

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA
ORIGINADA POR SOLVENTES ORGANICOS

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO
P r e s e n t a

Jorge Alberto Almanza Galindo

México, D. F.

1983



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.

INDICE

I.-	INTRODUCCION	3
II.-	GENERALIDADES	7
III.-	TECNICAS Y EQUIPO DE CONTROL	14
IV.-	CONTROL DE EMISIONES DE DISOLVENTES ORGANICOS	45
V.-	REGLAMENTACION	74
VI.-	CONCLUSIONES	114
VII.-	BIBLIOGRAFIA	118

CAPITULO I
INTRODUCCION

I.- INTRODUCCION

En el inicio de la alquimia, los alquimistas nunca imaginaron el sentido que iban a alcanzar sus rústicos experimentos y sus ambiciosas búsquedas y, menos aún, los problemas que se iban a acarrear.

La alquimia es el arte químico de la transmutación de los metales. En la Edad Media, la alquimia intentó descubrir la piedra filosofal para obtener oro, la panacea universal, y el elixir de la vida, fracasando por supuesto, pero esto originó el nacimiento de la química y con ello el inicio de lo que es llamado contaminación ambiental, que actualmente plantea un gran reto a resolver a corto plazo, debido a que en las grandes urbes este problema se torna más crítico cada día que pasa, en donde la concentración de la industria se dispara y, por lo tanto, -- grandes masas se reúnen, provocando un enviciamiento del aire de manera que si no se controla, y bajo ciertas condiciones atmosféricas, pueden repercutir en la salud, y hasta provocar una tragedia masiva, llegando, inclusive, hasta la muerte. Los costos del equipo de control y de operación son altos, y esto es más palpable en los países subdesarrollados como México, en donde la falta de tecnología obliga a importar equipo, cuyo precio es poco alentador para el industrial, pues no siempre reditúa beneficio económico, pero no toma en cuenta que hay una comunidad a sus alrededores a merced de su negligencia, mermándoles la salud y/o causándoles molestias.

En nuestro país, a partir de 1971, se empiezan a tomar medidas legalmente estipuladas, como es la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental y la Ley Federal de Aguas, y que en fechas posteriores se complementaron con reglamentos para: la Prevención y Control de la Contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos, la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas y la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental por emisión de ruidos.

En 1971, se creó la Subsecretaría de Planeación, pertene--

ciente a la Secretaría de Recursos Hidráulicos, y dentro de esta Subsecretaría se situó la Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, a la cual se le designó la responsabilidad de vigilar y mejorar la calidad del agua a nivel nacional. Posteriormente, en 1972, las autoridades comprendieron la importancia de crear una institución que tratara más a fondo el problema, que nos plantea nuestro aire viciado de todo tipo de contaminantes y así se creó la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

En la década de los 70's se realizaron varias reuniones internacionales con el fin de tratar el tema del medio ambiente, exponiendo cada país sus adelantos en la prevención y control de la contaminación ambiental en la planeación del desarrollo, entre otras cosas, entre las cuales podemos mencionar la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, efectuada en Estocolmo, Suecia, en 1972, y el Primer Congreso Mundial sobre Saneamiento Ambiental en la Planeación del Desarrollo, con sede en la Ciudad de México, D. F., en el año de 1979.

En 1978, se creó la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental para la Planeación y Ordenación de las Políticas relativas.

En estos intercambios de experiencias, se ha llegado a la conclusión de la importancia que tiene la evaluación de los impactos ambientales para resolver los problemas ambientales en una forma objetiva, integral y técnica. La evaluación del impacto ambiental durante el proceso de planeación y evaluación de proyectos, tiene la finalidad de identificar y valorar todos los efectos que las acciones del proyecto pudieran tener sobre el ambiente.

Por otro lado, el equipo de control de contaminantes ambientales debe ser considerado como parte del proceso de aquellas industrias que emitan elementos o substancias dañinas a la flora, fauna y al hombre. En realidad, el control de la con

taminación ambiental con técnicas y equipo adecuados, rescatar el derecho de la comunidad de disfrutar de un medio ambiente - aceptable; aún cuando en muchas ocasiones el industrial exponga razones económicas para no invertir en estos proyectos, debe creárseles conciencia social, además de la productiva. También sabemos que muchas de las industrias viejas del país no pueden cumplir con los reglamentos en decreto, y esto es un -- problema en donde se debe emplear el ingenio de los especialistas en la materia para optimizar todos los recursos y no lle-- gar a afectar en forma drástica a dichas industrias, obligándo las a cerrar, implicando el cierre de una fuente de trabajo, - y ocasionar otro problema más, que es el desempleo. Por lo que-- respecta a las industrias nuevas o futuras, se les debe exigir de manera categórica, enérgica y definitiva que incluyan el -- equipo de control dentro del proceso, so pena de clausurarles-- o no permitir el arranque de la misma. En fin, esto debe competer a las autoridades correspondientes.

Otro de los problemas que presenta nuestro México, es la-- gran concentración de industrias y, por ende, de gente, en muy pocas ciudades, lo que obliga que la administración de todo ti po de recursos se dificulte y las planeaciones no funcionen - al nivel esperado. Como dato a esta referencia tenemos que, -- mientras el índice mundial de urbanización es de 2.7 por cien-- to, el de México alcanza 5.4 por ciento, y que más de 15 millo nes de personas viven en tres ciudades - D.F., Guadalajara y - Monterrey (sin contar las zonas del Estado de México que rodean al Distrito Federal)-, y 23 millones se encuentran dispersas - en 9,500 poblados con menos de 2,500 habitantes cada uno. Esto-- nos obliga a pensar en un mejor planeamiento en el crecimiento de la población, en su distribución y, por lo tanto, en una mej or distribución industrial, pues es lo que ocasiona que se -- concentren grandes masas de seres humanos en busca de una oport unidad de superación. El deterioro ecológico en los centros - de población más importantes de México es grande, lo cual nos-- debe hacer reflexionar sobre el futuro de nuestra naturaleza y de nosotros mismos. Se han realizado grandes cantidades de proyect os de desarrollo, no nada más en México, sino en el mundo entero,

sin pronosticar el impacto que tendría en el medio ambiente. Por supuesto, esta ha llegado a dañar seriamente, y a veces en forma irreversible, la ecología con degradaciones de la tierra, el agua, la atmósfera, la flora y la fauna.

El tema de estudio, en este caso, es la contaminación atmosférica originada por disolventes orgánicos, en donde se plantean los problemas existentes en diferentes industrias, así como se describe el equipo comercial para el control de estas -- emisiones contaminantes y su aplicación en cada uno de los casos (sistemas de control de procesos industriales). También se mencionan Reglamentaciones que limitan las emisiones de disolventes orgánicos y se enuncian, a grandes rasgos, sus más importantes puntos.

CAPITULO I I
GENERALIDADES

II.- GENERALIDADES

Muchas de las situaciones de prevención y control entre los hidrocarburos y disolventes orgánicos presentan soluciones similares, aún cuando el costo de estas sustancias diferencia en gran parte la técnica de control a utilizar. En este escrito solo se pretende reunir información referente al problema que representan los disolventes orgánicos como contaminantes atmosféricos, así como plantear soluciones, proponiendo técnicas y equipos de control para cada caso específico. Este capítulo se puede iniciar definiendo lo que es un disolvente orgánico.

Los disolventes orgánicos son definidos, según la Regla 66 del Distrito de Control de la Contaminación del Condado de Los Angeles, como materiales orgánicos, los cuales son líquidos en las condiciones normales y los cuales son usados como agentes disolventes, reductores de viscosidad o limpiadores. Los hidrocarburos son aquellos compuestos que únicamente contienen en su estructura elementos de hidrógeno y carbón. Los solventes orgánicos pueden contener, además del hidrógeno y carbón, uno o más de los siguientes elementos: oxígeno, nitrógeno, azufre y halógenos. Ahora, en el término "Disolventes Orgánicos" debe entenderse que se encuentran incluidos otros materiales tales como diluyentes y adelgazadores. Por otro lado, por materiales orgánicos entenderemos que son compuestos químicos de carbón, excluyendo monóxido de carbón, bióxido de carbón, ácido carbónico, carbonatos metálicos y carbonato de amonio.

