

CEER-E-075

CONFERENCIA

DESARROLLO INDUSTRIAL Y PROTECCION DEL AMBIENTE

TECNOLOGIA PARA EL CONTROL DE EMISIONES

Y SU ACEPTABILIDAD

?Por

Dr, Juan A, Bonnet

os

?Gey + 00k .

---Page Break---

DESARROLLO INDUSTRIAL ¥ PROTECCION AMBIENTAL

TECNOLOGIA PARA EL CONTROL DE EMISIONES

¥ SU ACEPTABILIDAD

Dr. Juan A. Bonnet, Jr.

---Page Break---

DESARROLLO INDUSTRIAL Y PROTECCION AMBIENTAL:

TECNOLOGIA PARA EL CONTROL DE EMISIONES ≠ SU ACEPTABILIDAD

qr.

qn.

av.

vr.

vir.

BOSQUESO

Introducción

Contaminantes

Reglamentación

1. Estándares nacionales de calidad atmosférica

2. Prevención de deterioro significativo

3. Estándares operacionales de fuentes nuevas

Fundamentos generales de la teoría de control de

emisiones de contaminantes

Descripción de equipo de control de emisiones de contaminantes,

A, Contaminantes en forma de particulado

1. ciclones

2. torres de Lavado

3. filtros

4. precipitadores electrostáticos

B. Contaminantes gaseosos y/o vapores

1. Quemadores

2. Adsorción

3. Absorción

Centrales generatrices de carbón

A, Técnicas de control de emisiones de azufre

1, Utilizar carbón de bajo contenido de azufre

2. Limpiar el carbón

3. Combustión en lechos fluidizados

4, Desulfurización de los gases de salida

Conclusión

Referencias

Tablas (5)

Graficas de aibujos (22)

---Page Break---

PRESENTACION

DESARROLLO INDUSTRIAL Y PROTECCION AMBIENTAL:

Dr. Juan A, Sonnet, Jx., Director

Centro para Estudios Pnergéticos y Ambientales

Universidad de Puerto Rico

julio, 1980

Es el propósito de esta presentaci3n analizar los procesos fundamentales que se utilizan para el control de enisiones contaminantes de procesos industriales.

Al discutir 1os procesos de control es necesario que

entendamos su importancia. Es ampliamente reconocido y aceptado que si va a continuar el desarrollo industrial y a la vez mantener la salud de nuestros ciudadanos y un aire y agua limpia, tenemos que hacer ciertas concesiones y llegar a balances adecuados.

© sea, es un requisito innegable mantener un mundo Limpio, pero también es necesario alcanzar el desarrollo industrial que provea trabajos y economías a un país. La manera de poder lograr ambos objetivos es llevar a cabo el desarrollo industrial tomando como una de las condiciones primarias la protección ambiental. Para poder asegurar esa protección ambiental es necesario modificar los procesos industriales o insta-

---Page Break---

In,

lar equipo de control para disminuir las emisiones de los contaminantes. Por eso la discusión en el día de hoy sobre los diferentes equipos de control de emisión de particulados y los principios básicos que rigen la operación de éstos es de suma importancia. Esperamos

que al terminar esta presentación ustedes se hayan familiarizado con las diferentes técnicas y estrategias que se pueden utilizar para controlar las acciones de los contaminantes de los procesos industriales.

También conocerán los procesos fundamentales y equipos que se utilizan en cada caso en particular.

Incluiremos en esta discusión la aceptabilidad, adaptabilidad, ventajas y limitaciones de cada uno de

estos equipos.

Contaminantes

Para poder determinar qué equipo de control de emisiones de contaminantes hay que utilizar en cada caso en particular hay que comenzar con la raíz del problema, La raíz del problema es identificar las fuentes de emisiones de contaminantes, o sea, es necesario llevar a cabo una evaluación del proceso industrial para determinar los desperdicios tanto

gaseosos, líquidos como sólidos que se generan en el

---Page Break---

ur.

proceso. Al llevar a cabo esta evaluación, es necesario identificar cada contaminante, la razón de la

emisión y las va

Saciones en su concentración tanto

en operación normal como en operaciones anómalas o en casos de emergencias. Es importante llevar a

cabo esta evaluación lo más detalladamente posible y

cubrir todos los diferentes ciclos y operación del

proceso. Solamente de esta manera se puede determinar

y definir cuáles son los tipos de control más apropiados

para cada caso en particular, Es esencial conocer

las leyes y reglamentaciones que aplican en cada caso.

