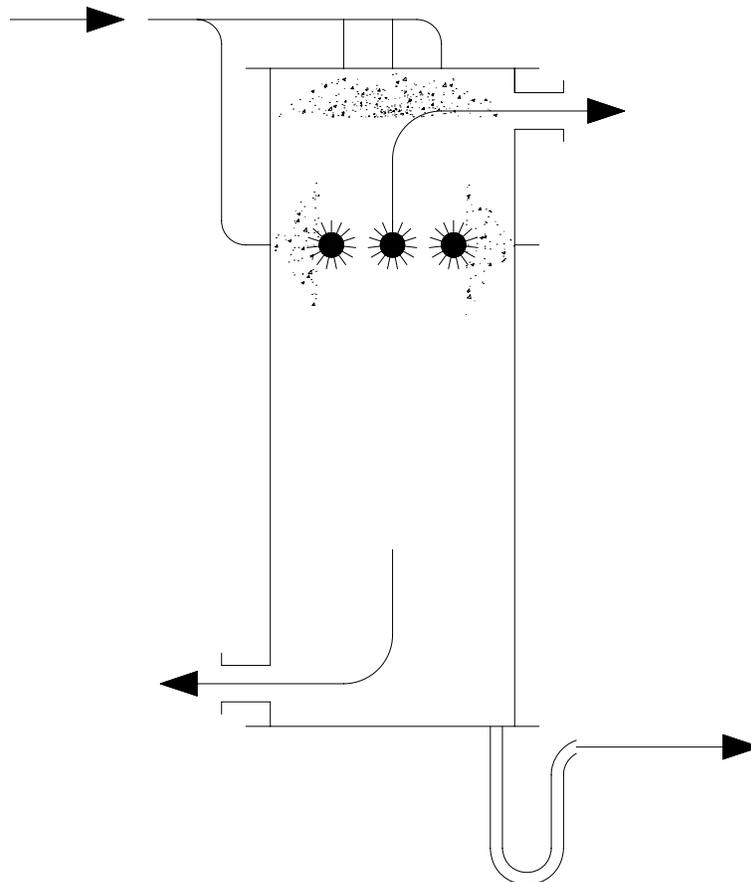


Fig 12. Lavador por Irrigación (Scruber) Sin Obstáculos

2.1.2 Lavador por irrigación con obstáculos

En la figura 13 consta de una torre más baja, pues los cañizos, los anillos de relleno (por ejemplo Raschig), el coque y otras sustancias análogas establecen entre el gas y el líquido lavador un contacto mejor y más prolongado. Es aplicable con cañizos para gases que contengan una cantidad bastante considerable de polvo (con anillos de relleno para los gases pobres en polvo) cuando el gas es muy impuro (más de 5 a 7 g/m<sup>3</sup>) se monta delante de un lavador centrífugo.

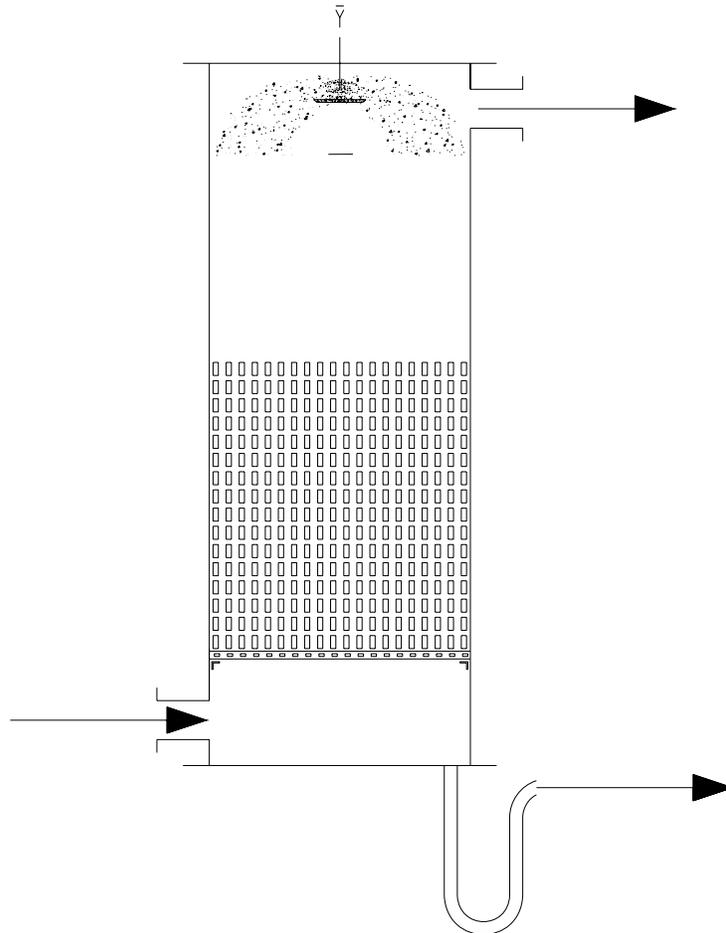


Fig. 13 Lavador por Irrigación (Scrubber) Con Obstáculos

En la sección transversal desprovista de relleno, la velocidad del gas no debe pasar de 0.5m/s si se llena con anillos raschig de 25mm de diámetro pueden consumirse por 1m<sup>2</sup> hasta 2m<sup>3</sup> de agua por hora sin aumentar la pérdida de presión de 5mm con un espesor de la capa de 1m y una velocidad de 0.5m/s con un consumo de 6m<sup>3</sup>/h, la pérdida de presión es de unos 10mm de columna de agua; con un consumo de 10m<sup>3</sup>/h que corre el peligro de una

interrupción si el líquido lavador es viscoso hay que disminuir su cantidad correlativamente en algunos casos es preciso montar varias torres sucesivamente, no en paralelo. Exige mucho espacio, el consumo de fuerza es debido principalmente al trabajo de las bombas también es muy eficaz como refrigerante.

### 2.1.3 Lavador de campanas

En esta figura 14 es un cilindro con varias cámaras superpuestas el líquido circula de arriba hacia abajo el gas penetra desde la cámara inferior a las otras pasando por varias boquillas tubulares dispuestas en los fondos de separación y dichas boquillas van tapadas con unas campanas dentadas de modo que el gas al ascender debe pasar a través del líquido que se encuentra en la cámara. Se emplea principalmente en las fábricas de amoníaco necesita un consumo de fuerza bastante considerable para una capacidad pequeña necesita, así mismo, mucho espacio, los gastos de instalación son elevados.

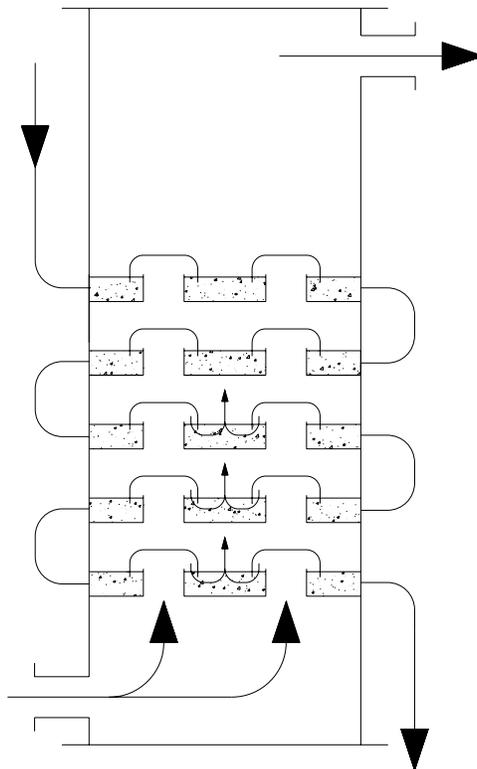


Fig 14. Lavador de Campanas



### 2.1.4 Lavador de chorro

En la fig. 15 se presenta de la casa Dr. C. Otto & Co., Bochum. Se emplea principalmente para la separación del alquitrán; está construido de un modo análogo a un inyector. El chorro de líquido aspira al mismo tiempo el gas. En la boquilla de expansión colocada después se verifica una mezcla íntima entre el gas y el líquido. En los lavadores de alquitrán sirve este último como líquido. La eficiencia es pequeña. Exige elevados gastos de instalación y de servicio, la depuración es satisfactoria.

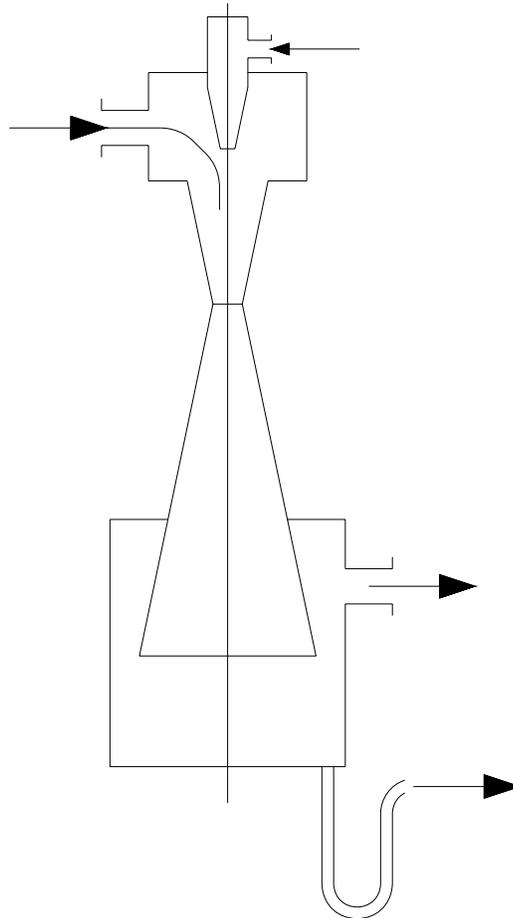


Fig 15. Lavador de Chorro

### 2.1.5 Lavador rotativo

El lavador rotativo (lavador Standard) que se muestra en la figura 16 consta de un cilindro horizontal con un eje central que gira lentamente (revoluciones por minuto = 60-90) subdividido en varias células con cuerpos de relleno (también haces de ramaje, cepillos y

otros). La parte inferior del cilindro giratorio se sumerge en un líquido que va humedeciendo constantemente la parte que gira, de manera que constantemente se pone en contacto líquido fresco con el gas que penetra en dirección del eje.

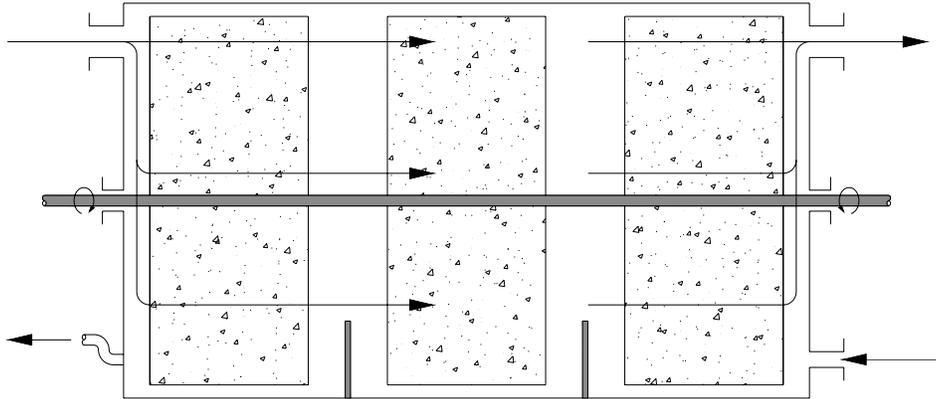


Fig. 16 Lavador Rotativo

El líquido y el gas circulan en sentidos contrario de la misma manera que los filtros con masa de relleno, es tan sólo aplicable a la depuración de gases con componentes gaseosos y en forma de niebla (en las fábricas de gas de alumbrado se utiliza como lavador para el alquitrán, amoníaco, naftalina, bencol, cianógeno). Con una capacidad de 200 hasta 5000m<sup>3</sup>/h necesita un espacio de 1.1X2.5m hasta 3.4X35m; empalmes para tuberías desde 200 a 700mm; peso desde 3,900 hasta 41,000Kg la depuración es buena, el espacio ocupado es grande.