Los efectos de emisiones de hidrocarburos y disolventes orgánicos son de dos tipos, directos e indirectos. Los efectos directos son los causados por las emisiones originales, sin alteración, mientras que los efectos indirectos son los causados por sustancias formadas por reacciones fotoquímicas de las emisiones originales con otras sustancias en la atmósfera.

Con respecto a los efectos indirectos de las emisiones, se sabe que los compuestos orgánicos gaseosos en la atmósfera, pueden presentar procesos químicos y físicos, que producen otras

substancias con propiedades grandemente alteradas. Estas reacciones son fotoquímicas en naturaleza.

Las fuentes de emisiones de disolventes orgánicos incluyen fabricación y aplicación de capas protectoras, fabricación de caucho y productos plásticos, desengrasado y limpieza de partes de metal, operaciones de limpieza en seco, impresión, fabricación de productos químicos, incluyendo la fabricación de disolventes y solvatos. Los disolventes son derivados principalmente, pero no en forma exclusiva, del petróleo.

Las técnicas de control disponibles para las emisiones de disolventes orgánicos varían en tipo, aplicación, eficacia y costo. Las técnicas de control representan un amplio espectro de información de muchos campos técnicos.

Los métodos utilizados para el control de emisiones de hidrocarburo y disolventes orgánicos son: (1) cambios operacionales o de proceso, (2) substitución de materiales e (3) instalación de equipo de control. Las técnicas usadas en dispositivos de control son cuatro, a nombrar: Absorción, Adsorción, Incineración y Condensación.

La absorción es la transferencia de un componente soluble de una fase gas dentro de un absorbente líquido relativamente no volátil. Los absorbentes comunes son agua, aceite mineral, hidrocarburos no volátiles y soluciones acuosas tales como soluciones de agentes oxidantes o álcalis. El contacto entre el gas y el líquido se puede proveer con columnas de platos, torres empacadas, lavadores a chorro, torres rociadoras y lavadores venturi.

Los absorbedores son ampliamente usados cuando las concentraciones de gas y vapor son grandes; sin embargo, tal equipo es usualmente clasificado como equipo de producción y no como equipo de control de emisiones. Los absorbedores no son muy usados cuando las concentraciones son bajas, puesto que el equipo requerido tendría que ser grande y costoso para obtener buenas eficiencias de eliminación.

Los adsorbedores de carbón activado captan vapores orgánicos en la superficie capilar del sólido adsorbente. Después -- que el lecho de carbón tiene adsorbida la cantidad óptima de material orgánico, la corriente de gas es suspendida y el lecho de carbón es despojado del vapor, para eliminar el material orgánico, y de esta manera el carbón se encuentra listo para volver a usar. El vapor y el material orgánico son condensados, y el material orgánico es recuperado por decantación o destilación. Para que sea continuo el proceso de adsorción, dos o más recipientes conteniendo carbón deben usarse, uno adsorbiendo -- mientras que el otro está desorbiendo.

Los costos de sistemas adsorbentes y de sus operaciones -- son altos, pero el recuperado de valiosos materiales mejora la posibilidad de tales operaciones, además de que la eficiencia de remoción puede ser grande. Los flujos conteniendo gases formados de resinas no pueden ser manejados por adsorbedores de carbón porque las resinas tapan los lechos de carbón.

Los dispositivos de incineración son de dos tipos, post-- quemadores de flama directa y postquemadores catalíticos. Los postquemadores de flama directa utilizan una flama para llevar a cabo la oxidación completa de las emisiones orgánicas. El alcance de la flama, el tiempo de residencia del efluente y la temperatura son importantes parámetros en el diseño de un post quemador. Usualmente son requeridas temperaturas de 650° a -- 760° C y tiempos de residencia de 0.3 a 0.6 segundos. Las eficiencias de eliminación de postquemadores de flama directa pueden ser grandes, las partículas orgánicas son eliminadas efectivamente y no son encontrados problemas de disposición. Los costos operacionales son grandes, a menos que sea instalado -- equipo de recuperación de calor.

Los postquemadores catalíticos utilizan un catalizador para que las emisiones puedan ser oxidadas a una temperatura baja. Los costos de combustibles son así bajos, pero la eficiencia de eliminación son también bajas. La catálisis está sujeta al-

envenenamiento y desactivación.

Los condensadores recolectan emisiones orgánicas bajando la temperatura de la corriente gaseosa hasta el punto de condensación de ese material. Los condensadores son de dos tipos, de contacto y de superficie. En los condensadores de contacto, la corriente gaseosa está en contacto directo con el líquido frío y el material condensado se mezcla con el fluido enfriador. En un condensador de superficie, el vapor a ser condensado y el fluido enfriador son separados por una pared de metal.

Los condensadores usados para condensar vapores concentrados en las industrias químicas y del petróleo son clasificados como equipo de producción. Cuando las concentraciones son bajas, la eficiencia de eliminación no es alta; los condensadores son por consiguiente, útiles como equipo preliminar para ser seguidos por un equipo más eficiente tal como un postquemador o adsorbedor.

Por otra parte, la recolección de emisiones orgánicas del pintado de edificios y estructuras es impráctico; entonces, en estos casos, una posible técnica de control será la substitución de materiales por otros menos reactivos, ya que, aunque es posible la recolección, financieramente no es factible.

Los solventes pueden clasificarse en dos grupos; los clasificados como fotoquímicamente reactivos y los fotoquímicamente no reactivos. Las emisiones del grupo de reactivos son restringidas por la Regla 66 del Condado de Los Angeles, mientras que las emisiones del grupo no reactivos no son limitadas, -- excepto cuando está implicado el contacto con flama, cocido o curado con calor. Muchos solventes que contienen más de la cantidad permitida de materiales reactivos tienen que ser reformulados por la fábrica con materiales del grupo no reactivo.

El Distrito de Control de la Contaminación del Aire del Area de la Bahía de San Francisco, limita la emisión, únicamen

te, de componentes muy reactivos. Estos son definidos como olefinas, aromáticos substituidos y aldehídos.

Las principales materias primas para producir compuestos orgánicos sintéticos son, en la mayor parte, del petróleo y, - una menor extensión, de los subproductos del coquizado del carbón. Estos materiales son procesados a través de los siguientes tipos de conversiones: alquilación, hidrogenación, deshidrogenación, deshidratación, esterificación, halogenación, deshalogenación, oxidación, nitración, y polimerización.

Los desechos de gases de unidades de procesado pueden recolectarse y mandarse a un quemador, por medio de una boquilla para gas, o en un sistema de cabeza de combustible. Los desechos de gases de unidades produciendo hidrocarburos clorados - pueden ser procesados para recuperar como subproducto el ácido clorhídrico. Los postquemadores de flama directa y catalíticos son usados para eliminar vapores orgánicos y neblinas de muchos gases de salida.

Las emisiones de fabricación de pinturas y lacas ocurren durante las operaciones del mezclado, molido y adelgazamiento. Por lo que respecta al barniz, sus ingredientes deben ser "co-cidos" para promover reacciones tales como despolimerización, -esterificación, isomerización, ablandado o fundido y para darle consistencia. Las emisiones contienen ácidos grasos, aldehídos, acroleína, glicerol, ácido acético, ácido fórmico y resí-duos complejos de descomposición térmica. Los sistemas de control consisten de condensadores y postquemadores.

En la fabricación del caucho, las emisiones ocurren durante la plastificación térmica, plastificación química y vulcani-zación. Las técnicas de control incluyen adsorción por carbón-activado, incineración por flama directa y catalítica, y refo-rmulación a materiales fotoquímicamente no reactivos.

En la fabricación de productos de plástico, las emisiones pueden ocurrir en los hornos de curado. Las neblinas pueden --

controlarse con lavadores a chorro o postquemadores.

Las emisiones de la aplicación de pinturas, barnices y revestimientos similares son debido a la evaporación de los disolventes, diluyentes y adelgazadores. Un método de control es la reformulación con disolventes fotoquímicamente no reactivos, - en caso de que se requiera.