Si las emisiones de los contaminantes exceden

los límites permisibles establecidos por las leyes y

reglamentos es necesario hacer ajustes en los procesos

operacionales, cambiar el proceso, o instalar equipos

de control. En muchos casos es necesario tomar medidas

para minimizar el problema a corto plazo en lo que

se implementan soluciones más permanentes a largo

plazo.

Veamos ahora cuales son las reglamentaciones esti

blecidas con las cuales hay que cunplir,

Reglamentaciones

En los casos de control de emisiones gascosas,

es necesario cumplir con:

---Page Break---

Jos estandares nacionales de calidad atmosféric

Las leyes de prevencién de deterioro significative; y

Los estandares operaciones de fuentes nuevas.

1, Los estandares nacionales de calidad atmosférica

Estos estándares son promulgados por la ley de aire Limpio según enmendada en 1970. Se han establecido estándares para dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno y para particulado. Estos estándares se han establecido para concentraciones primarias donde envuelven la salud directa de los seres humanos y de concentraciones secundarias donde se envuelve el bienestar del público en general. En la Tabla 1 se presentan las concentraciones aceptables para concentraciones primarias y secundarias

en los casos de (a) promedios anuales máximo:

(b) concentraciones en 24 horas y (c) concentración máxima en un período de tres horas en un año dado. Los planes de los diferentes estados para implementar las normas de calidad de aire hacen necesario cumplir con estos estándares primarios.

2. La prevención de deterioro significativo,

Esta política se conoce también como la política

de la burbuja, y básicamente dispone que alrededor de una

---Page Break---

planta 0 complejo industrial la compañía 6 insté tuc s é n
a cargo debe operar ésta de 1a anera mAs eficiente
posible para controlar las emisiones de 1a planta a
unos totales aceptables. así, los estándares naciona-
les de calidad de aire quedan cumplidos. En adición,
se pueden hacer cambios entre las cantidades que se
emiten de uno de los procesos © industrias en esa
misma región siempre y cuando estos cambios sean de
contaminantes similares y no se violen las emisiones
totales aceptables.

Bajo esta política no se puede relajar o disminuir
el control de los contaminantes que son peligrosos
cambiéndolos por contaminantes que son menos peligro-
sos desde el punto de vista tóxico, básicamente esta
reglamentación ofrece flexibilidad a las industrias
para determinar cuáles contaminantes en particular se
desean controlar o renovar en sus procesos siempre y
cuando no se aumente la contaminación total de emi

siones @ través de esa burbuja inaginaria que se esta~
blece alrededor del complejo industrial.

3. Los estandares operacionales de fuentes nuevas.

Bajo el acta de aire limpio, 1a Agencia de Proteccion

Ambiental de los Estados Unidos también estableció unos

estandares de emisi6n de fuentes nuevos. Estos

---Page Break---

estandares se concen por sus siglas en ingl6s como

NSPS: The New Source Performance Standards". La

?Tabla 2 nos resume estos estandares. Cono ejemplo,

en el caso del bi6xido de azufre, las emisiones de

una planta de carb6n deben ser menores de 1.2 libras

por mill6n de BTU, PY significa "British Thermal

unit", Pero en adición a esta condición se requiere que los procesos de remoción de contaminantes que se instalen en una operación remuevan por lo menos un 85% de las emisiones del dióxido de azufre si el combustible que se quema tiene un porcentaje de azufre de más de 38. En caso que el combustible tenga un porcentaje de menos de 0.6% no se exigen estos estan-

dards. En forma similar existen estándares para el

caso de dióxido de nitrógeno y de particulado. El propósito de estos estándares es requerir que toda fuente nueva o industrias nuevas que se establezcan usen la mejor tecnología disponible de control y que se utilicen los métodos mejores de remover estos contaminantes antes de emitirlos al ambiente para obtener unos porcentajes de reducción de ciertos contaminantes específicos tales como el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno o el particulado.