### 2.1.6 Filtros rotativos de Freytag – Metzler

Patente alemana en la figura 17 se construyen por Perry & Hecking, Dortmund como el lavador anterior, constan de un filtro subdividido en células que gira lentamente alrededor de un eje y su parte inferior se sumerge en el líquido lavador en el filtro, de forma anular, va montada la rueda de un ventilador que gira rápidamente y que obliga al gas que se ha de depurar a pasar en sentido radial a través del filtro delante de la rueda del ventilador en el cual penetra el gas en sentido de eje se puede además inyectar líquido lavador. Hasta ahora han sido empleados tan sólo para separar el alquitrán de los gases, pero son también apropiados para otros fines. Consumo de fuerza: 1 a 2 caballos por cada 1,000m<sup>3</sup>/h, incluida la producción de la presión de 50mm de columna de agua en la boquilla de salida. El espacio necesario para su instalación es pequeño.

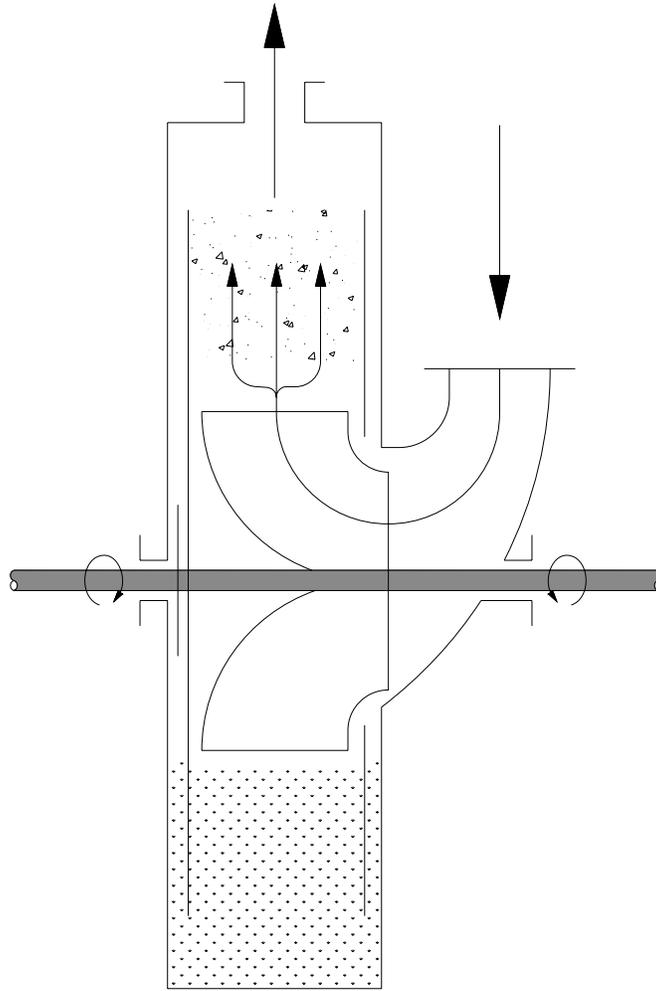


Fig. 17 Filtros Rotativos de Freytag-Metzler

## 2.2 LAVADORES CENTRIFUGOS

### 2.2.1 Ventiladores de inyección.

Los ventiladores de construcción corriente reciben, al mismo tiempo que el gas, líquido lavador inyectado ambos se mezclan íntimamente en la rueda de paletas de modo que el polvo se separa bien por lavado. Se construyen para capacidades muy grandes consumo de fuerza grande, pues el líquido juntamente con el gas ha de adquirir una velocidad igual a la tangencial de la rueda de paletas los gastos de instalación son pequeños.

### 2.2.2 Lavador desintegrador de corriente en un solo sentido

Es una patente alemana de la casa Eduard Theisen, Munich de la figura 18 en una caja parecida a la de un ventilador y montadas sobre el mismo eje que la rueda ventiladora se mueve varias jaulas o cestas desintegradoras formadas por barras redondas o angulares separadas, chapas agujereadas, etc. Con estas cestas que se mueven, encajan otras que pertenecen fijas, de construcción análoga un repartidor montado sobre el eje distribuye uniformemente sobre las jaulas, el líquido lavador procedente del exterior por medio de unos tubos en sifón. El líquido pasa, después, a través de aquéllas en corriente del mismo sentido que el gas dirigiéndose radialmente hacia el exterior, con lo cual ambos se mezclan íntimamente y son batidos simultáneamente.

La rueda móvil lleva por encima de la cesta más externa una paleta lavadora encorvada hacia atrás que lanza todavía el gas y el líquido contra la pared estriada de la caja, la cual envía el líquido a un canal colector, de manera que a la rueda del ventilador llegan tan sólo gases casi secos. Se construyen para una depuración tosca  $0.5\text{g}/\text{m}^3$  para una depuración media  $0.3$  a  $0.2\text{g}/\text{m}^3$  y para una depuración fina  $0.03$  a  $0.01\text{g}/\text{m}^3$  con capacidades desde 20 hasta  $70,000\text{m}^3/\text{h}$  consumo de fuerza 1 a 300 caballos, incluida la producción de una presión de 100mm de columna de agua. Peso 250 hasta 25,000Kg se comportan muy bien para la separación del polvo por lavado con agua y del alquitrán por el mismo líquido lavador  $0.5$  a  $0.75\text{m}^3$  del gas

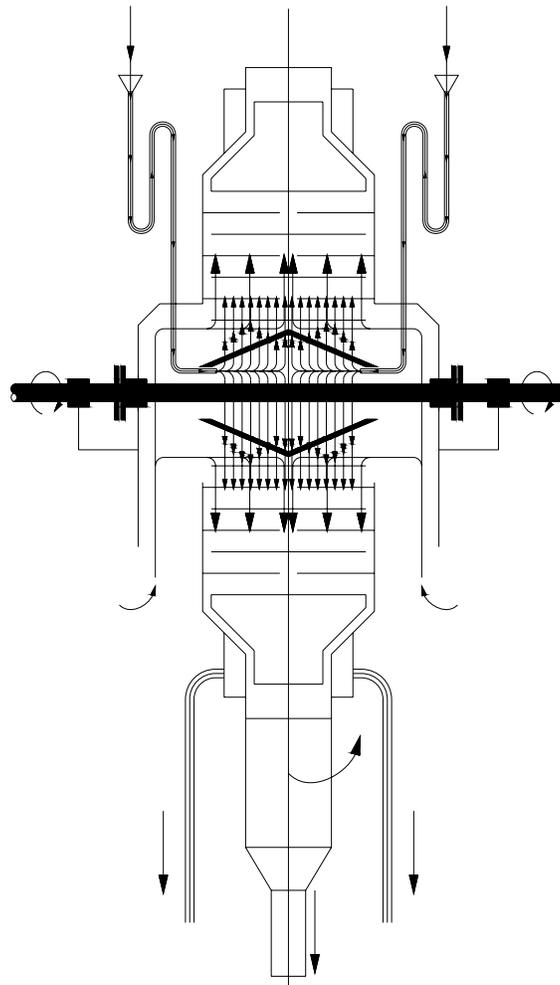


Fig. 18 Lavador Desintegrador de Corriente en un Solo Sentido

### 2.2.3 Lavador desintegrador de contracorriente

Patente Bayer, construido por la Dortmunder Vulkan A. G. En una caja van montadas dos cestas desintegradoras formadas por hierros redondos que giran en sentido contrario; el ventilador va separado. El gas penetra en sentido radial. El líquido lavador es enviado a las cestas desintegradoras y pulverizado hacia el exterior en una alta campana que es la forma que tiene la caja. Así se consigue una buena humectación previa de los gases que contienen polvo y por el principio de la contracorriente se consigue, además de la depuración, una buena refrigeración. Son necesarias tres transmisiones.

Cuando se trata de separar el polvo, el grado de limpieza es el mismo que en el lavador precedente. Para separar alquitrán anhidro es una desventaja la gran campana a consecuencia de su superficie refrigerante. Consumo de líquido lavador: 1.1 a 1.5L/m<sup>3</sup> de

gas. Necesita un consumo de fuerza elevado, el espacio ocupado es regular así como los gastos de instalación.

**Desintegrador de contracorriente** de la Dinglerschen Maschinenfabrik A. G., Zweibücken en la figura 19 contiene cestas desintegradoras fijas y móviles, estas últimas montadas en su eje común con la rueda del ventilador. El gas corre de fuera hacia adentro en sentido radial a través de las cestas, el líquido lavador marcha en sentido contrario. Grado de limpieza hasta  $0.02g/m^3$  consumo de agua:  $0.25$  a  $0.5L/m^3$  de gas, consumo de fuerza de  $5$  a  $6$  caballos para  $1,000m^3$ , incluida la producción de una presión de  $100mm$  necesita poco espacio, los gastos de instalación son regulares y el consumo de fuerza es elevado.

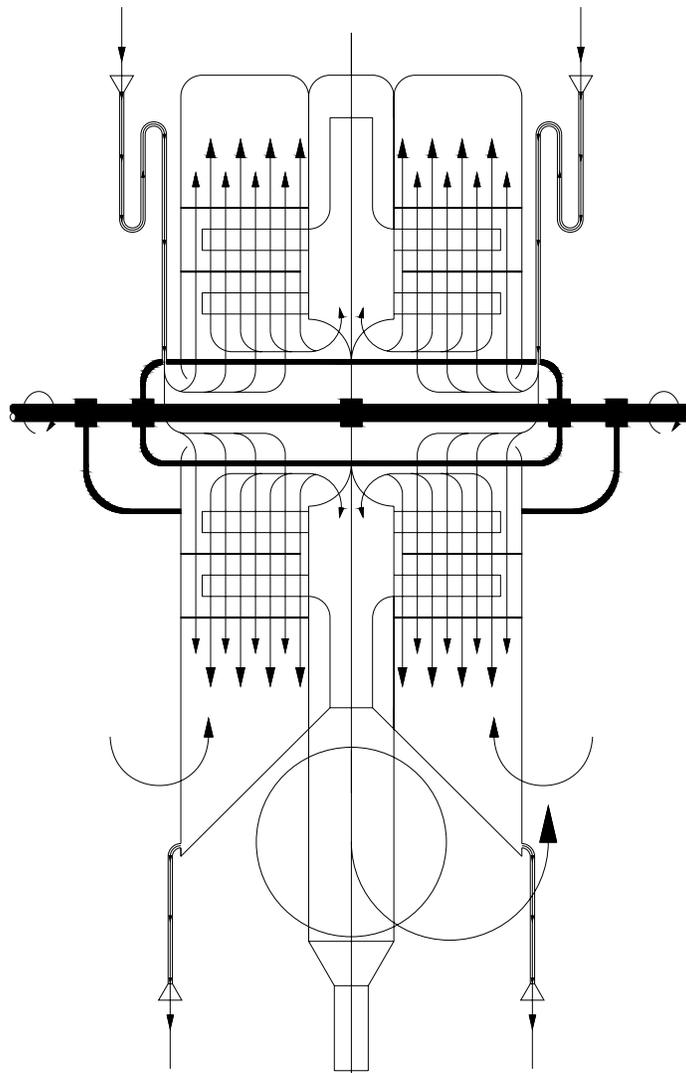


Fig. 19 Desintegrador de Contracorriente

#### 2.2.4 Lavador rotativo

La patente alemana de la casa E. Widekind & Co., Dusseldorf. El gas corre del exterior hacia el interior pasado a través de dos cestas desintegradoras fijas y otras dos móviles. El líquido lavador fluye en una corriente de sentido contrario. Este aparato está sólo depurando, hay que montar delante de él un exhaustor para el transporte de los gases necesita poco espacio, los gastos de instalación son regulares y el consumo de fuerza es elevado.