Las operaciones de desengrasado en fase vapor utilizan disolventes de hidrocarburos clorados, principalmente tricloroetileno. Este compuesto se puede substituir por 1,1,1-tricloroetano (metil cloroformo) y percloroetileno, ya que son fotoquímicamente menos reactivos. En algunas aplicaciones puede utilizar se adsorbedores de carbón activado para el control de emisiones Las emisiones de disolventes pueden minimizarse por eliminación de corrientes de aire, buen drenaje, presteza en la inspección del trabajo emprendido, control de desperdicios de la zona de trabajo y cubriendo el tanque siempre que sea posible.

La limpieza en seco es hecha por dos procesos: usando disolventes de petróleo y usando percloroetileno u otros disolventes halogenados. En plantas que usan el percloroetileno como - limpiador, el vapor es recuperado por condensadores de agua -- fría, los cuales pueden ser seguidos por adsorbedores de carbón activado. El valor de los disolventes hacen económicamente posible la recuperación. Las plantas que utilizan disolventes del petróleo pueden controlarse, si es necesario, usando disolventes reformulados a fotoquímicamente no reactivos. El control - por carbón activado puede ser apropiado.

Las consideraciones económicas en el control de la contaminación del aire incluyen: (1) la selección de técnicas y - - equipo de control, (2) la estimación del impacto del control - en costo del producto, ganancias, inversión y valor añadido -- del producto; (3) la identificación de los muchos costos directos e indirectos de instalación y operación del equipo de control de la contaminación del aire.

-

CAPITULO III
TECNICAS Y EQUIPO DE CONTROL

III. TÉCNICAS Y EQUIPO DE CONTROL

Hay ciertos factores que gobiernan la selección de un sistema de control. El control de contaminantes gaseosos no condensables usualmente requieren que sean destruidos por incineración. Los materiales condensables pueden ser eliminados del efluente del proceso por absorción, adsorción o condensación, también como por combustión.

La absorción, puede implicar únicamente una simple etapa física de solubilidad o puede ser seguida por una reacción química para una función más efectiva. Estas dos facetas son tratadas separadamente. La adsorción como control de la contaminación del aire, está limitada primeramente por carbones activados. La combustión generalmente se hace por oxidación catalítica y térmica.

Los métodos comercialmente empleados en la actualidad para el control de emisión de contaminantes orgánicos al aire son: (1) cambios operacionales o de proceso, (2) sustitución de un material por uno con punto de ebullición elevado y/o por un compuesto menos reactivo en el proceso, e (3) instalación de equipo de control para capturar los vapores orgánicos emitidos del proceso. La técnica más importante para el control de la contaminación del aire es diseñar equipo básico para utilizarlo eficientemente o consumir completamente los materiales que sean procesados. En ausencia de esto, el equipo de control debe ser usado para reducir las emisiones orgánicas.

En realidad, las técnicas de control disponibles comercialmente se dividen en cinco clasificaciones generales: incineración, adsorción, absorción, condensación y sustitución por otros materiales.

ABSORCION

La absorción es un proceso difusional que implica la transferencia de moléculas del estado gas en el estado líquido a causa del gradiente de la concentración del contaminante entre las dos fases, es decir, un componente soluble de una mezcla de gases que se disuelve en un líquido relativamente no volátil.

Esto es esencialmente transferencia de masa unidireccional. La absorción de cualquier especie ocurre en la superficie de la película líquida, alrededor de la unidad de empaquetado (o red) o en la superficie de burbuja (plato) cuando el gas, es la fase dispersada. El principal objetivo en el diseño de un absorbedor es conseguir la transferencia de masa necesaria con el costo mínimo.

La absorción es una operación unitaria que esta en función de todos los factores que afectan la transferencia de masa. Esto, por supuesto, debe tener gran área interfacial, contacto -- turbulento entre las dos fases, incremento en el tiempo de residencia, contacto repetitivo, gran solubilidad, gran coeficiente de difusión, viscosidad de líquido baja y grandes cambios negativamente de energía libre de Gibbs (en el caso de lavado reactivo). Todos estos factores influyen la velocidad de transferencia de masa a causa de que ellos directamente tienen influencia en gradiente de concentración. Para mejor operación, los contaminantes deben ser realmente solubles en la fase líquida y, si es posible, que la reacción sea irreversible con el reactivo de lavado, porque además de disolución simple puede reaccionar el gas químicamente con el líquido.

Esta técnica es muy común y provechosa como una etapa en-- operaciones de petróleo y petroquímica, en las cuales un gas tiene una concentración relativamente grande de vapor de disolvente. Desde el punto de vista de la contaminación del aire, la absorción se utiliza más para el control de compuestos inorgánicos

que para los vapores orgánicos, debido a que las bajas concentraciones de vapores orgánicos, tienden a requerir largos tiempos de contacto y cantidades grandes de absorbente. Los factores económicos del método, bajo estas circunstancias son muchas veces desfavorables a menos que el absorbente pueda ser regenerado o la solución pueda usarse como una corriente suplementaria de proceso. Si la fase gas contiene una apreciable cantidad de disolvente, la adsorción puede ser preferida como ruta de recuperación. En aplicaciones de control de emisiones, la absorción se utiliza mejor en conjunto con otras técnicas de control tales como incineración o adsorción, según sea requerido, para lograr el grado prescrito de eliminación de emisiones.

PRINCIPIOS DE OPERACION

El principio fundamental es que la absorción se lleva a cabo cuando el líquido absorbente contiene menos de la concentración de equilibrio del componente gaseoso. La desviación del equilibrio de la corriente líquida suministra la fuerza para la absorción. Para una concentración dada de un líquido, la concentración del gas en la torre, es siempre más grande que la correspondiente concentración de equilibrio.

La velocidad de absorción es función de (1) la temperatura, difusividad, viscosidad y densidad de la sustancia; (2) las condiciones de la torre, particularmente de las velocidades máxicas de flujo del gas y líquido; y (3) la clase de empacado empleado. Estos factores y los datos de equilibrio tienen que correlacionarse para dar dos medidas claves de funcionamiento de la torre, el número de unidades de transferencia y la altura de una unidad de transferencia. El número de unidades de transferencia se puede definir como el número de veces la fuerza impulsora (la desviación del equilibrio) que debe ser dividido entre el cambio prescrito en la concentración del gas. La altura de una unidad de transferencia, es la profundidad necesaria del empacado para una eficiente unidad de transferencia. La estimación de la altura requerida del empacado de la torre de absorción, se hace multiplicando la altura de una unidad de transferencia por el número de unidades.

Las torres empacadas pueden tener tantas unidades de transferencia como sea práctico. Los gases y líquidos normalmente se ponen en contacto en flujo contrario para alcanzar la eficiencia de absorción máxima, pero el contacto puede ser, también, en flujo paralelo.

El empacado deberá suministrar una gran área de superficie y deberá haber bastante espacio vacío entre el empacado para permitir buen flujo del líquido. El material no deberá quebrarse fácilmente en el manejo y debe ser ligero en peso. También deberán ser químicamente inertes para prevenir deterioros. Las unidades de empaque tienen varias formas, como se ilustra en la Figura 1. Los anillos Raschig son los empaques más comúnmente utilizados y consisten de cilindros huecos cuyo diámetro exterior es igual a la longitud.

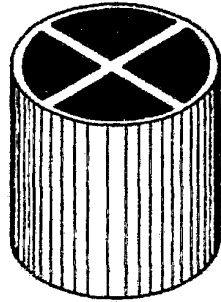
En la mayor parte de los casos de control de emisiones, las concentraciones comprenden rangos tan bajos que la curva de equilibrio y las curvas de operación son esencialmente líneas rectas.

SELECCION DE ABSORBENTE

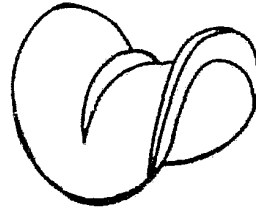
El absorbente ideal deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- 1.- El disolvente deberá ser barato, eficaz y fácilmente disponible.
- 2.- El soluto (en este caso el gas), deberá ser muy soluble en el disolvente para aumentar la velocidad de absorción y para disminuir la cantidad de absorbente requerido.
- 3.- El disolvente o absorbente debe tener una gran selectividad entre las especies de solutos, para atrapar el deseado.
- 4.- El disolvente deberá ser relativamente no volátil.
- 5.- El disolvente deberá ser no corrosivo, si es posible, para reducir costos de equipo.