---Page Break---

1.

generales de la teoría de control de

contaminantes. (referencias #1, 2 y 3)

Los métodos de control de emisiones de particula-

Fundamentos

dos se basan en procesos físicos o químicos. Entre los procesos físicos que se utilizan para remover contaminantes de un flujo de gases se encuentra el aplicar diferentes fuerzas a los componentes que se desean remover. Se puede aplicar fuerza gravitacional,

centrifuga o electro-estáticas. Por ejemplo, si queremos remover unos contaminantes los cuales son unas partículas pesadas, instalamos una chimenea alta y aislada de tal manera que estas partículas no puedan salir por la chimenea debido a la fuerza de gravedad.

Así, las partículas caen y se recogen abajo en la chimenea. O bien, se puede utilizar una centrifuga

donde

pueden separar las partículas de diferente peso, ajustando el tamaño, velocidad y flujo a través de la centrifuga.

La fuerza electro-estática también se puede utilizar si cargamos eléctricamente partículas de un contaminante en particular al pasarlas a través de un aparato o equipo donde haya carga electro-estática. Estos contaminantes así cargados son atraídos por

los campos eléctricos alrededor de ciertas celdas o

---Page Break---

electrodes donde quedan depositadas y son recogidos
nfs tarde.

La filtración es otro proceso que utiliza un medio
físico para la separación. En la filtración se utilizan
el impacto, la intersección y/o la difusión. Si
una partícula es tan grande que no puede pasar a
través de una red o maya, tiene un impacto con esa red
y es interceptada. O si una partícula viene en una

dirección dada y choca con una pared pierde su veloci-

dad y cae. El caso de difusión incluye partículas peque-

de menos de un micrómetro de tamaño, las cuales son tan
pequeñas que no son afectadas por el movimiento de las
moléculas que está ocurriendo en los gases donde ellas
se difunden y se mueven en una dirección dada. Este

Proceso no es tan usado como otros.

Otro medio físico que se utiliza en los equipos de control de procesos químicos © reacciones químicas es el siguiente:

Podemos convertir algunos contaminantes en estado

gaseoso a su estado líquido o sólido donde es más

fácil su remoción, A la inversa, utilizando procesos químicos podemos cambiar la característica de un contaminante dado y convertirlo en otro

compuesto que es de más fácil remoción. Durante

---Page Break---

la descripción de los diferentes equipos, discutiremos en detalle los diferentes procesos físicos y químicos en que se fundamenta la operación de cada uno de éstos.

Entre los equipos que discutiremos estén los ciclones, las torres de lavado, los filtros y los

precipitadores electroestáticos. También hablaremos

de los quemadores, calderas y procesos de absorción.

Descripción de equipo de control de emisiones de
contaminantes

Durante la presentación de estos equipos utilizaremos 22 gráficas de dibujos, los cuales simplifican

la explicación de cada caso en particular.

A. Contaminantes en forma de particulados:

1. Ciclones - en los ciclones, el método de recoger el material contaminante particulado se basa en el principio de aceleración centrífuga de los gases. Debido a esta aceleración las partículas son tizadas en contra de las paredes del ciclón. La velocidad de los gases según éstos descienden a través del

cuerpo cilíndrico hacia la sección cónica

---Page Break---

-10-

del ciclón, va aumentando. Este aumento en velocidad causa un aumento en la fuerza centrífuga de tal manera que aun las partículas más pequeñas bajan sin velocidad al llegar a la zona de alta viscosidad que existe en las paredes del ciclón. En esta zona las partículas se van depositando sobre las paredes del ciclón y por la acción de la fuerza de la gravedad caen y se acumulan en el fondo donde

se recogen. El movimiento en un ciclón

parece a un tornado,

Los ciclones tienen una eficiencia de separación mayor para partículas mayores. El diámetro de corte se define con el ángulo en el cual el 50% de las partículas de ese

tamaño son recojidas y el 50% no son recojidas.

El diámetro de corte en los ciclones es de aproximadamente 10 micrones y su alcance cubre

desde 5 a 15 micrones dependiendo del tipo, tamaño, largo, velocidad y materiales del ciclón. Los ciclones se pueden operar mojados o secos. En los ciclones mojados se añade agua a la entrada del ciclón, de esta manera

el agua se dispersa como gotas sobre toda la

---Page Break---

a1-

superficie de la unidad, Esto causa que algunas partículas se mojen y al depositarse en las paredes les sea más fácil para caer y recogerlas. Los ciclones se pueden operar en una serie de unidades en paralelo. Estas unidades pueden ser idénticas o de diferentes características. Los ciclones tienen la ventaja que no tienen partes móviles.