## 2.3 LAVADORES DE CORTINA DE LÍQUIDO

### 2.3.1 Lavador centrifugo.

Fue construido por la Bamag Meguin A.G., Berlín, según las patentes de Feld de la figura 20 en una caja vertical van dispuestas alrededor de un eje varias cámaras, unas encima de otras, que en su parte central, de más profundidad, van llenas del líquido lavador. En cada compartimiento ensanchado cónicamente hacia arriba lleva el eje un repartidor constituido por varios anillos concéntricos de chapa, introducidos uno dentro de otro, que por su extremo inferior se sumergen en el líquido lavador. El líquido fluye de arriba hacia abajo a través de las cámaras; el gas penetra por la parte inferior.

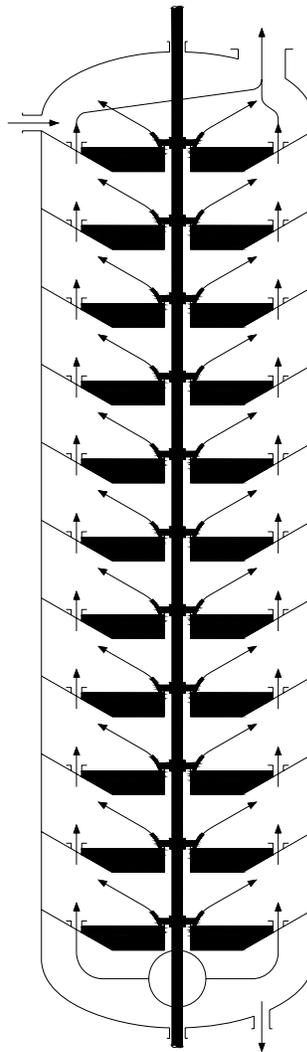


Fig. 20. Lavador Centrifugo

Por medio de los anillos cónicos de chapa que giran, se encuentra el interior del lavador cruzado por tantas cortinas formadas por gotas de agua como anillos se emplean principalmente como lavadores de alquitrán, naftalina, benzol, etc, en lugar de los lavadores standard ocupan poco espacio y consumen poca fuerza, sus gastos de instalación son moderados. Se hace preciso un Exhaustor que constituye para 300 hasta 850m<sup>3</sup>/h diámetro, desde 1,000 a 2,500mm número de cámaras 7 a 10 la conexión para el gas tiene de 225 a 900mm y el peso desde 5,000 hasta 30,000Kg.

### **2.3.2 Lavador de batidores**

De la Mondgases., Berlín unos árboles que atraviesan la caja en sentido transversal a la corriente gaseosa van provistos de unos batidores que por su parte inferior se sumergen en el líquido y al dar vueltas en el interior de la caja reparten aquél de tal modo que se produce una lluvia

### **2.3.3 Lavador de rodillos**

Un rodillo dispuesto en una caja transversalmente a la dirección de la corriente gaseosa se sumerge por su parte inferior en el líquido y establece una cortina de agua en sentido transversal al de la corriente gaseosa.

### **2.3.4 Lavador de platos para gas**

Fue patentada por Theisen de la figura 21 nos muestra que sobre un eje van dispuestos unos discos ondulados por estampación, de tal modo que se cubren unos a otros en dirección radial. El gas y el líquido lavador penetran axialmente en la caja y sufren un mezclado previo por un repartidor de agua animado de un movimiento de rotación, para pasar después radialmente en zig-zag por entre los platos.

De este modo se forma una serie de cortinas anulares colocadas unas detrás de otras que el gas se ve precisado a atravesar. Sobre cada una de las superficies de los discos ondulados colocados frente a la cortina de agua, se ponen íntimamente en contacto el gas y el líquido, de manera que se consigue una separación muy buena del polvo, Se construyen tamaños de hasta 70,000m<sup>3</sup>/h es suficiente un aumento de presión insignificante el espacio ocupado es, aproximadamente, el doble que el de un ventilador de la capacidad respectiva.

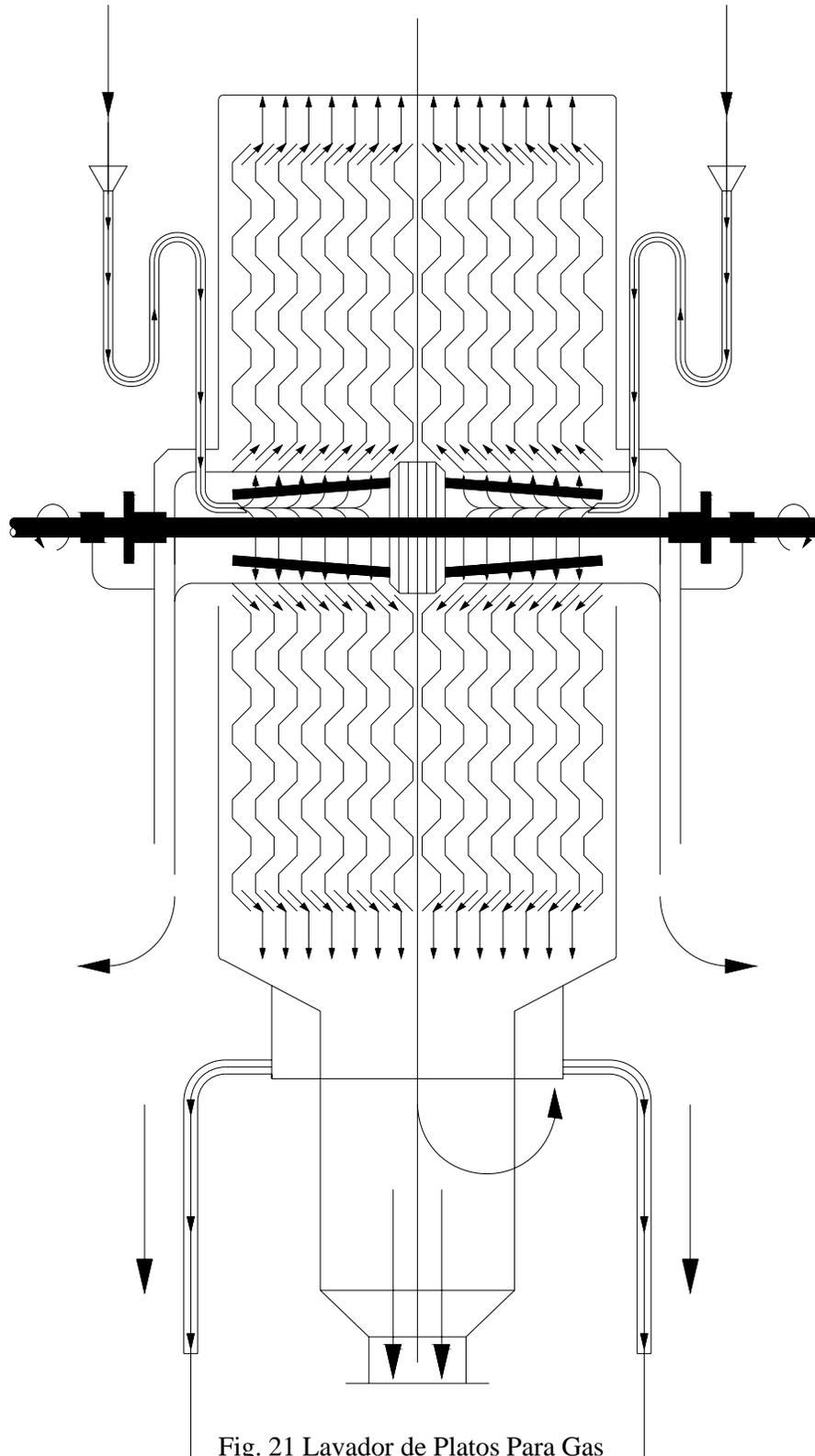


Fig. 21 Lavador de Platos Para Gas

**2.3.5 Lavador universal de cortinas cruzadas.**

Patente Stroeder, de la I.G. Farbenindustrie A. G., Leverkusen en la figura 22 construido por la Allgemeinen Vergasungs Ges. M.B. H., Berlín. Una caja alargada está atravesada en su parte inferior, en sentido de su eje longitudinal, por dos árboles a cierta distancia uno de otro. Estos llevan unos discos circulares alternados entre sí que por su parte inferior se sumergen en el líquido y al girar forman una cortina compacta a consecuencia de la disposición de los dos ejes las cortinas se cruzan de modo que la corriente gaseosa es desgarrada frecuentemente por todos lados por esta razón y porque las cortinas chocan con mucha fuerza contra las paredes de la caja, se mezclan muy íntimamente el gas y el líquido lavador. Es muy seguro en su marcha, con cualquier material. Grado de limpieza para separación del polvo hasta 0.03g para la separación por lavado del alquitrán hasta 0.3g de los componentes condensables a la temperatura de lavado; secado de gases por medio del ácido sulfúrico hasta 0.01g de agua por metro cúbico de gas. Pérdida de presión en el lavador, unos 5mm comúnmente no es necesaria una bomba para el líquido. El gas y el líquido pueden ser dirigidos en corriente contraria de este modo el lavador es también muy apropiado como refrigerante y aparato de absorción. Se construye con capacidades desde 18 hasta 15,000m<sup>3</sup>/h consumo de fuerza, 1.25 hasta 10 caballos superficie ocupada 750X1,900 hasta 2,830X4,420mm el peso del aparato construido de hierro es de 500 hasta 15,000Kg.