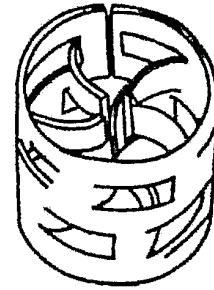
FIGURA 1-EMPAQUES COMUNES PARA TORRES



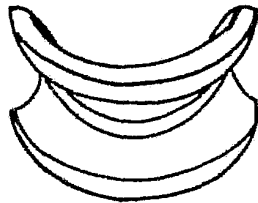
ANILLO DIVIDIDO EN CRUZ



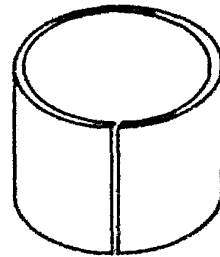
SILLA BERL



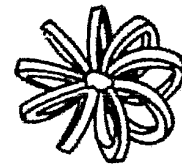
ANILLO PALL



SILLA INTALOX



ANILLO RASCHIG



TELLERETE

- 6.- El disolvente deberá tener baja viscosidad para incrementar la absorción.
- 7.- El disolvente deberá ser de baja toxicidad, no inflamable y químicamente estable, además de tener bajo punto de congelación.

Los más comunes absorbentes para vapores orgánicos son agua, aceite mineral, aceites de hidrocarburos no volátiles, y soluciones acuosas (ejemplo, soluciones de agentes oxidantes, carbonato de sodio o hidróxido de sodio).

TIPOS DE ABSORBEDORES

En realidad, el equipo de absorción de gas es diseñado para suministrar un complejo contacto entre el gas y el disolvente líquido para permitir la difusión de los materiales en la interfase. Este contacto es suministrado por varios tipos de equipos, a nombrar: columnas de platos, lavadores a chorro, torres empacadas, torres o cámaras de rociado, lavadores venturi, absorbedores de flujo transversal, absorbedor de lecho inundado y absorbedor de lecho fluidizado/flotante. Las columnas de platos cuentan con varias etapas por medio de un número de platos o bandejas adaptadas de modo que el gas se disperse por entre la capa de líquido en cada plato, como se muestra en la Figura 2. Cada plato está más o menos separado por etapas o gradualmente, y el número de platos requeridos depende de la dificultad de la operación de transferencia de masa y del grado de separación deseado. Los lavadores de chorro son básicamente boquillas de rociado. Las torres empacadas son rellenas con un material de empaque teniendo una gran relación superficie a volumen; el empaque es mojado por el absorbente para suministrar una gran área superficial de película de líquido para contacto continuo de los gases; ver Figura 3. Las torres rociadoras suministran el líquido en forma de rociado y pasa el gas a través de este rociado; ver Figura 4. La Figura 5 nos muestra un esquema de un lava

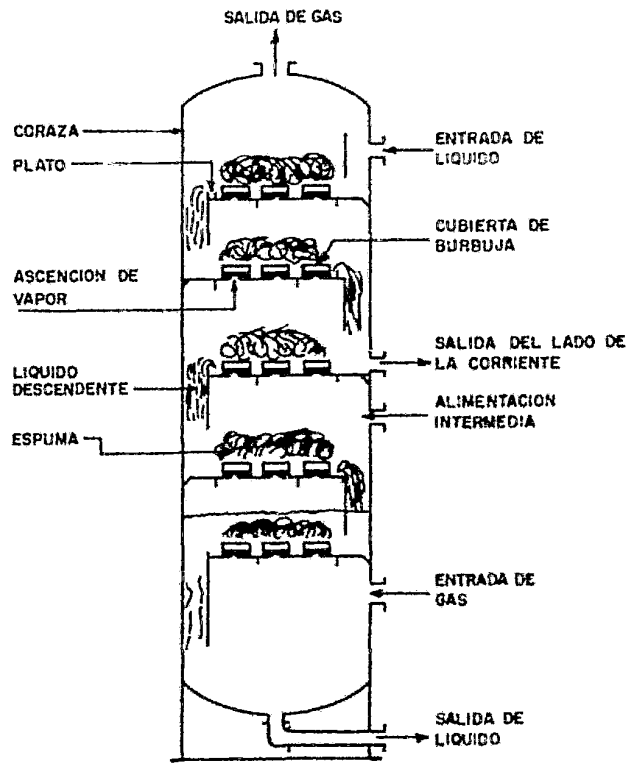


FIGURA 2 - TORRE DE PLATOS

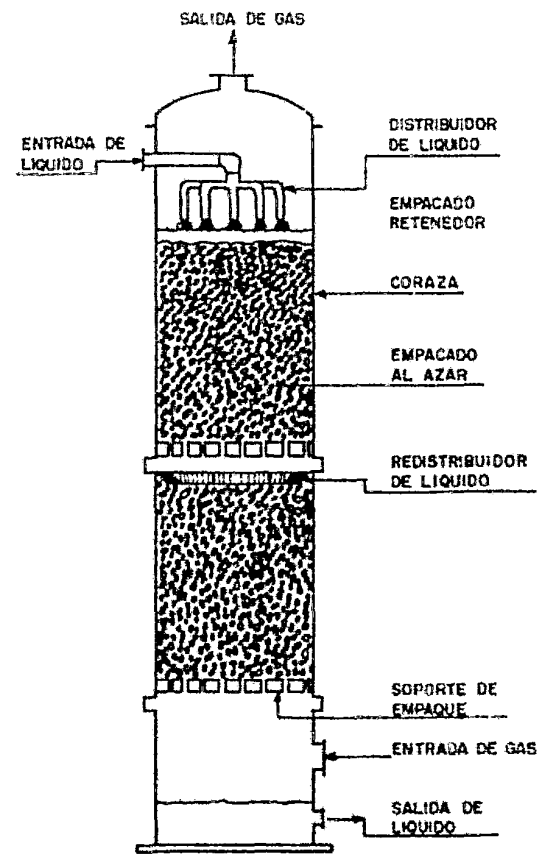


FIGURA 3 - TORRE EMPACADA

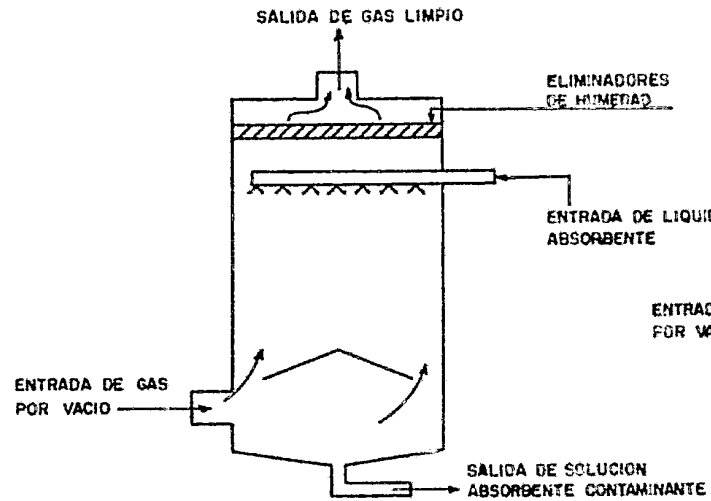


FIGURA 4- TORRE ROCIADORA

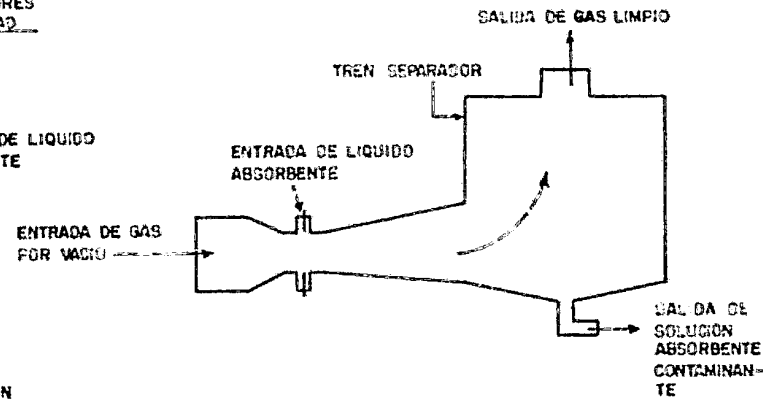


FIGURA 5- LAVADOR VENTURI

dor venturi, cuyo contacto del gas y absorbente se lleva a cabo en la garganta de una boquilla venturi. Entonces, la mezcla gas líquido entra tangencialmente a un tren separador, y son separadas las gotas líquidas del gas por fuerza centrífuga.