El principio de los ciclones se parece al principio de las cámaras de deposición.

En las cámaras de deposición solamente se

utiliza la fuerza de gravedad. O sea, una cámara de deposición es como una chimenea donde los gases entran en la parte de abajo y según estos suben las partículas de mayor peso, debido a la acción de la fuerza de gravedad van perdiendo velocidad, caen y se recojen en la parte de abajo de la chimenea.

En la Tabla 3 se describen algunas características de estas cámaras de deposición y de los ciclones. En esta tabla podemos ver los rangos óptimos de operación, las concentraciones, las limitaciones de temperatura y

velocidad, la caída en presión y el porcentaje

---Page Break---

de eficiencia que se espera en diferentes unidades. También esta tabla nos da una breve descripción de los contaminantes para los cuales se puede usar este equipo, en qué casos se pueden utilizar y algunas de sus limitaciones.

Torres de Javado (wet scrubber)~ En las torres de lavado el método principal para recoger los particulados es un líquido que se introduce en la unidad y se convierte en gotas. Esta conversión del líquido en un aerosol provee una superficie grande para recoger los contaminantes solubles y los particulados que estén presentes en el gas. Es importante que las partículas en estos casos lleven una velocidad alta para aumentar la probabilidad de recogerlas. O sea, podemos visualizar estos equipos como unas duchas de líquidos que absorben las partículas y otros contaminantes solubles (hidroscópicos). Hay varias clases de las torres de lavado, incluyendo torres empacadas, torres de platos, torres de duchas, venturitis y torres de flujos cruzados. El tamaño de las partículas que se pueden recoger con estos

---Page Break---

equipos varfa desde 1a 20 micrones. Por supuesto los disefios tienen que variar. Por ejemplo, para las partfculas mfs pequefias de

lun micr6n se necesitan equipos de alta veloci-
@ad como torres de lavado venturis. En estos casos 1a cafa en presi6n a trav6s del equipo puede ser del orden de 60 a 80 pulgadas. Es importante que estos equipos se disefien de

tal manera que se evite la salida de los 1fqui-
os © humedad cuando salgan los gases Limpios,

?Tambi6n tienen que haber buenos m6todos para

coger los 1fguidos, extraer de 6stos los
contaminantes y disponer de los mismos. La
Tabla 3 incluye una descripci6n de diferentes
tipos de torres de lavado y da las caracterfs
ticas de estas unidades

Piltros ~ los filtros consisten de estructuras
porosas como fibras sint6ticas © naturales en
los cuales segun el gas pasa se quedan por

retención de las partículas contaminantes. Se utilizan también filtros de otros materiales incluyendo de metales. La caída de presión a través de los filtros depende del flujo, los particulados, las características del filtro,

---Page Break---

nut

y la frecuencia y efectividad de los procesos de Limpieza del filtro. Como ejemplo de los filtros tenemos los filtros que utilizamos en los aires acondicionados. En la Tabla 3 también se dan detalles sobre diferentes tipos de filtros industriales y en las figuras también podemos ver diferentes tipos de filtros. Entre los diferentes tipos de filtros tenemos los filtros tipo saco los cuales aparecen en algunas de las figuras presentadas.

Precipitadores electrostáticos - son unas unidades en las cuales se forman iones (partículas cargadas) en los gases por medio de

descargas eléctricas de alta densidad. Al formarse estos iones, las partículas se cargan eléctricamente cuando pasan los gases. Cuando las partículas cargadas eléctricamente pasan

a través de un campo electrostático, éste causa que las partículas migren a los electrodos. Al llegar estas partículas a los electrodos la carga de la partícula se neutraliza y la partícula se adhiere a los electrodos. Estas partículas se remueven de los electro-

dos y se recogen. De esta manera es importante

---Page Break---

n15-

remover las partículas sin llegar a los electrodos en una forma continua para evitar que un electrodo se tape con partículas y baje la eficiencia de recolección. En muchas ocasiones lo que se hace es que se vibra o se sacude el electrodo periódicamente para que caigan las partículas. En la Tabla 3 podemos apreciar las características de las unidades

de precipitación electroestáticas.