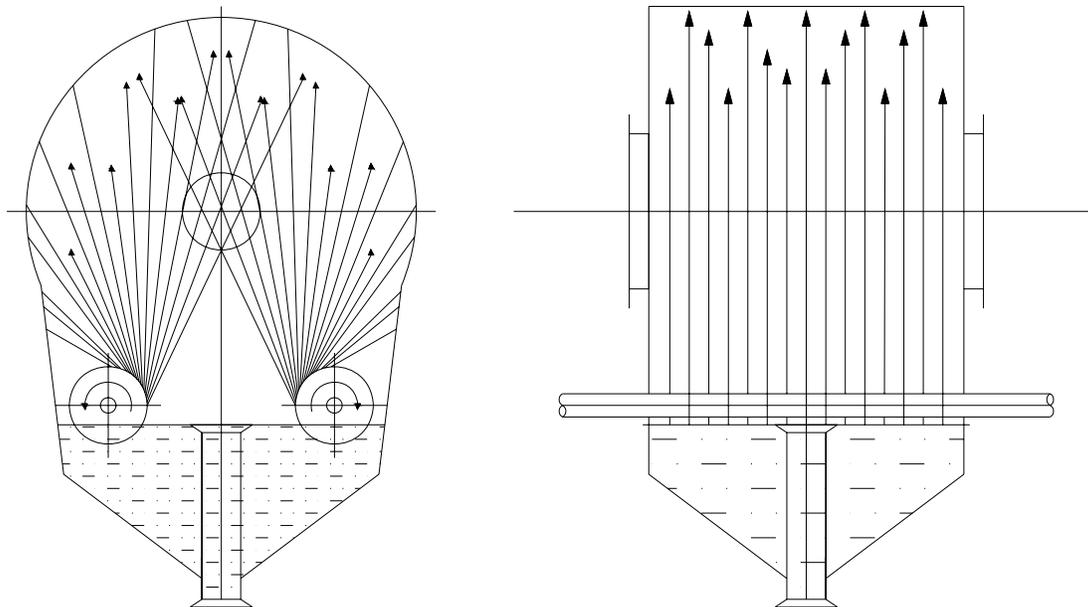


Fig 22 Lavador Universal de Cortinas Cruzadas



## CAPÍTULO 3

### DEPURADORES ELÉCTRICOS

#### 3.1 DEPURACIÓN ELÉCTRICA DE LOS GASES

El conocimiento dice que la corriente eléctrica obra sobre el polvo en suspensión o la niebla trató de aprovecharlo Cottrell y Moeller en 1907, consiguieron disponer de una corriente continua de alta tensión, pero en todo caso pulsatoria valiéndose de unos rectificadores rotativos de corriente alterna a elevada tensión. Cottrell empleaba electrodos con superficie rugosa suspendidos entre dos paredes metálicas lisas Moeller utilizó el efecto de corona dividió la corriente gaseosa por medio de un sistema de tubos en varias corrientes parciales en cuyo centro estaba tendido como electrodo un alambre liso a mediados del año 1911 se reunieron ambos procedimientos los derechos para Europa están en poder del Metallbank, Frankfurt a. M.

En la construcción de la casa Lurgi, Frankfurt A. M. (representada esquemáticamente en la figura 23) el gas bruto penetra por la parte inferior en el tubo separador de 300 a 400mm de diámetro y lo abandona ya depurado por la parte superior. En el eje del tubo cuelga como electrodo un alambre delgado o un sistema de alambres manteniendo en tensión por un peso, que salta la corriente continua de alta tensión hacia el segundo electrodo de forma en el cual, a consecuencia de su comunicación con tierra, se depositan las partículas de polvo y niebla cargadas eléctricamente las cuales caen en una caja colectora inferior, interrumpiendo de cuando la corriente y golpeando en caso de necesidad sobre el tubo. La corriente alterna de una tensión usual de consumo y el número de periodos también usual, es elevada por un transformador a 60,000 – 80,000 voltios y por un rectificador es transformada en corriente continua pulsatoria. El rectificador consta de un disco de material aislante (pentinax) mantenido en rotación por un motor sincrónico. En la periferia existen dos segmentos circulares metálicos a tal distancia que no pueda saltar el arco de uno a otro. Frente a la periferia del disco existen cuatro escobillas dispuestas a 90°, de las cuales cada dos, diametralmente opuestas, trabaja simultáneamente. Dos de ellas sirven para la entrada de la corriente alterna y dos para la salida de la corriente continua. Por los dos segmentos que giran es recogido el semiperíodo de la corriente alterna que corresponde a la polaridad de la escobilla respectiva. Una de las dos escobillas de salida está en comunicación con tierra.

El grado de limpieza depende, más que nada, de la velocidad de la corriente gaseosa y del tiempo que permanece sometida a la acción del campo eléctrico. Puede conseguirse en servicio continuo un grado de limpieza de 0.004g/m<sup>3</sup> de gas en la práctica basta generalmente un grado mucho menor, hasta unos 0.05g/m<sup>3</sup> los gastos de instalación son considerables, el espacio ocupado es grande y los gastos de explotación son pequeños. El consumo de corriente depende del contenido de polvo y de la naturaleza del gas bruto; aproximadamente 0.6Kw por cada 1,000m<sup>3</sup> de gas, medidos en el lado de baja tensión del

transformador; además se necesita la fuerza para un ventilador y para mover un conducto por donde se desaguan los lugares inmundos ó que pueden padecer inundación, transportador colocado en algunos casos en la parte inferior de la caja colectora. Los gastos y el espacio ocupado aumentan proporcionalmente al grado de limpieza que se quiera conseguir en el gas.

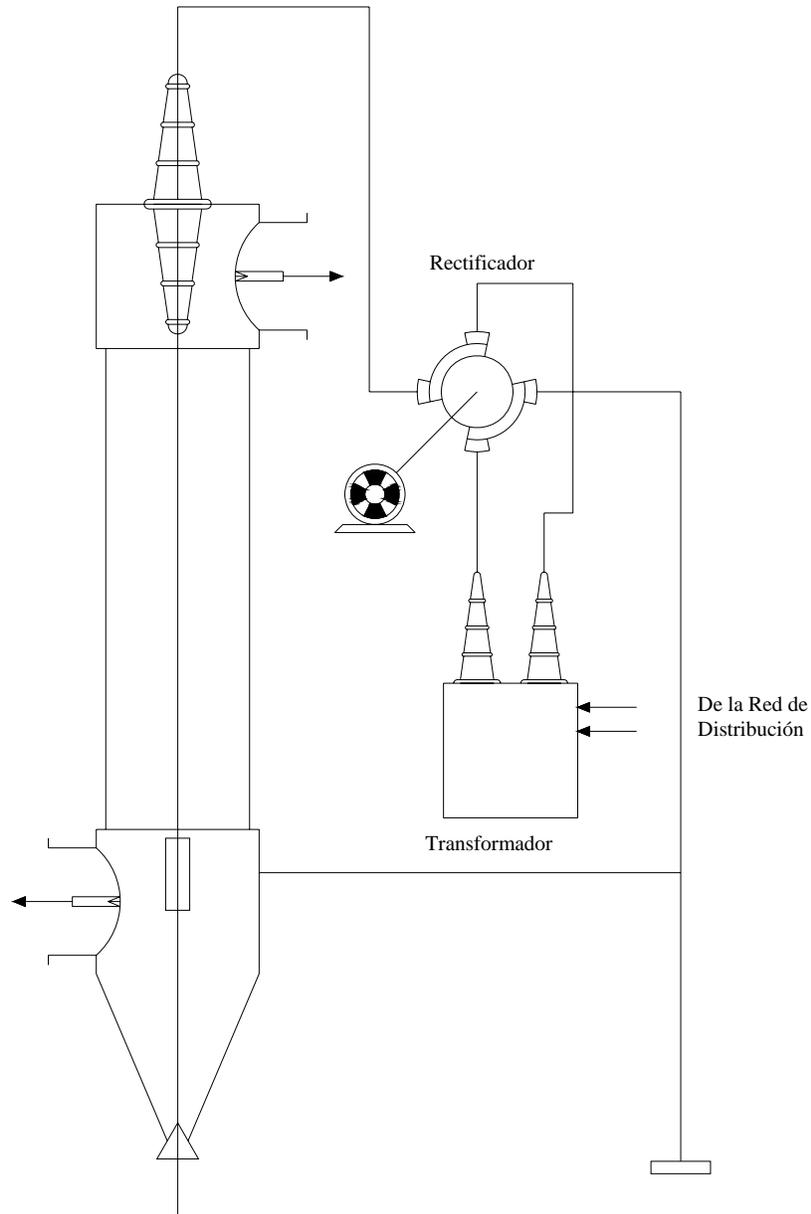


Figura 23 Depuración eléctrica de los gases

La casa Elga tiene una construcción análoga las distintas filas de tubos para la corriente gaseosa están reunidas por grupos de siete cada uno de ellos va rodeado de una envoltura de chapa, para evitar el enfriamiento, por la cual circula el gas bruto antes de penetrar en el tubo por su parte inferior. El electrodo de efluvio es un cuerpo tubular de paredes delgadas, por ejemplo, una manga metálica. La limpieza de los tubos se efectúa con martillos neumáticos. Antes de volver a dar paso a la corriente, se hace circular por los tubos gas puro en sentido contrario a la corriente de gas bruto, con lo cual aumenta algo el grado de limpieza. El establecimiento de la conexión y limpieza se verifica automáticamente el espacio necesario y consumo de fuerza, gastos de instalación y explotación, son aproximadamente como en el aparato anterior.

El procedimiento del semiconductor de la Oski Ges., Hannover, se distingue tan sólo en que los tubos van revestidos de un cuerpo medianamente conductor, por ejemplo, hormigón, de este modo se tiene un campo eléctrico más uniforme y un consumo de corriente menor.

### 3.2 TERMINOLOGÍA

Condición anormal de operación

- Condición en la cual una variable de operación sale del rango de sus límites de operación normal.

Condición anormal detectable

- Condición de operación que puede ser automáticamente detectable.

Contraflujo

- El flujo de un fluido de un componente del proceso opuesto a la dirección normal de flujo.

Evento indeseable

- Ocurrencia adversa o situación en un componente de proceso que pone en amenaza la seguridad, tal como sobrepresión, depresión, sobreflujo etc.

Fallas

- Funcionamiento impropio de un mecanismo o equipo que impide la terminación para el cual fue diseñado.

Flujo bajo

- Flujo en un componente de proceso menor al flujo mínimo de operación.

Fuente directa de ignición

- Punto de suficiente temperatura para encender una mezcla combustible.

Fuga

- Escape accidental de fluidos a la atmósfera.

Límite explosivo bajo ( L.E.L)

- La menor concentración por volúmenes de gas combustible en mezcla con aire que puede hacer ignición a condiciones ambientales.

Línea de flujo

- Tubería que dirige la materia prima, hasta el primer componente del proceso que le precede.

Mal funcionamiento

- Condición de un mecanismo o parte de un equipo que causa una operación impropia, pero que no se previene en el desarrollo de su función de diseño.

Mecanismo de seguridad

- Instrumento o control usado en el sistema de seguridad.

Nivel de líquido alto

- Nivel de líquido en un componente del proceso arriba del nivel más alto de operación.

Paro de Proceso

- Aislamiento de una estación de proceso mismo parando el flujo a dicha estación o desviando el flujo a otra estación del proceso.

Paro de Planta

- Paro de todas las estaciones del proceso de la planta y de todo el equipó de apoyo del proceso.

Presión alta

- Presión de un componente del proceso, en exceso de la presión máxima de operación, pero menor que la presión de trabajo máxima permitida.

Presión baja

- Presión de un componente del proceso menor que la presión de operación.

Presión de operación máxima permisible

- Es la presión de operación más alta permitida en un punto de un sistema de tuberías durante la operación de flujo normal o condiciones estables.

Segmento de línea de flujo

- Cualquier porción de una línea de flujo que tiene una presión de operación diferente de otra porción de la misma línea.

Sensor

- Mecanismo que detecta una condición de operación a normal y transmite una señal para el desarrollo de una función específica.

Sistema de detección de gas

- Sistema de control que monitorea la concentración de gases e inicia las alarmas y funciones de paro a concentraciones permitidas.

Sistemas de paro de emergencia

- Sistema de estaciones manuales el cual es activado e inicia el paro del proceso o de la planta.

Sistema de seguridad de la planta

- Arreglo de los mecanismos de seguridad y sistemas de apoyo de emergencia para efectuar el paro de la planta. El sistema puede consistir de paros individuales del proceso y pueden ser actuados ya sea por controles manuales o mecanismos automáticos sensitivos a las condiciones anormales detectables.

Sobre presión

- Presión en algún componente del proceso mayor a la presión de trabajo máxima permitida (para tuberías, presión de operación máxima permitida).

Temperatura alta

- Temperatura de un componente del proceso mayor a la temperatura de diseño de operación.