Un lavador o absorbedor de flujo transversal tiene caída de presión más baja que cualquier tipo de torre empacada o de platos, con la misma eficiencia de eliminación de componente gaseoso. Este absorbedor tiene un bajo costo de operación como resultado de la baja caída de presión. Es mucho más pequeño, usualmente solo 1/5 del tamaño (o más pequeño) que una torre de platos o empacado para el mismo servicio. El diseño de flujo transversal maneja el flujo líquido en una dirección, y el flujo gaseoso es manejado a 90° con respecto a éste. Como resultado de los arreglos del flujo, hay menos posibilidades para el canalizado, que existiendo un flujo a contracorriente. El resto de los criterios operacionales para absorbedores de flujo transversal son idénticos a los de torres empacadas. Los lavadores de flujo transversal son más frecuentes empacados con empaques "Tellerttes" (Figura 1), malla fibrosa, los cuales suministran una apreciable cantidad de área superficial en una sección solo de 0.6-1.20 metros de abundancia. Estos mantienen la caída de presión a un mínimo mientras sostienen una eficiencia adecuada. La eliminación de partículas finas de 5mm o menos, puede también esperarse. Cuando es construido en secciones, la primera sección -- puede equiparse con rociadores de agua, esencialmente para eliminación de partículas, la segunda con rociadores de reactivo -- para eliminar contaminantes de gas, y la tercera operada en seco como un paso.

El lavador de lecho inundado a contracorriente, es un sistema intermedio entre un lecho empacado y un lecho fluidizado. Este no es muy utilizado.

Un absorbedor de lecho fluido es solo una etapa, tras de un absorbedor de lecho flotante.

ADSORCION

La propiedad de una superficie para recolectar vapores es conocida como adsorción. El sólido (adsorbente) captura y retiene al componente gaseoso (adsorbato) por toda la superficie, interna y externa. Los procesos de purificación de gas fundamentados en este principio son basados en las propiedades físicas de los adsorbentes, que son ciertos sólidos granulares de características especiales, por las cuales ellos atraen componentes seleccionados de un fluido y los retienen en sus superficies. La cantidad de adsorción en la superficie de la mayoría de los sólidos es pequeña; ciertos materiales, sin embargo, son desarrollados para adsorber substancialmente cantidades de gases y vapores en sus superficies. Entre estos se encuentran la alúmina activada, sílica gel y el carbón activado. Estos materiales -- son altamente porosos y tienen una relación muy grande de superficie a volumen. Un fluido es capaz de penetrar en el material y ponerse en contacto en toda la extensión del área superficial disponible para la adsorción. Para que sea efectiva la adsorción debe haber selectividad en la adsorción y alta eficiencia de captura, lo cual usualmente requiere un gradiente de transferencia de masas significativo de la fase gas a la superficie. Las fuerzas de atracción son del tipo de van der Waal's.

PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION

Aún las superficies más cuidadosamente pulidas, desde un -- punto microscópico, no son completamente lisas, pues presentan -- irregularidades con hendiduras y protuberancias alternadas. Las superficies irregulares son especialmente susceptibles a los -- campos de fuerza residuales. En estos puntos, los átomos superficiales del sólido pueden atraer a otros átomos o moléculas de la fase gaseosa o líquido circundante. Dichas superficies también cuentan con ciertos activos más susceptibles a la adsorción. Se pueden presentar dos tipos de adsorción: (1) adsorción física, en la cual el gas es atraído a la superficie del adsorbente y (2) adsorción química, en la cual el gas interacciona con el -- adsorbente a la manera de una reacción química.

El primer tipo de adsorción no es específico y es similar al proceso de condensación. Las fuerzas que atraen a las moléculas del fluido a la superficie sólida (fuerzas de van der Waal's) generalmente son débiles, produciendo condensación normal al estado líquido, y claro que el calor desprendido durante el proceso de adsorción es del mismo orden de magnitud que el calor de condensación que es de 0.5 a 5 Kcal/mol-g. En una superficie lisa, la adsorción deja una capa de unas cuantas moléculas de espesor, mientras que en las capilaridades del sólido poroso, esta superficie de adsorción es suplementada por condensación capilar. Como resultado, la cantidad total adsorbida es substancialmente incrementada. El equilibrio entre la superficie sólida y las moléculas del gas se alcanza con rapidez, siendo fácilmente reversible, debido a que los requerimientos de energía son muy pequeños. La energía de activación de la adsorción física es por lo general inferior a 1Kcal/mol-g. Esto es una consecuencia directa del hecho de que las fuerzas involucradas en la adsorción física son débiles.

En adsorción de fase vapor, esencialmente en procesos exotérmicos de equilibrio gas-sólido, el aproximarse al equilibrio es gobernado por la velocidad de adsorción. Como tal, las condiciones que desvían del equilibrio o de la saturación usualmente mejoran el proceso. En consecuencia, el sistema es más eficiente cerca del punto de rocío del adsorbato (substancia adsorbida), y un sistema de adsorción de fase vapor generalmente es operado a presión alta y temperatura dentro de las limitaciones del proceso. Es decir, el grado de adsorción física disminuye rápidamente a medida que la temperatura aumenta, y por lo general es muy pequeña por encima de las temperaturas críticas del componente adsorbido.

Después de algún período de uso, el adsorbente quedará saturado con el contaminante y ya no funcionará adecuadamente mucho tiempo. Cuando esto ocurre, debe ser regenerado o reemplazado. La regeneración puede hacerse por varias formas. La temperatura puede ser elevada hasta que la presión de vapor del gas adsorbido exceda la presión atmosférica. El gas adsorbido

entonces se desprenderá y puede ser recolectado a la presión atmosférica. El método más común para regeneración del adsorbente es pasando una corriente de gas fácilmente condensable sobre el lecho (por ejemplo, el vapor). El gas así desalojado es entonces recuperado condensando la mezcla. Ya regenerado el adsorbente, es restaurado para nueva actividad, y el material adsorbido es removido para eliminación o recuperación. También puede usarse un gas inerte como agente despojante.

Cuando son varios los componentes gaseosos o vapores a adsorber, la adsorción no se efectúa uniformemente. Generalmente, éstos componentes son adsorbidos en una relación inversa aproximada a sus volatilidades. En realidad, cuando una mezcla de vapores orgánicos en aire es pasada a través de un lecho adsorbente, en un principio la adsorción es igual para todos los vapores, pero como la cantidad del constituyente de más alto punto de ebullición retenido en el lecho se incrementa, los componentes más volátiles se evaporan. El punto en el cual la velocidad de adsorción del componente más volátil comienza a decrecer se le denomina "punto de ruptura". A partir de este punto, el vapor que sale consiste grandemente del material más volátil. En conclusión, el compuesto de punto de ebullición superior tiene desplazado al componente de más baja ebullición, y esto se repite para cada componente adicional.

El segundo tipo de adsorción es específico e involucra fuerzas mucho más potentes que la adsorción física. El norteamericano Irving Langmuir propuso en sus trabajos que las moléculas adsorbidas se retienen en la superficie por medio de fuerzas de valencia del mismo tipo que las que presentan entre átomos en las moléculas.

En la Tabla 1, se resumen las diferencias entre la quimisorción y adsorción física.