B. Contaminantes gaseosos y/o vapores

1, Quemadores - una de las maneras de remover contaminantes gaseosos y/o vapores es por la combustión de éstos. Sencillamente los contaminantes se queman con el oxígeno del aire.

Un ejemplo de esto lo vemos cuando pasamos por la cercanías de las refinerías donde hay una

llama encendida continuamente. Allí en esa

llama lo que se está haciendo es quemando algunos de los contaminantes para evitar que se escapen a la atmósfera. Se pueden utilizar tres tipos diferentes de combustión. Estos

son los antorch

+ los quemadores secundarios

© los oxidadores catalíticos. La eficiencia

de estos procesos depende del tiempo de resi-

---Page Break---

n16-

dencia, la temperatura de combustión y la
turbulencia. En el caso de la llama (flaring)

es una oxidación directa y descubierta con
tiempo de residencia corto. Algunas de estas
Lamas se mantienen en combustión continua
quemando los contaminantes. otras

veces las llamas requieren que se les supla
combustible suplementario para mantener la
combustión. Los quemadores secundarios (after
burner) operan de 1,500 a 2,000°F. La cantidad
necesaria de combustible suplementario es
mínima debido al alto tiempo de residencia.

Normalmente estos quemadores secundarios se
instalan en unas cámaras refractorias donde
ocurre la combustión.

La oxidación catalítica opera a temper:

turas de alrededor de 1,200°F. La función del agente catalítico es aumentar la rapidez de

oxidación a temperaturas bajas. En muchos

casos el agente catalítico es platino o iridio.

Hay que tener cuidado que estos agentes catalíticos no se envenenen (o sea se tornen inefectivos) debido a la acción descontaminante como

son los compuestos clorinados. Estos procesos

---Page Break---

-17-

de combustión son efectivos pero por otro lado hay que utilizar energía o quemar combustibles en algunos casos para mantenerlos. En la Tabla 3 se describen algunos de estos procesos.

Adsorción - Los procesos de adsorción ocurren entre un sólido y un gas donde los contaminan-

tes se adsorben en la superficie o poros del sólido. Un ejemplo es el agente de adsorción carbón activado muy efectivo para el caso de hidrocarburos. También se puede considerar sílice o compuestos sintéticos como los zeolitos. Los procesos de adsorción controlan dos fenómenos. El primero es la captura y el segundo envuelve la retención. La mayoría de los procesos de adsorción son exotérmicos

que generan calor. Si el proceso de adsorción es estrictamente físico es fácil regenerar el material sólido aplicándole calor a temperaturas moderadas. Si por el contrario envuelve procesos químicos se requiere calor

una atmósfera inerte u otras condiciones para la regeneración. La Tabla 3 nos da algunas características de las unidades de adsorción.

---Page Break---

3. Absorción - El proceso de absorción es un proceso de difusión controlada entre una masa gaseosa y otra líquida, o sea, ocurre un proceso de transferencia o transportación de masa. La eficiencia de este proceso depende de la facilidad con la cual el agente contaminante se puede transferir del gas a la fase líquida. La absorción aumenta cuando existen razones de difusión alta, solubilidades altas, áreas de superficie grande y turbulencia.

La Tabla 3 nos describe algunas unidades de absorción. En este momento debemos mencionar que todas estas unidades o equipos de control que hemos descrito son diseñadas por diferentes fabricantes de diferentes maneras. La idea de presentarles a ustedes estas unidades, es describir el proceso y algunas de las características generales. Esperamos que adquieran unos conocimientos básicos de cada uno de estos equipos de control.

Para continuar queremos ahora concentrar nuestra explicación en una industria en particular y utili-

zando ésta como ejemplo ver los diferentes procesos de control de emisiones de particulados y gaseosos

que se utilicen en casos particulares, Vamos a hablar

---Page Break---

vr.

-19-

espectificamente de las centrales generatrices de carbón.

He nos escogido las centrales de carbon ya que son éstas una de las que más se estén utilizando en los Estados Unidos para producir electricidad y en el nuevo plan de energía de esa nación se le esté dando alta prioridad.

En adición, en Puerto Rico se van a construir tres unidades para producir electricidad quemando carbón de

aproximadamente 300,000 kilovatios eléctricos cada una.