Temperatura baja

- Temperatura de un componente del proceso menor que la temperatura mínima de operación.

Vacío

- Presión de un componente del proceso menor que la presión atmosférica.

Válvula de paro

- Válvula normalmente cerrada operando automáticamente y que es usada para aislar la estación del proceso.





## CAPÍTULO 4

### CRITERIOS BÁSICOS DE PROCESO Y DISEÑO DE EQUIPO.

#### 4.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño son el documento en el cual se establecen básicamente el diseño de una planta industrial y generalmente se encuentran conformados en dos tipos:

- Criterios básicos de proceso
- Criterios de diseño y equipo

Los criterios son todos aquellos que se derivan de los requerimientos específicos que se encuentran indicados en las bases de diseño del proceso.

1. Criterios de operación de la planta con diversas alternativas en cuanto a productos obtenidos.
2. Requerimientos de plantas con diferentes cargas y alimentaciones.
3. Criterios de sobre diseño o prevención de ampliaciones futuras de la planta y equipo.
4. Criterios de selección de unidades de relevo de equipos.
5. Criterios de selección del tipo de accionadores y características.
6. Requerimientos de integración con y/o interrelación de plantas o unidades existentes.

#### 4.2 CRITERIOS BÁSICOS DE PROCESO

Los criterios básicos de procesos, son fijados por los ingenieros en la etapa de ingeniería básica, o bien son fijados por el creador del proceso seleccionado, los cuales fijan los rangos de control, optimización y seguridad del proceso debido a que estas etapas del proyecto se fijan los rangos de operación del proceso, condiciones máximas y mínimas de

operación y las principales zonas donde se pueden encontrar accidentes y fallas del proceso (ya sea en pureza, cantidad de lo producido, calidad del producto, etc.) e incluso peligroso para los trabajadores.

Los criterios básicos de proceso fijan rangos de operación del proceso y las condiciones en el que el proceso operará, como son presión normal de operación, condición normal detectada, línea de flujo, etc. Estos criterios son primordiales para la seguridad del proceso, debido a que estos se implementan criterios de seguridad, presiones máximas permitidas de trabajo, así como criterios en cuanto a mecanismos, ambientales de trabajo e instrumentos de seguridad. Los criterios básicos de operación se fijan las condiciones para el funcionamiento adecuado tanto del equipo, como de elementos auxiliares, indicando los rangos de operación más adecuados así como los rangos de peligro en los equipos y sistemas.

Es necesario que la elaboración de los documentos de ingeniería, correspondientes a los criterios básicos de proceso esté estandarizado, así mismo, se considere necesario que exista una guía para la elaboración de tales documentos de ingeniería.

### **4.3 CRITERIOS DE DISEÑO Y EQUIPO**

Los criterios de diseño y equipo son las consideraciones de tipo general que se aplican constantemente durante la realización de los cálculos de diseño y equipo, (ya sea de tipo interactivo o de prueba y error) y se definen en la forma conjunta por el ingeniero de proceso o el diseñador. Dentro de estos se deberán incluir los aspectos básicos señalados así como los correspondientes a los criterios específicos o particulares de diseño de los principales equipos y sistemas de proceso.

- 1) Criterios de selección del tipo de equipo requerido para llevar cabo un servicio dado.
- 2) Sobre diseño en el flujo manejado en el equipo y correspondiente a un porcentaje adicional al flujo normal.
- 3) Sobre diseño en carga térmica en el caso de cambiadores, condensadores, calderas y hornos.
- 4) Sobre diseño en parámetros y/o variables que garanticen su flexibilidad operacional del equipo.
- 5) Sobre diseño en los mismos parámetros y variables para llevar a cabo satisfactoriamente el arranque y paro del equipo.

#### 4.4 REACTORES

Llamamos reactor químico a cualquier equipo que nos permite llevar a cabo una reacción química, sin embargo este nombre debe limitarse a los casos en los cuales la transformación química se efectúa con el objetivo de procurar una o varias especies químicas predeterminadas o bien eliminar de una mezcla uno o varios compuestos su clasificación se define por ciertos criterios que sirven como base para ello; el primer criterio es el de considerar a los reactores como:

1. Sistemas monofásicos: el medio reaccionante está constituido por una misma (fase gaseosa o una fase líquida.)
2. Sistema polifásico: (donde representan más de una fase), el segundo criterio está fijado por la práctica de ejecución del proceso.
3. Reactores discontinuos: sistemas cerrados y durante el tiempo de la reacción no existe flujo de masa ni entrante ni saliente.
4. Reactor continuo: es un sistema abierto con una o varias entradas y una o varias salidas.

Dentro de los reactores continuos podemos encontrar modelos como el reactor tubular, el reactor perfectamente agitando y el reactor por etapas. Es posible realizar una reacción química catalizada, por medio de un sólido, estando los reactivos en una o dos fases fluidas. Las técnicas de operación que se manejan comúnmente son las camas de lecho fijo (cama compacta e inmóvil de partículas de catalizador), lecho móvil (movimiento de translación hacia abajo) reactores con catalizador en suspensión con agitación mecánica, fluidización y transporte neumático. Los criterios más utilizados en el diseño de estos equipos son los siguientes:

1. La rapidez de reacción en todos los casos debe ser establecida en el laboratorio y el tiempo de residencia o espacio de velocidad así como distribución de producto eventualmente deben ser encontrados en pruebas en planta piloto.
2. Las dimensiones de las partículas de catalizador son de 0.1mm en lechos fluidizados 1mm y 2-5mm en camas mixtas.
3. Las reacciones por lotes son efectuadas en tanques agitados para una velocidad de producción pequeña o cuando el tiempo de reacción es largo o cuando alguna condición como la alimentación o la temperatura deben ser programadas por alguna vía determinada.

4. Para reacciones relativamente lentas de líquidos y jarabes se utilizan tanques continuos agitados. Un tren de cuatro o cinco en serie es lo más económico.
5. Reactores de flujo tubular son empleados para gran producción y velocidad en tiempos de residencia cortos (segundos o minutos) y cuando es necesario una transferencia de calor sustancial.

## **4.5 RECIPIENTES**

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos. Algunos de estos tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen de algún proceso, este tipo de recipientes son llamados en general tanques. Los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de procesos, los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión y de acuerdo con sus servicios son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc. Los recipientes a presión pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros son horizontales o verticales y pueden tener en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según sea el caso. Los esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes esféricos a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna esta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión sin embargo en la fabricación de estos es mucho más cara a comparación de los recipientes cilíndricos.

### **4.5.1 Recipientes abiertos**

Los recipientes abiertos son comúnmente utilizados como tanque igualador o de oscilación como tinajas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser decantados como: desecadores, reactores químicos, depósitos, etc. La decisión de que un recipiente abierto o cerrado, dependerá del fluido al ser manejado y de la operación. Estos recipientes son fabricados de acero al carbón, acero inoxidable, fibra de vidrio etc.

### **4.5.2 Recipientes cerrados**

Fluidos combustibles o tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o sosa cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados.



#### 4.5.3 Tanques cilíndricos de fondo plano

El diseño en el tanque cilíndrico vertical operando a la presión atmosférica, es el tanque cilíndrico con un techo cónico y un fondo plano descansando directamente en una cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada. En los casos donde se desea usar una alimentación de gravedad, el tanque es levantado arriba del terreno y el fondo plano debe ser incorporado por columnas y vigas de acero.

#### 4.5.4 Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas

Son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente. Varios códigos han sido desarrollados o por medio de los esfuerzos del API y el ASME para gobernar el diseño de tales recipientes. Una gran variedad de cabezas formadas son usadas para cerrar los extremos de los recipientes cilíndricos. Las cabezas formadas incluyen la semiesférica, elíptica, toriesférica, cabeza estándar común y toricoidal. Para propósitos especiales de placas planas son usadas para cerrar un recipiente abierto. Sin embargo las cabezas planas son raramente usadas en recipientes grandes.

#### 4.5.5 Recipientes esféricos

El almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones de materiales es normalmente de los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían grandemente. Para los recipientes mayores el rango de capacidad es de 1,000 hasta 25,000Psi (70.31 hasta 1,757.75Kg/cm<sup>2</sup>) y de 10 hasta 200Psi (0.7031 hasta 14.06Kg/cm<sup>2</sup>) para los recipientes menores. Cuando una masa dada de gas esta almacenada bajo la presión, el volumen de almacenamiento requerido será inversamente proporcional a la presión de almacenamiento. En general cuando para una masa dada, el recipiente esférico es más económico para grandes volúmenes y bajas presiones de operación. A presiones altas de operación de almacenamiento, el volumen de gas es reducido y por lo tanto en tipo de recipientes cilíndricos es más económico.

1. Para más de 3,786.24L, utilice tanques verticales con patas.
2. Entre 3,786.24L y 37,862.35L, utilice tanques horizontales con soportes de concreto.
3. Para más de 37,862.35L, utilice tanques verticales con base de concreto.