TABLA 1.- ADSORCION FISICA Y QUIMICA

PARAMETRO	ADSORCION FISICA	QUIMISORCION
ADSORBENTE	TODOS SON SOLIDOS	ALGUNOS SON SOLIDOS
ADSORBATO	TODOS SON GASES POR- DEBAJO DE LA TEMPERA- TURA CRITICA.	ALGUNOS SON GASES - QUIMICAMENTE REACTI- VOS.
INTERVALO DE TEMPERA- TURA	TEMPERATURAS BAJAS	GENERALMENTE TEMPE- RATURAS ALTAS.
CALOR DE ADSORCION	BAJO ($\approx \Delta H$ cond)	ALTO, DEL ORDEN DE- LOS CALORES DE REAC- CION.
VELOCIDAD (ENERGIA DE ACTIVACION)	MUY RAPIDA, BAJA E	NO ACTIVADA, BAJA E ACTIVADA, ALTA E
RANGO DE ACCION	ES POSIBLE CON CAPAS MULTIPLES	CAPA MONOMOLECULAR
REVERSIBILIDAD	ALTAMENTE REVERSIBLE	GENERALMENTE IRRE- VERSIBLE
IMPORTANCIA	PARA LA DETERMINACION DEL AREA SUPERFICIAL- Y EL TAMAÑO DE LOS PO- ROS	PARA LA DETERMINA- CION DEL AREA DE -- CENTROS ACTIVOS Y - LA EVALUACION DE LA CINETICA DE LAS REAC- CIONES SUPERFICIA - LES.

La función principal del equipo de adsorción es llevar el gas y el adsorbente a un contacto directo para facilitar la adsorción. Debe haber dos o más adsorbedores para una adsorción - continua, en donde uno o más estarán en operación mientras que el otro es regenerado. El equipo de lecho fluidizado y el equipo de lecho movible pueden usarse para operaciones continuas a gran escala.

APLICACIONES

En el caso de la recuperación de solvente, los estudios -- muestran que el vapor del solvente recuperado muchas veces paga el costo total anual del sistema de adsorción. La adsorción es -- también usada para prevenir la liberación de olores o de otra -- manera de gases orgánicos ofensivos.

En general, los adsorbedores de lecho fijo no se utilizan para recuperar vapores de solventes orgánicos cuando la concentración del vapor sea menor a 0.1 Kg. de solvente por 30 - m³/seg. (2,700 ppm). Por otra lado, muchas concentraciones bajas de solvente, pueden recuperarse actualmente con eficiencia. Esto es porque la adsorción es virtualmente completa e independiente de la concentración, aunque el máximo cargado del lecho (punto de saturación) depende de la concentración inicial.

Tiene mucho que ver la concentración del solvente para proponer la adsorción como técnica de control de contaminantes, - ya que es muchas veces inconveniente por sistemas no regenerativos por causa del alto costo del adsorbente reemplazado cuando la concentración se encuentra entre 0 y 1,000 ppm, a la vez que también es antieconómico por sistemas regenerativos, porque los costos de recuperación del adsorbente generalmente exceden el valor del material recuperado. En estos casos, es preferible en lugar de desorción, utilizar la destrucción oxidativa del adsorbato, impregnado el carbón con una pequeña cantidad de catalizador, el cual es inactivo durante la adsorción, cuya activación se puede realizar con una corriente de aire caliente, - produciéndose así la oxidación catalítica del adsorbato.

Los procesos que emiten vapores orgánicos que pueden controlarse por adsorción son los siguientes: lavado en seco, desengrasado, rociado de pintura, tanque de inmersión; en fabricación de plásticos, productos químicos, productos farmacéuticos, caucho, linóleo y papel transparente para envolver. En la fabricación de pinturas y barnices, la adsorción de los solventes para recuperarse después, no es posible en ese solo paso, debido al ensuciamiento del adsorbente con revestimientos sólidos, por lo cual se utiliza antes un lavador con agua para eliminar dichos sólidos de la pintura y de los condensables.

TIPOS DE ADSORBENTES

Los adsorbentes pueden adsorber solventes orgánicos, impurezas y vapor de agua de una corriente de gas, por lo tanto, - de aquí se deduce la importancia de su afinidad preferencial, - por ciertas sustancias, que junto con las propiedades físicas

de los adsorbentes industriales, determinan la aplicación para cada tipo. Los compuestos polares tienden a ser capturados por adsorbentes como la sílica gel y el óxido de aluminio, mientras que el carbón activado es el más afín a los compuestos no polares, entre los cuales se encuentran los solventes orgánicos.

La gran ventaja que el carbón activado tiene sobre otros adsorbentes en el campo de control de emisiones es la sobresaliente habilidad para recuperar solventes orgánicos a bajas -- concentraciones en presencia de vapor de agua; esta secuencia no la puede realizar ni la sílica gel ni la alúmina activada -- por su preferencia hacia el agua, lo que provoca su desventaja, ya que a bajas concentraciones de solvente, captará mucha agua, provocando la desintegración del adsorbente; de aquí que el vapor no pueda usarse por desorción, aunque sí puede usarse en el secado de solventes recuperados en agua saturada por decantación. En la Figura 6 se muestra un sistema típico de control de la contaminación del aire con carbón activado, por dos caminos, y en la Tabla 2, se elistan los vapores que pueden ser -- adsorbidos por el carbón activado.

TABLA 2.- GASES Y VAPORES TÍPICOS ADSORBIDOS SELECTIVAMENTE POR CARBÓN ACTIVADO.

1.-	ACETALDEHIDO	21.-	ETANOL
2.-	ACETONA	22.-	ACETATO DE ETILO
3.-	BENCENO	23.-	CLORURO DE ETILO
4.-	ISOBUTANO	24.-	ETIL MERCAPTANO
5.-	BUTANO NORMAL	25.-	ETILENO
6.-	BUTENO NORMAL	26.-	OXIDO DE ETILENO
7.-	BUTINO	27.-	FREON 12
8.-	BIOXIDO DE CARBONO	28.-	HEPTANO
9.-	DISULFURO DE CARBON	29.-	HEXANO NORMAL
10.-	TETRACLORURO DE CARBON	30.-	HEXANOL
11.-	SULFURO DE CARBONILO	31.-	CIANURO DE HIDROGENO
12.-	CLOROFORMO	32.-	SULFURO DE HIDROGENO
13.-	CUMENO	33.-	ISOPENTANO
14.-	CICLOHEXANO	34.-	ISOPRENO
15.-	CICLOHEXANONA	35.-	ACIDO ISOVALERICO
16.-	CICLOPENTADIENO	36.-	KEROSENO SIMULADO
17.-	DICLOROETANO	27.-	METANO
18.-	DICLOROETILENO	38.-	METIL ETIL CETONA
19.-	DIMETIL FORMAMIDA	39.-	METIL MERCAPTANO
20.-	ETANO	40.-	EXTRACTOS MINERALES

- 41.- NEOPENTANO
 - 42.- PENTANO NORMAL
 - 43.- PERCLOROETILENO
 - 44.- PROPANO
 - 45.- PROPILENO
 - 46.- PROPIL MERCAPTANO
 - 47.- PIRIDINA
 - 48.- TETRAHIDROFURANO
 - 49.- TETRAHIDROTIAMINA
 - 50.- TOLUENO
 - 51.- TRICLOROETILENO
 - 52.- CLORURO DE VINILO
 - 53.- METAXILENO
-

SELECCION DE ADSORBENTE

Para la selección de un adsorbente se deberán tener los siguientes datos:

- 1.- Componentes que constituyan la corriente de aire a ser tratada.
- 2.- Concentración de solvente o solventes.
- 3.- Temperatura de la corriente.
- 4.- Presión de la corriente.
- 5.- Contenido de agua.
- 6.- Velocidad del flujo.
- 7.- Cantidad requerida de eliminación de contaminante - del efluente.

Con estos datos se optimizará la selección de un adsorbente, la cantidad del mismo, así como el tamaño de la unidad, de manera que se obtenga el control requerido con un costo mínimo o razonable.

Los factores que afectan la capacidad de un adsorbente -- son: el área superficial total implicada, el peso molecular, la densidad, la polaridad, la actividad, el tamaño, el arreglo y la concentración de moléculas contaminantes.