Centrales generatrices de carbón

Se ha estimado que anualmente se descarga contaminantes de dióxido de azufre del orden de 65 millones de

toneladas a la atmósfera. La gran mayoría de este azufre proviene de la combustión del carbón. El 21% del azufre en su mayoría se encuentra en la fórmula del dióxido de azufre (SO_2). También se convierte en ácido sulfúrico (H_2SO_4) cuando el dióxido de azufre se mezcla con la humedad de la atmósfera. Esto se conoce como lluvia ácida. Los límites de emisión de azufre están descritos en las tablas 1 y 2. La mayoría de este azufre proviene de las plantas que queman carbón. En

los Estados Unidos el 70% del dióxido de azufre que

---Page Break---

=20-

se emite a la atmósfera proviene de plantas generatrices de carbón. Se espera que se construyan aproximadamente 300 nuevas plantas generatrices de carbón en los próximos 10 años. Una unidad generatriz de 450,000 kW

emite aproximadamente de 3 a 5 toneladas de carbón por minuto. El valor calorífico del carbón es de 8,000 a

13,000 BTU/lb y las unidades generatrices tienen una proporción de calor (heat rate) de 10,000 BTU/kwhr.

Durante el 1965 se quemaron 405 millones de toneladas de carbón. En el 1995 se anticipa que se quemarán de 800 a 1,300 millones de toneladas de carbón. Se espera que esto cause que las emisiones de dióxido de azufre aumenten de 18.6 millones de toneladas en el año 1975 a 20.6 millones por tonelada en el 1995.

Estas emisiones resultarán aun instalándose equipos de control para remover una gran cantidad del azufre que será emitido en la combustión del carbón.

Para controlar las emisiones de dióxido de azufre es necesario (1) utilizar combustible conteniendo bajo contenido de azufre, (2) remover el azufre del carbón antes del proceso de combustión, (3) remover el azufre durante la combustión, (4) remover el azufre después

de la combustión, o

en los gases de salida de las

calderas, o (5) una combinación de cualquiera de estas

técnicas,

---Page Break---

a21-

Vamos a proceder ahora a discutir en detalle las técnicas de control viables al presente:

A. Técnicas de control de emisiones de azufre

1. utilizar carbón de bajo contenido de azufre

De acuerdo a la reglamentación existente,

podemos notar de la Tabla 2 que si se quema

un combustible menor de 0.6% de azufre es

posible operar las calderas de carbón sin

tener que instalar equipo de control. La

Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico

ha anunciado públicamente que sus planes son

utilizar este combustible de bajo contenido

de azufre. De poder conseguir este combustible

continuamente no es necesario de acuerdo a la

reglamentación ambiental instalar equipo de

control de emisiones.

2. Limpiar el carbón

Existen métodos físicos y químicos para

limpiar el carbón antes de su combustión. Los

métodos físicos se fundamentan en utilizar las diferencias en el peso específico o en ciertas propiedades de la superficie. Es posible remover de un 20% a un 80% del azufre

Libre en el carbón. Los métodos químicos

---Page Break---

-22-

incluyen procesos más complicados como son el proceso de la TRA-Meyers y otros, El azufre libre es azufre inorgánico, el azufre en forma orgánico en el carbón no puede ser removido del carbón por medio físico, Los métodos de limpiar el carbón antes de la combustión están limitados en la cantidad de azufre total que se puede

Combustión en lechos fluidizados (fluid bed combustion)

Quemar el carbón en lechos fluidizados de, (fluidized bed), piedra caliza, (limestone),

© dolomita para formar sulfato de calcio seco a temperatura de 1,450 a 1,650°F es un método eficiente de remover el azufre. Esta combustión se lleva a cabo en una vasija cerrada que tiene unos platos porosos donde se mantiene el carbón pulverizado y el absorbente (pedra caliza o dolomita). se fuerza aire

a través del plato lo que fluidiza el lecho de carbón y el absorbente. según el carbón se quema el dióxido de azufre es absorbido por la reacción con la piedra caliza, se

reemplaza carbón y absorbente continuamente al

---Page Break---

236

lecho y se va renovando continuamente el absorbente y las cenizas. Hay dos tipos de estos procesos. Uno es la combustión atmosférica en lecho fluidizado y la otra es combustión a presión en lecho fluidizado. EL primero opera a presiones cerca de la presión

atmosférica y el segundo opera a presiones de

6 a 16 mayor que 1a presión atmosférica. AL

presente hay una unidad de 30 mil kilovatios

eléctricos operando en Riversville, West

Virginia que usa el proceso de lecho de com-

bustión fluidizado a presión atmosférica. La

Compañía Tennessee Valley Authority ha diseñado

una de estas unidades de demostración de un

tamaño de 200,000 kilovatios. El proceso a

presión atmosférica está más avanzado que el

proceso @ presiones altas. Con este proc!