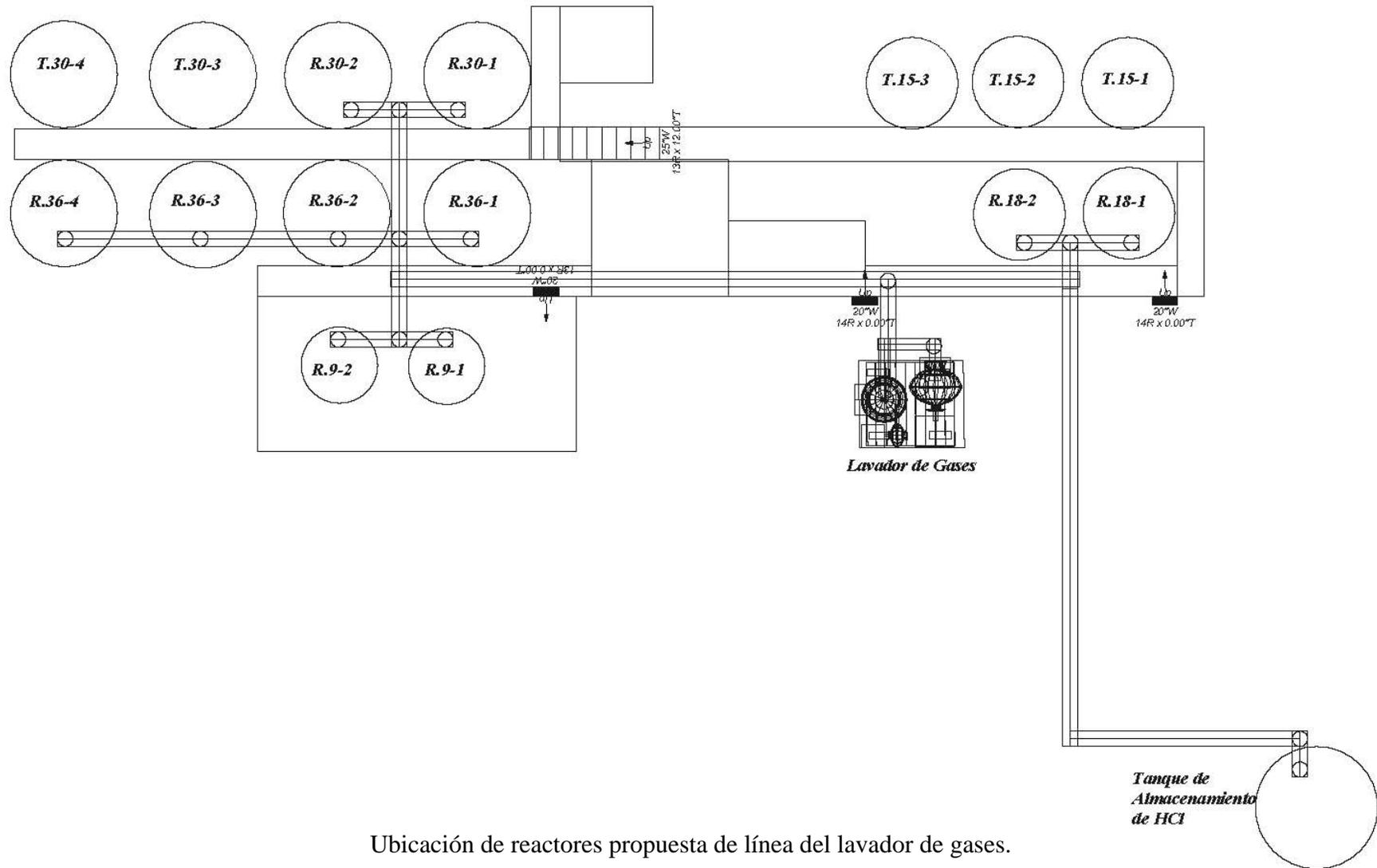
#### 4.6 BOMBAS

La transformación de energía mecánica en energía hidráulica es realizada por las bombas que se emplean para toda clase de líquidos, agua, aceites de lubricación, combustibles, ácidos, líquidos alimenticios, cerveza, leche, etc. También se emplean para los líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, melazas, fangos, desperdicios, etc. Un sistema de bombeo puede definirse como la adición de energía a un fluido para moverse o trasladarse de un punto a otro, una bomba centrífuga es una máquina que consiste en un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter; o una cubierta o carcasa. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza centrífuga, es uno de los factores que contribuyen al creciente uso de bombas centrífugas y ha sido el desarrollo universal de la fuerza eléctrica.



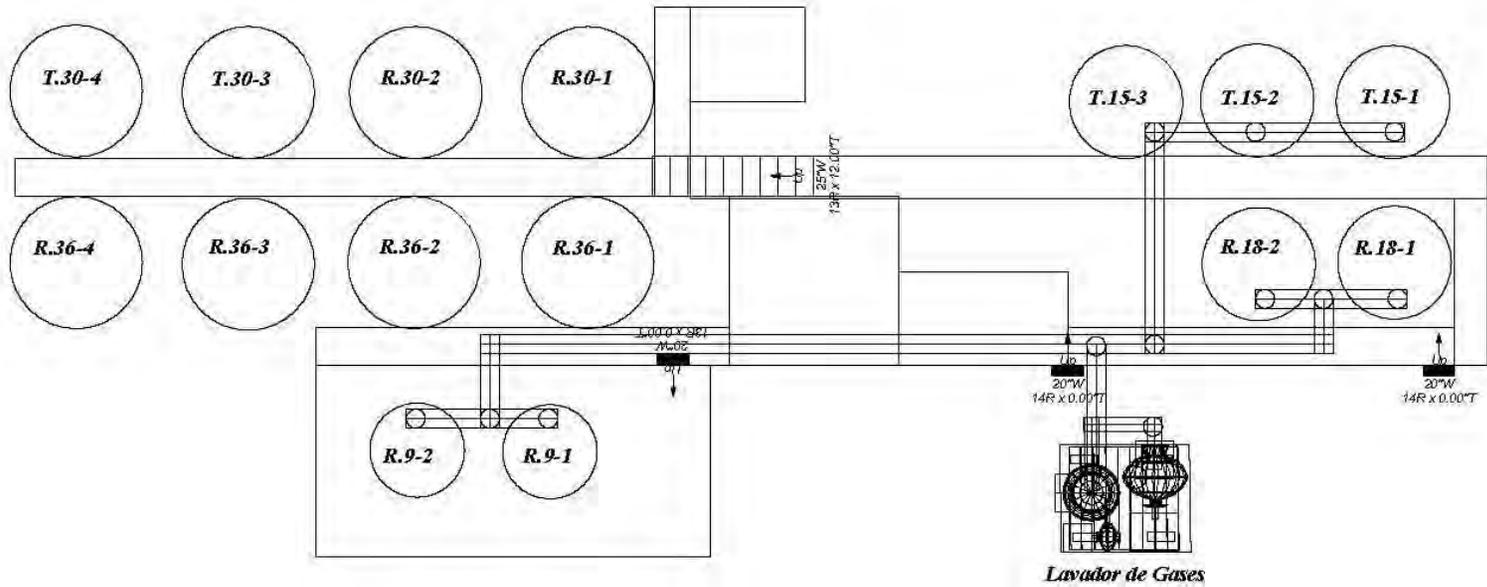


Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza"



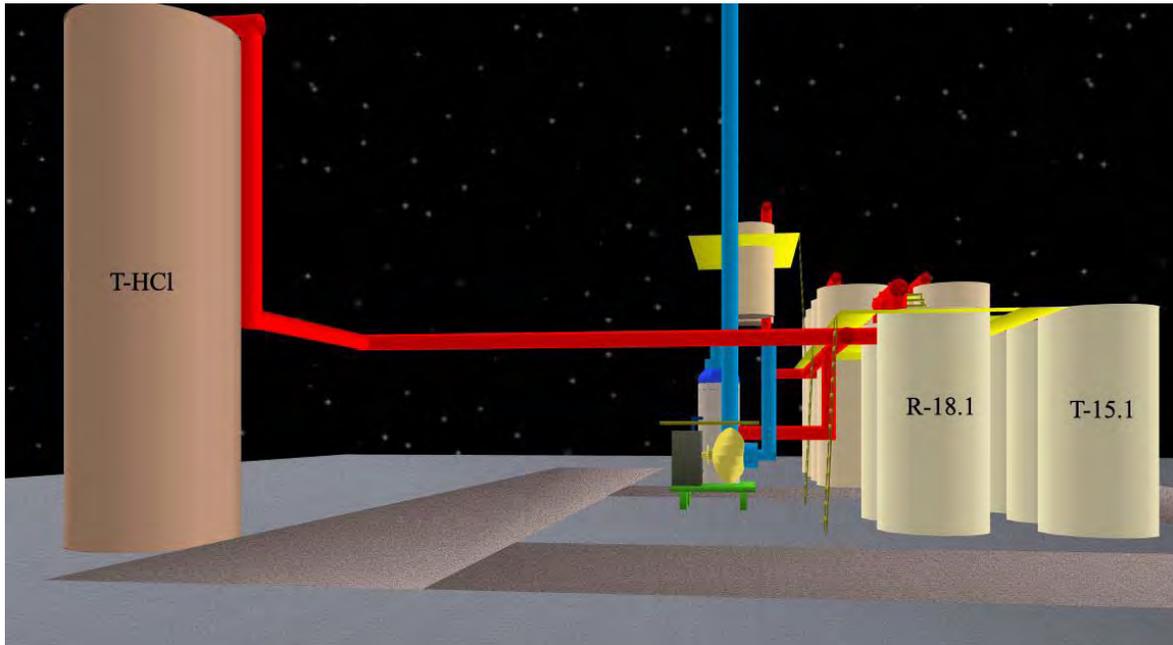
Ubicación de reactores propuesta de línea del lavador de gases.

Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza"

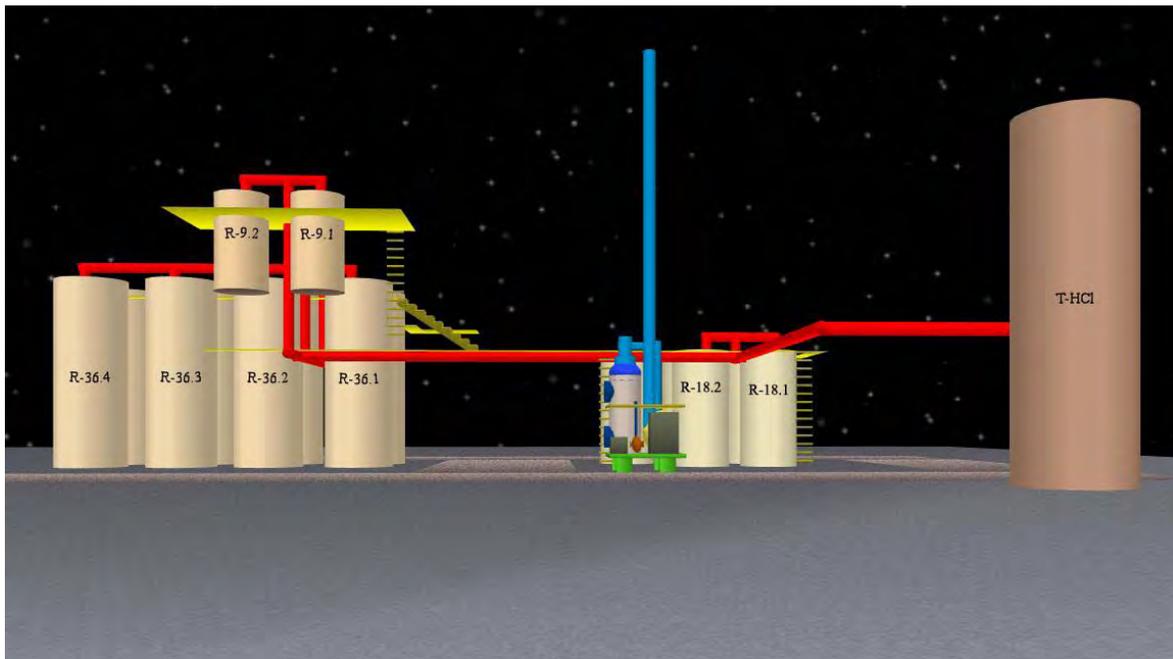


Conexiones del lavador de gases (antes).