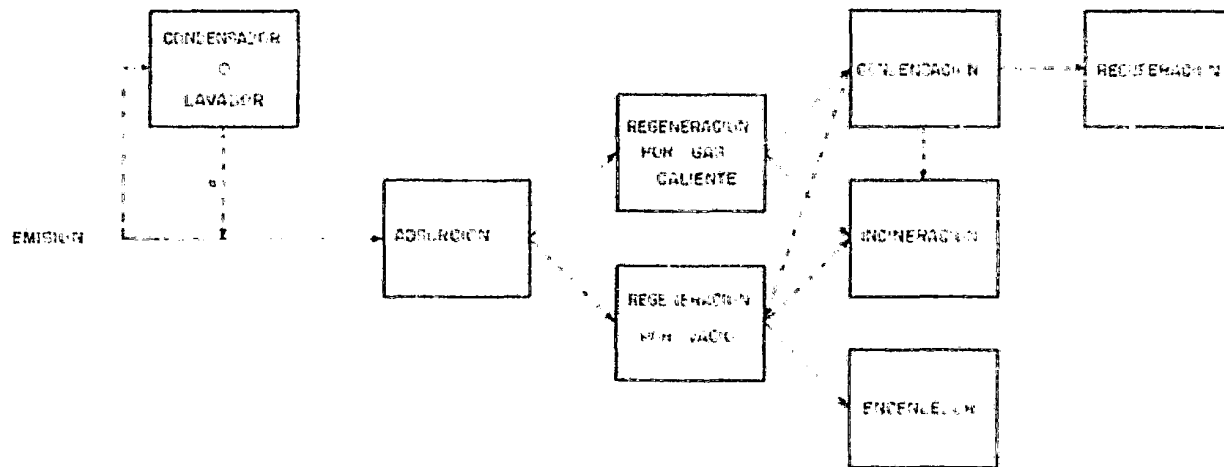


FIGURA 6- POSIBLES ARREGLOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA CONTAMINACION CON CARBON ACTIVADO

EQUIPO DE ADSORCION

En la Figura 7 se muestra un proceso típico de adsorción, en donde se puede observar que mientras un adsorbedor maneja la corriente de vapor, el otro se encuentra sometido a regeneración. Cuando el primer adsorbente se aproxima al "punto de ruptura", el segundo es puesto en funcionamiento, mientras el primero es regenerado. Esto asegura que el vapor sea eliminado del aire continuamente.

Los adsorbedores pueden ser clasificados como regenerativos y no regenerativos. Los sistemas regenerativos son usados cuando el adsorbente, después de usarse, se reactiva por desorción y los vapores desorbidos recuperados pueden volverse a usar o eliminar. Un sistema regenerativo necesita dos o más lechos adsorbentes. Un arreglo típico se muestra en la Figura 8.

Los sistemas no regenerativos se usan cuando el adsorbente sólo se utiliza una vez y se reemplaza con material limpio, regresándose, generalmente, el material desplazado, al vendedor para regeneración. La adsorción no regenerativa es muchas veces empleada en sistemas de aire acondicionado para grandes edificios.

Los adsorbedores pueden ser lechos fijos, movibles o fluidizados. Pueden colocarse vertical y horizontalmente.

El equipo de un adsorbedor de lecho fijo, es un recipiente cilíndrico vertical equipado con mamparas perforadas, que soportan el carbón. Otro arreglo de lecho fijo se puede hacer en forma cónica. La forma en cono permite más área superficial para el flujo de gas. Este uso tiende a reducir los costos de movimiento de los gases a través del sistema.

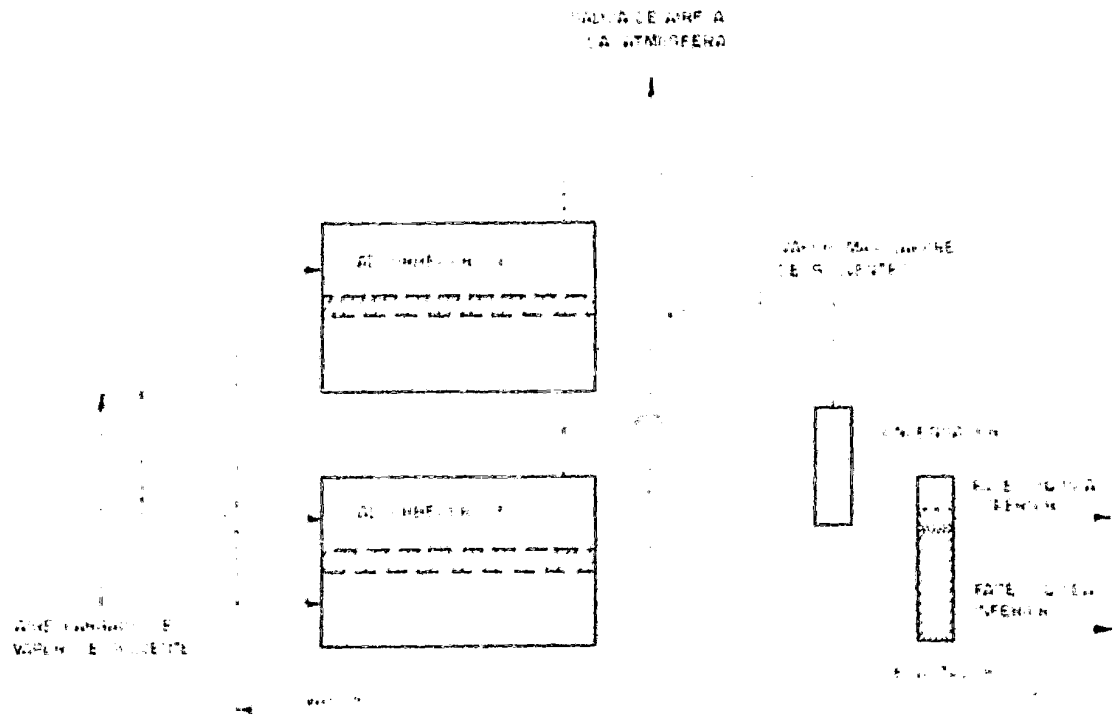
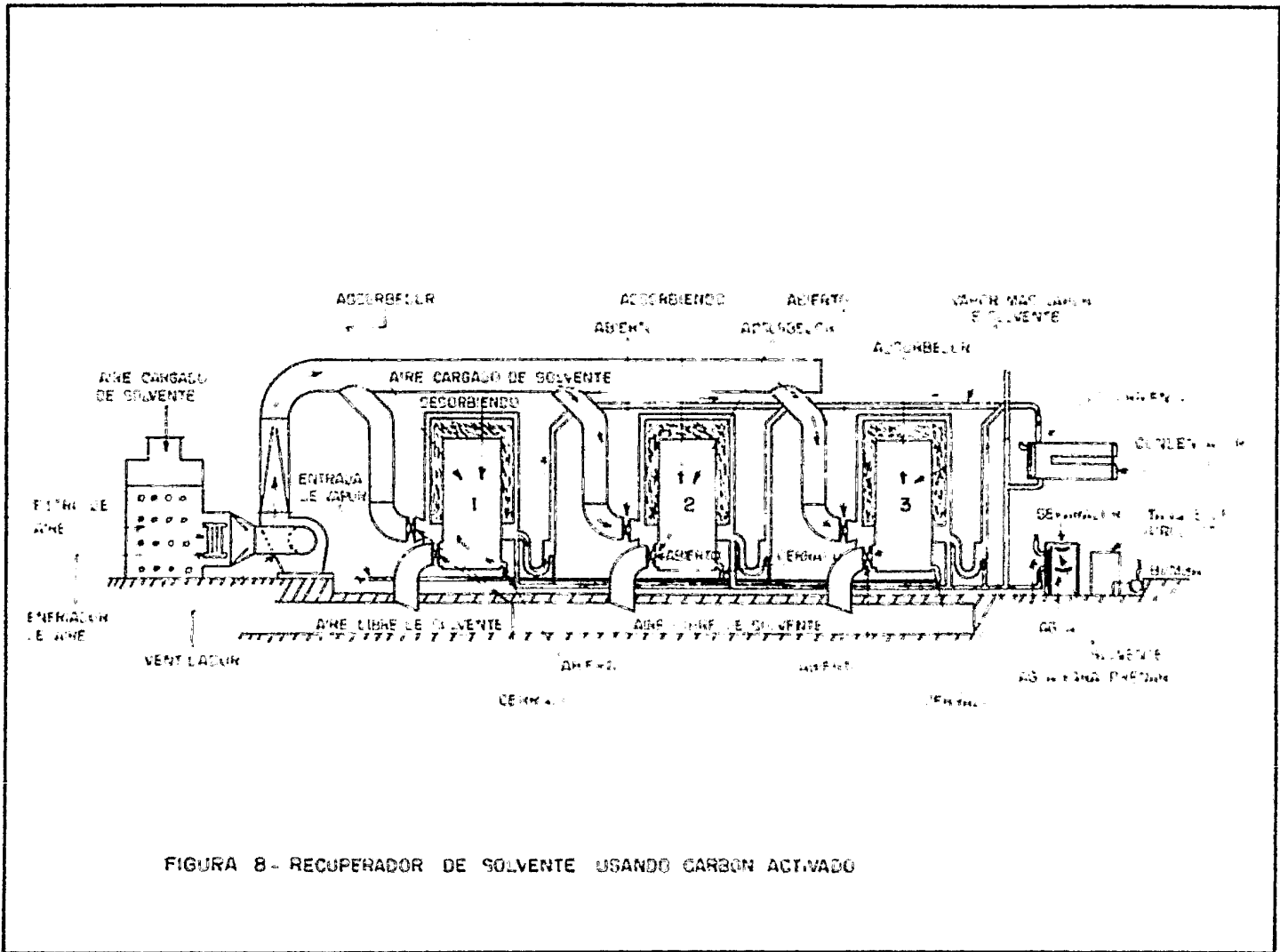