se consiguen eficiencias de remoción del

dióxido de azufre del orden de 80% a 90%.

Desulfuración de los gases de salida (flue

gas desulfurization]

Este proceso es el más común hoy en día.

Se fundamenta en remover el dióxido de azufre

de los gases de salida de las calderas por

---Page Break---

a24-

medio de una reacción química con un absorbente

Ailuido en agua 0 en disolver el bióxido de

azufre en una torre de absorción (scrubber) .

Por esta razón estos procesos en algunos casos

Se conocen como torres de lavado de las chimeneas.

Estos procesos se han venido utilizando

en la Gran Bretaña desde el 1930. Hay varios

sistemas. La eficiencia de remoción del

bióxido de azufre de estos procesos es del

orden de 90% pero se espera que puedan exceder

en un futuro cercano el 95%. Para el 1978

existían 29 unidades en operación y 51 otras,

unidades se estaban diseñando o construyendo.

Más de 25 millones de kilovatios eléctricos

de capacidad de estas unidades están ya instalados

o en construcción.

Se pueden clasificar estos sistemas en dos

tipos generales: no regenerativos o regenera-

tives. En el primero se dispone del material de azufre a través de procesos de absorción o como un lodo o producto de deshecho. En el segundo método el material de azufre se puede recuperar como azufre elemental o ácido sulfú-

Fico o bióxido de azufre líquido y venderse.

---Page Break---

-25-

En adición el agente usado para recuperar el azufre se regenera y se vuelve a utilizar.

En 1908 de los sistemas en operación hoy en día o en construcción son del tipo no regenerativos. Como ejemplo una unidad generatriz que quema 962,900 toneladas de carbón por año con 2.78 de azufre contiene 26,000 toneladas de azufre. Al remover cada tonelada de azufre se producen 9 toneladas de lodo. Por lo tanto, en una central generatriz de 450,000 kwe se producen aproximadamente 234,000 toneladas al.

afío de lodo. Para acomodar este lodo hace falta cada afío, un espacio de 30 pies de altura en un rea de superficie de 4.8 acres. Por lo tanto, es importante buscar métodos alternos de disposici3n o utilizaci3n de estos lodos.

De tos procesos no regenerativos, los dos m3s importantes son:

(1) las torres de lavado utilizando piedra caliza (limestone) 0 cal (lime). Ambos de estos sistemas est3n disponibles conercialmente.

?Las reacciones en. cada caso son las

siguientes:

---Page Break---

vir.

-28-

Cone!

ion

En conclusión debemos reconocer que para continuar el desarrollo industrial de un país en armonía con la protección ambiental es necesario diseñar los procesos industriales de tal manera que se minimizan las descargas al ambiente de agentes contaminantes. Para tales fines es importante incluir en todo desarrollo industrial la tecnología y equipo necesario para el control de sus emisiones contaminantes. Estos equipos tienen que ser de tal manera que su funcionamiento sea confiable y aceptable para así poderse cumplir en todo momento con las reglamentaciones ambientales existentes.

He descrito en este trabajo los procesos que gobiernan la operación de los equipos de control de emisiones de contaminantes incluyendo su aplicabilidad, aceptación y limitaciones en cada caso. Esperamos que teniendo unos conocimientos generales de estos equipos y su función sea más fácil entender

Ja relación estrecha que tiene que existir entre la

industria y el ambiente.

Muchas gracias

---Page Break---

-27-

atmósfera de calcio y se recobra

80, + Ngo.

(b) Wetman Lora

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$

Se añade calor para regenerar:

4

$\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

(c) Ceniza de soda (Soda ash)

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

$2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Se regenera oxidando:

2Waz60, + 0, + 2Na,\$04.