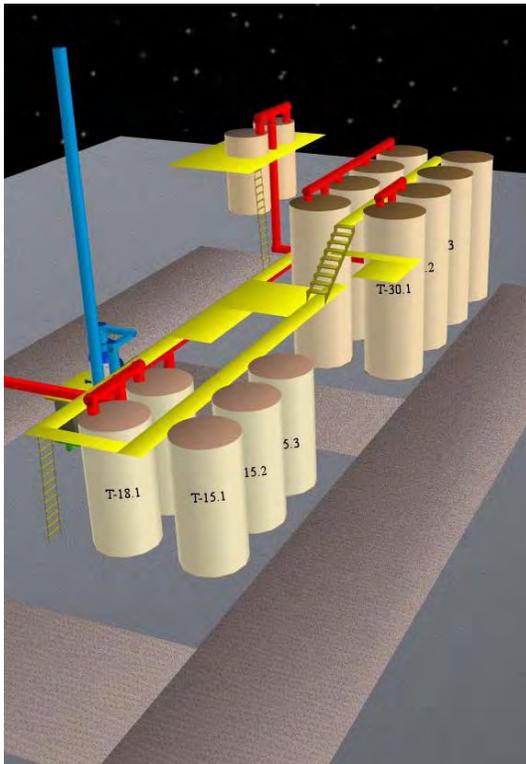




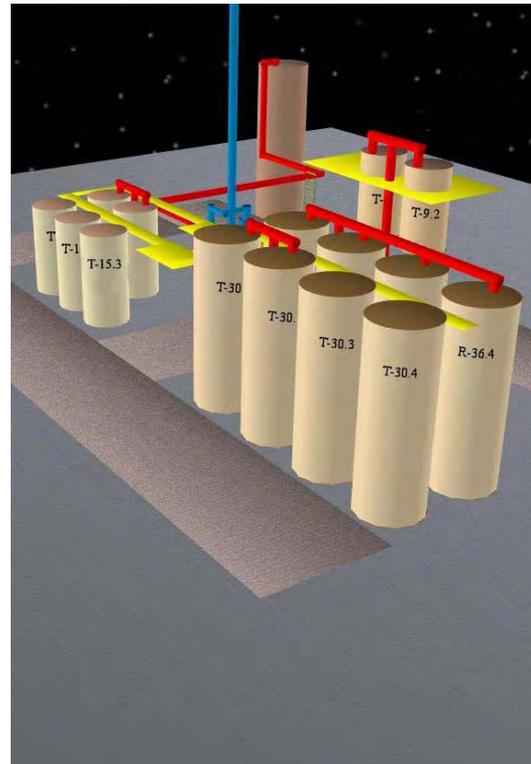
Vista del lado derecho propuesta



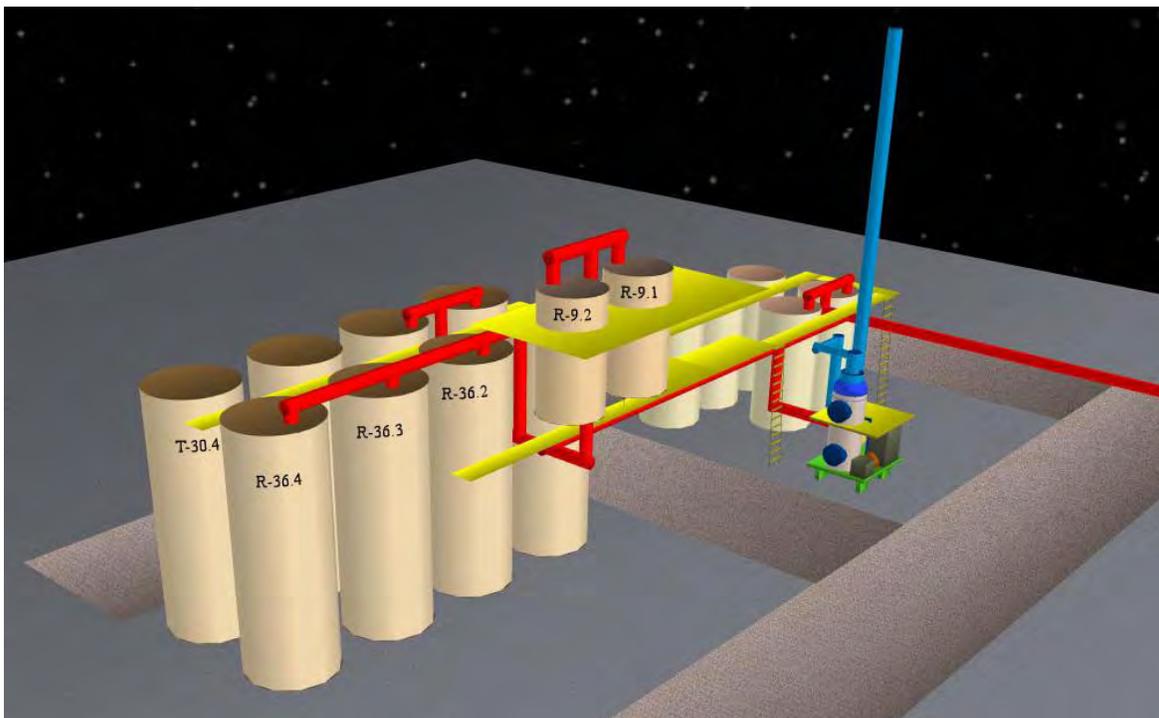
Vista Frontal propuesta



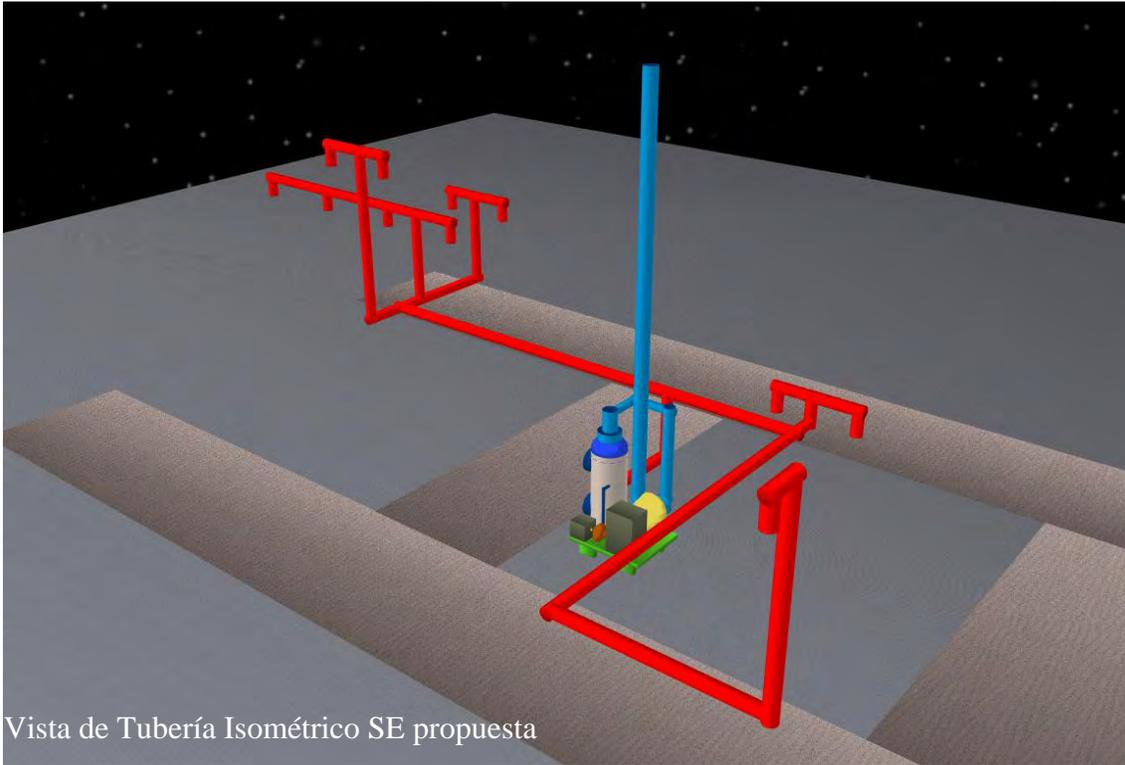
Vista isométrico NE propuesta



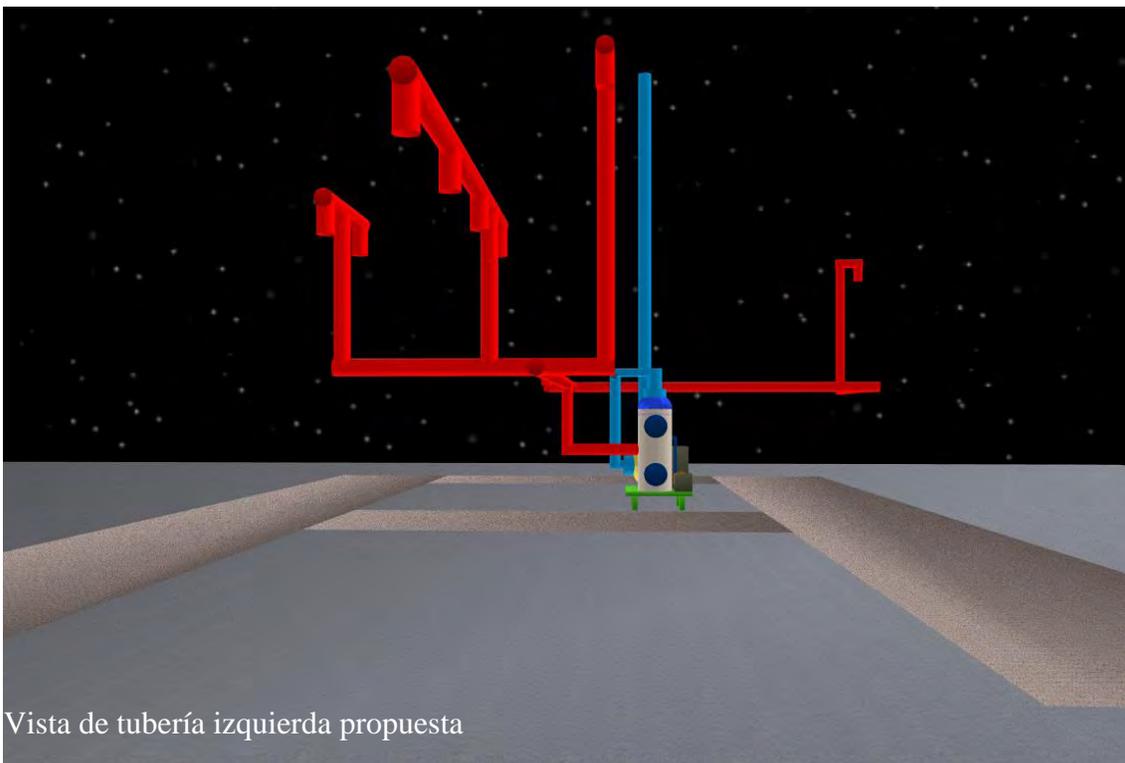
Vista isométrico NO propuesta



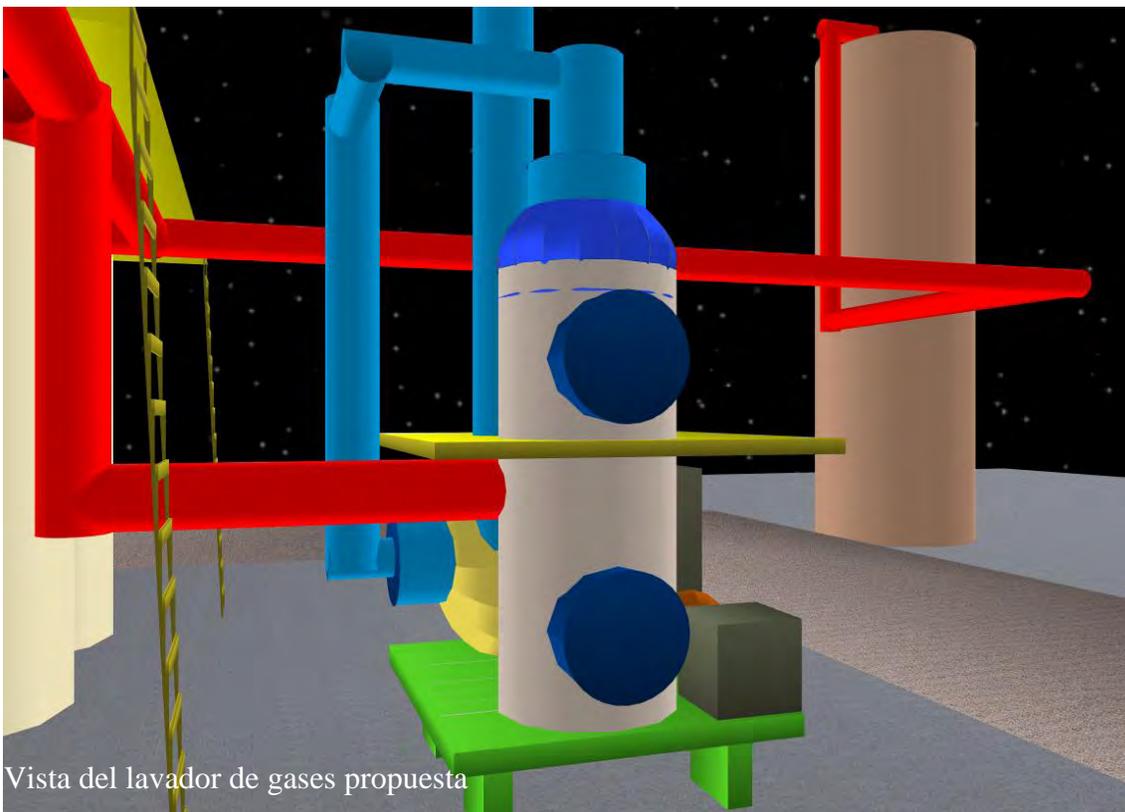
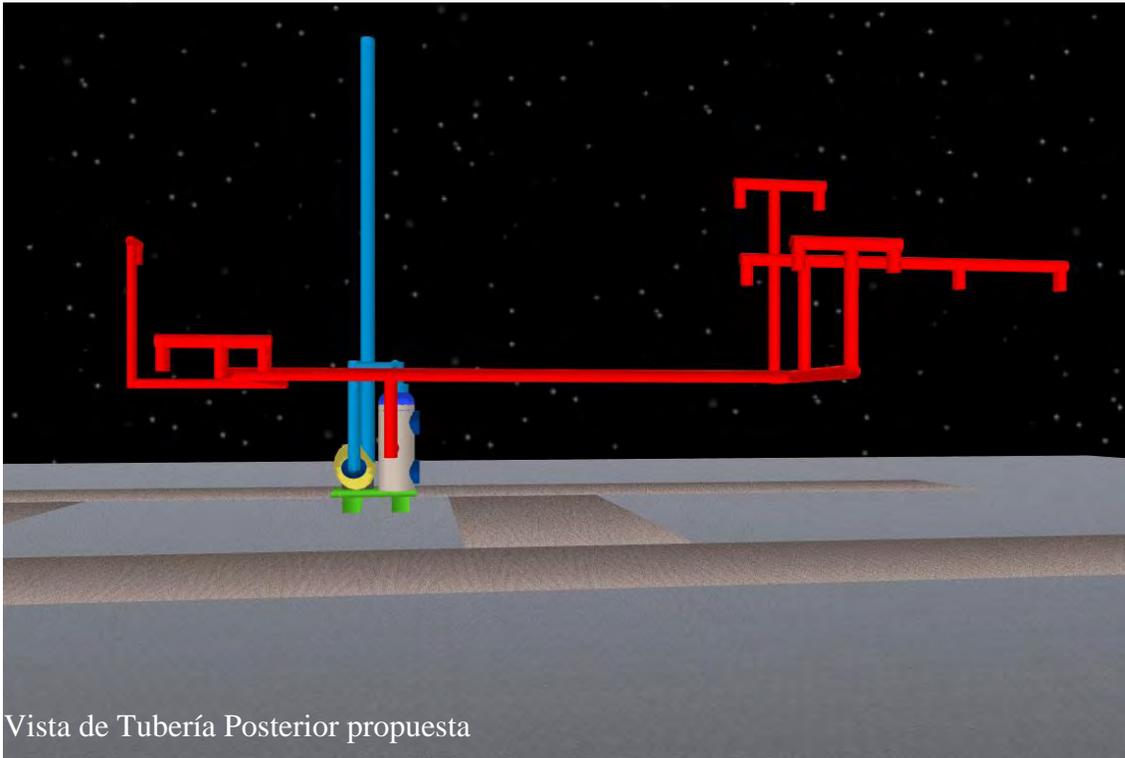
Vista isométrico SO propuesta



Vista de Tubería Isométrico SE propuesta



Vista de tubería izquierda propuesta





## 5.2 REACCION.

El objetivo básico del lavador de gases es proporcionar contacto del líquido lavador entre el aire, el agua y los productos químicos (si se utilizan) para proporcionar la oxidación o arrastre de los compuestos indeseables de los gases de escape de la combustión a veces contienen sustancias consideradas nocivas para la salud o el medio ambiente. El trabajo del lavador de gases es eliminar las sustancias de la corriente gaseosa de escape, o para neutralizar esas sustancias de manera de minimizar los daños.

El uso común de sustancias del lavado líquido es el hipoclorito de sodio, permanganato de potasio y peróxido de hidrógeno en soluciones. La inyección de absorbentes en seco consiste en la adición de un material alcalino (generalmente cal, carbonato de calcio o hidróxido de sodio) en la corriente de gases para que reaccione con los gases ácidos.

Los absorbentes aplicados en forma de spray, se introducen en una torre de absorción, donde los gases están en contacto con un atomizado fino de la solución alcalina. Los gases ácidos son absorbidos por la mezcla y la reacción forma sales en sólidos que son eliminados por el dispositivo de control de partículas

Las reacciones que se llevan a cabo son las siguientes:



Para formar el oxiclорuro de cobre



Después se utiliza para realizar el hidróxido de cobre a partir del oxiclорuro de cobre.



Así mismo se utiliza este para transformarlo en sulfato tribásico de cobre a partir del hidróxido de cobre.



Para obtiene el sulfato de cobre



Otra forma para su obtención es



En la realización del caldo bordelés es a partir del sulfato de cobre

Productos de desecho del lavador de gases un efecto secundario de depuración es que el proceso produce sólidos no deseados en la remoción en forma de pasta o polvo. Si no hay

ninguna utilidad para estos residuos sólidos, debe ser contenidos o enterrados para evitar una contaminación ambiental o de ser enterrado en un vertedero de desechos peligrosos que impida que el mercurio se filtre acabando por ser un contaminante del medio ambiente.

### **5.3 CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCONTRABA EL LAVADOR DE GASES**

#### **5.3.1. Fallas de funcionamiento**

Cuando se operaba el lavador de gases, se encontró que dentro del sistema había una pasta de lodo, la cual media 1 metro de altura. A causa de esto los dispersores no funcionaban, provocando que los gases contaminantes se fueran a la atmosfera.

#### **5.3.2. Fallas de mantenimiento**

Falta de tornillos y tornillos sueltos en el ventilador de extracción  
Fuga en ventilador de extracción  
Tubería de agua tapada  
Válvula solenoide del nivel de agua descompuesto  
Bomba de recirculación cavitando

### **5.4 PROPUESTA DEL LAVADOR DE GASES**

Instalar una bomba que conecte al lavador de gases hacia los reactores para la recuperación del líquido lavador.

Se deberá instalar un nuevo ventilador para dar las nuevas condiciones de operación en gasto de aire y presión.

Instalar un silenciador para abatir el nivel de ruido adicional del nuevo ventilador.

Modificar tubería del lavador de gases hacia los tanques y reactores que van hacer conectados.

Adquirir canicas para ajustes de cama.

Instalar una trampa de espuma.

Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza"

<b>5.5 Programa de mantenimiento preventivo</b>					
Lavador de gases					
Actividad	Efectuar cada				
	15 Días	30 Días	3 Meses	6 Meses	1 Año
<b>LAVADOR DE GASES</b>					
Limpieza general.		■			
Revisión de boquillas ó remplazo.			■		
Revisión de canicas ó remplazo.				■	
Revisión y limpieza de drenes.		■			
Revisión del flotador limpieza y ajuste.	■				
Revisión y limpieza dren rebosadero.		■			
Repintado y con resina.					■
<b>VENTILADOR DE EXTRACCION</b>					
Revisión, ajuste, y/o cambios de bandas	■				
Revisión ruidos y/o vibraciones		■			
Limpieza general			■		
Revisar chumaceras			■		
Revisar ruidos de motor		■			
Limpieza interior de ventilador				■	
Revisar amperaje motor	■				
Revisar baleros de motor			■		
Repintado exterior					■
<b>BOMBA DE RECIRCULACION</b>					
Revisar fugas.	■				
Revisar ruidos extraños.	■				
Engrase de chumaceras.		■			
Revisión y/o cambio sello mecánico.			■		
Revisión y/o cambio rotor.	■		■		
Revisar amperaje motor.	■				
Revisar baleros.			■		
Repintado exterior.				■	
<b>TUBERIA DE FIBRA DE VIDRIO</b>					
Limpieza general.			■		
Repintado con resina.					■
Revisión válvulas mariposa.		■			
Revisión soportes de ductos.			■		
Repintado de soportes.				■	
<b>PLATAFORMA DE SERVICIO</b>					
Limpieza y repintado.				■	

## 5.6 RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN

### 5.6.1 Chequeo del lavador de gases

- Verificar el sello y apriete de tornillos de bridas de registro y entradas al lavador.
- Añadir sosa cáustica como agente neutralizador al tanque de líquido a razón de 20 gr/l Para mantener una solución 0.5 N.

### 5.6.2 Chequeo del ventilador.

- Verificar que el ventilador este firmemente anclado en su sitio.
- Verificar conexiones eléctricas, voltaje, controles.
- Verificar sello de la conexión flexible a los conductos.
- Verificar sentido de rotación.
- Verificar RPM del ventilador, tanto las requeridas por el proyecto como las que proporciona la transmisión de poleas y bandas instalada.

### 5.6.3 Chequeo de tubería

- Verificar sello de bridas y tubería.
- Verificar el tener abiertas 6 bocas de succión.
- Verificar el tener cerrada la boca de succión del tanque de amoníaco, la cual no debe funcionar simultáneamente con la de ácido clorhídrico.

### 5.6.4 Chequeo de bomba

- Verificar que la bomba este firmemente anclada en su sitio; deberá montarse en una base perfectamente nivelada.
  - Verificar conexiones eléctricas, voltaje, controles.
  - Verificar fugas de tuberías y conexiones,
  - Verificar sentido de rotación.
-

- Verificar rpm del motor así como las de diseño de la bomba.

#### **5.6.5 Arranque del sistema**

- Arrancar bomba de líquido.
- Esperar 30 segundos y arrancar el ventilador.
- Verificar el cono de aspersion de las boquillas.
- Verificar succión en cada punto de operación.
- Verificar altura de la capa de turbulencia en la cama de lavado así como retorno del líquido al tanque y estabilidad de este sistema.
- Verificar vibraciones o ruidos excesivos o anormales tanto de ventilador, bomba, tuberías y lavador de gases en su caso eliminar la causa.

## Conclusiones

En el presente trabajo se muestra una descripción de los diferentes tipos de lavadores de gases que se pueden encontrar en una industria, así mismo su funcionamiento del equipo.

El cual se realizó concientizar a la empresa que es importante el funcionamiento del lavador de gases y una vez que se habilito en el proceso, para la realización de fungicidas, nos sirve para controlar las emisiones de las descargas a la atmósfera los residuos que atrapa el aire circulante son descargados a la atmósfera a través de la chimenea.

Se estudió y analizó el equipo y se rediseñó el lavador de gases dándole un uso adecuado, el cual se arrancó y funcionó, eso significa que fue todo un éxito, por otro lado la elaboración del programa de mantenimiento preventivo, fue eficiente y entendible para aquel que opere el equipo y sepa lo que realmente está haciendo.

## BIBLIOGRAFÍA

Manual del Ingeniero Químico Primera Edición 1932  
Gustavo Gili Editorial Barcelona

Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química Edición 1984  
David M. Himmelblau Editorial Prentice Hall

Operaciones Básicas de Ingeniería Química Edición 1975  
Mc Cabe W.L. y Smith J.C. Editorial Reverte

The Properties of Gases and Liquids 4ª Edición 1987  
Reid R.C., Prausnitz J.M. y Poling B.C. Editorial Mc Graw-Hill,

Ingeniería de las Reacciones Químicas Edición 1974  
Levenspiel O. Editorial Reverte

Guía de Elaboración y usos de inventarios de Emisiones Edición 2005  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Normas Oficiales del Medio Ambiente.

---