La Tabla 4 nos detalla el estado actual de cada uno de estos procesos desde el punto de vista de su desarrollo investigativo a escala de demostración comercial. La tabla 5 nos describe las ventajas y desventajas, viabilidad económica y productos de deshecho que se producen en cada uno de estos procesos.

Para controlar las emisiones de partículas de las centrales generatrices de carbón se utilizan los equipos mencionados anteriormente como son los precipitadores electrostáticos, filtros, torres de lavado o ciclones.

---Page Break---

REFERENCIAS

Para

LECTURAS SUPLENENTARIAS

Industrial Air Pollution Handbook - Editor: Albert Parker
1978 - McGraw Hill Book Company. (Chapter 7 to 10).

Air Pollution Control Foupiment for Particulate Matter
by Howard Dey et. al. - 1975 ~ Caligornia Environmental
Protection Commission.

Control Equipment for Gases and Vapors by Howard F. Dey
et. al. = 1975 ~ California Environmental Protection
Commission.

Energy / Environment III - EPA Decision Series.
October 1978 (Chapter 5).

Energy / Environment IV ~ EPA Decision Series. Oct. 1979
(Chapter 5).

Sulfur Emission:

EPA Decision Serie:

Control Technology & Waste Management

May 1978,

Control of Industrial Air Pollution by Robert M. Bethea

1977 Pollution Engineering Year Book.

---Page Break---

TABLA 1

Estandares nacionales de 1a calidad de afre, \$0,

_ Primario Secundario

Promedio anual 80 ug/m³ -

{0.03 ppm)

Concentración máxima 365 ug/m³

en 24 horas* (0.24 ppm)

Concentración máxima

en 3 horas* 1,300 ug/m³

(0.5 ppm)

* No puede excederse más de una vez al año.

Referencia número 04

---Page Break---

TABLA 1

de 1a calidad de aire, 50,

SSS

Primario Secundario

Primario Secundario

Promedio anual 80 ug/m³ -

(0.03 ppm)

Concentración máxima 365 ug/m³

en 24 horas* (0.16 ppm) -

Concentración máxima 3

en 3 horas* 1,300 ug/m³:

(0.5 ppm)

en

* No puede excederse más de una vez al año.

Referencia número 04

---Page Break---

Continuación Tabla 1

Estandares de calidad de aire para particulados

SS

Primario Secundario

?? _____ imario _secundario_

Promedio Anual 75 ug/m³ 60 ug/n?

Concentración máxima 260 ug/m? 150 ug/m?

en 24 horas

Se

Estandares operacionales para nuevas fuentes para

pareicutedse "~-ontv# Para nuevas fventes pars

?

Actual, 0.2 16/108 aru

Nuevo 0.03 1b/108 pru

---Page Break---

TABLA 2

Bstandares de emisiones de bióxido de azufre de calderas de

carbén

Por ciento de

Feducei6n del Linit6s de enisi6n

situact6n azutre 1b 50/106 Bro

Calderas existentes ? 0.2.8.0

NSPS actual para calderas

de vapor 1.2

NSPS revisado para calde- 5 (4). (4) 1.2 max.

ras generatrices de carb6n 0.2'6 0.5 pisos

w Reducci6n minima de 85% en promedio de 24 hor:

(= Se aceptars reducci6n de s6lo 75% y exenci6n del

1.2 1b 802/108 Bruen un total de no m6s de 3 dias

Por nes.

NSPS = Estandares operacionales de fuentes nuevas.

Referencia número 05.

---Page Break---

TABLA 3

Methods and equipment for air pollution control

aS wp SE ES See

ee da Sa tome =

=e See

hina Doe par

7 bee

bee

iss

. 3

ae {7 >

ill, >

3

If zs 3s

se Ss

Wa Se

flee oe

323K

a2 Se

?? ae

Referencia número 07.

---Page Break---

Continuación tabla 3

---Page Break---

TABLA 4

ESTADO ACTUAL Y PROYECTADO DE

LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE CONTROL DE EMISIONES DE AZUFRE

1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

lavado físico

ot

?carbon

desulfuración

ida de los

gases de salida

i

?combustion

fen lechos

fluidos

7

licuetaeci3n

el carbon

aS oO

Etapas

Investigacion y desarrollo Demostracion Viabilidad co

Referencia Namer 6

---Page Break---