FIGURA 7 DOS UNIDADES ADSORBEDORAS DE LECHO FIJO



Los adsorbedores de lechos movibles en realidad mueven el adsorbente dentro y fuera de la zona de adsorción. El adsorbedor de lecho fluidizado contiene un número de lechos fluidizados poco profundos de adsorbente activado. Los flujos de aire ascienden a través de estos lechos y los "fluidiza"; el disolvente es progresivamente adsorbido en el carbón. El adsorbente limpio es alimentado sobre la bandeja superior, dentro del lecho fluidizado. Estos flujos atraviesan la bandeja superior, y avanzan descendiendo hasta la bandeja de abajo, quedando progresivamente cargado con solvente que se mueve a través del adsorbente. Debido a que la velocidad de circulación del carbón puede igualarse inmediatamente a las velocidades de alimentación de solvente, pueden lograrse cargas muy grandes de solvente en el carbón. Esto puede resultar en bajo consumo de vapor para la desorción. El estado fluidizado, si es usado correctamente, servirá para evitar el problema de canalizado que algunas veces es encontrado en lechos fijos.

INCINERACION

La incineración es el control de emisiones orgánicas por combustión. El objetivo es oxidar completamente los vapores orgánicos y gases de un proceso u operación que los emitan. Los incineradores ofrecen el potencial de recuperación de calor.

Los postquemadores son dispositivos los cuales, para quemar vapores orgánicos en concentraciones diluidas, utilizan combustible adicional. Los dispositivos usados para quemar el desecho de gases que tienen suficiente valor calorífico para quemarse, sin adicionar combustible son conocidos como encendedores, si no hay aire premezclado, o como incineradores si hay aire premezclado.

Los postquemadores son dispositivos de limpieza de gases que incineran emisiones orgánicas. La combustión es realizada por incineración por flama directa o por oxidación catalítica.

Los procesos industriales para los cuales el control de postquemadores es satisfactorio incluyen operaciones de disolventes, secado, cocido y operaciones de curado realizadas en hornos, secadores de kilns. Los dispositivos de control por combustión se aplica con buen éxito en hornos de esmaltados de alambre, hornos de cocido de pintura, cocidos de barnices, impresión e impregnado de papel, fabricación de productos farmacéuticos, procesado químico y acabado textil.

Algunos autores dividen en tres las técnicas de combustión, a nombrar: (1) combustión directa (o flameado), (2) oxidación térmica (postquemadores por flama directa) y (3) oxidación catalítica. Los diagramas esquemáticos de estos métodos se muestran en la Figura 9.

PRINCIPIOS DE OPERACION.

- POSTQUEMADORES DE FLAMA DIRECTA.

Para que haya combustión de vapores y líquidos orgánicos, las concentraciones de vapor y aire deben estar dentro de los límites de flamabilidad.

Para que una flama se autosostenga, la mezcla de aire y combustibles debe suministrar bastante calor para mantener la temperatura de combustión. La energía contenida en una mezcla de aire y la mayor parte de materiales orgánicos en el límite de flamabilidad es, generalmente, equivalente a 4.6×10^5 calorías por metro cúbico standar, (mcs). Esto quiere decir que a temperatura ambiente los vapores y líquidos orgánicos en el aire deben proveer un mínimo de 4.6×10^5 cal/mcs para que una flama pueda iniciarse por una fuente de temperatura alta y se autosostenga. La velocidad de reacción de oxidación esta en función de la temperatura. Debe suministrar una fuente externa de energía calorífica, sin embargo, para mantener la temperatura y una velocidad de reacción específica, a menos que (1) la -

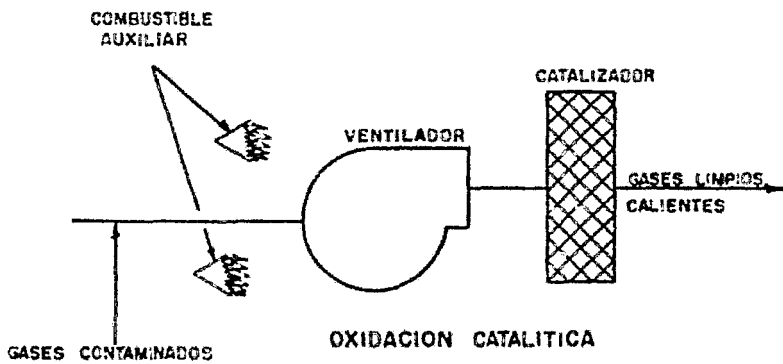
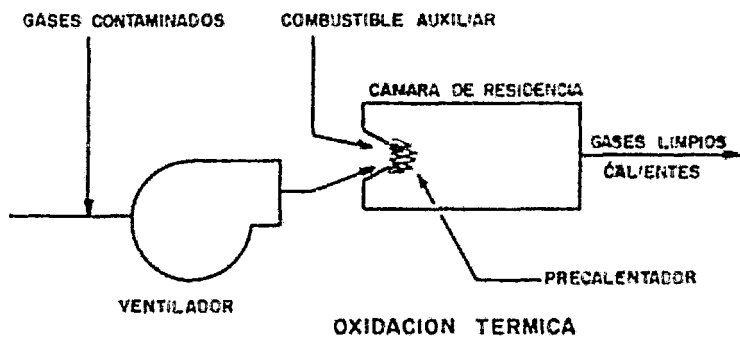
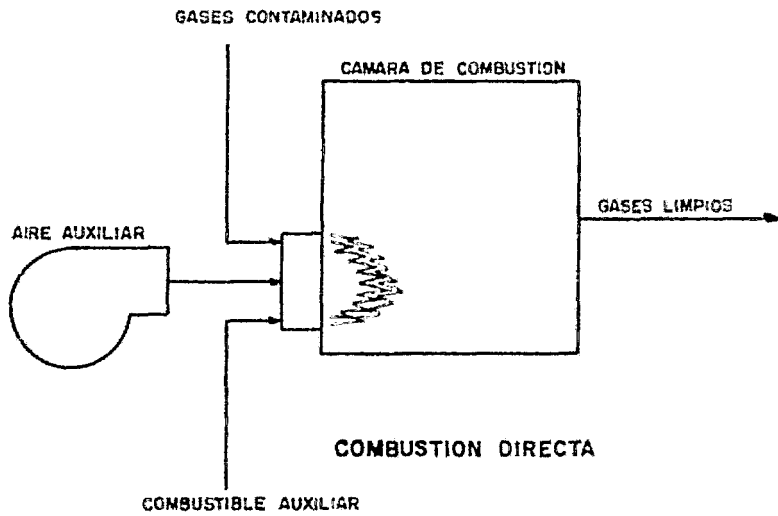


FIGURA 9- TIPOS DE COMBUSTION

concentración de vapor sea bastante alta para soportar la combustión autosostenida, y (2) una fuente de ignición (encendido) -- sea mantenida. Generalmente, las altas concentraciones de combustibles son diluidas a 25 por ciento o menos del límite de seguridad de flamabilidad, lo que implica que el calor sea suministrado por una quema independiente en una segunda fuente de combustible. La técnica requerida, por consiguiente, es inyectar bastante gas combustible en el efluente rico en aire que lleve una porción de la masa en el recorrido del combustible y dar -- así el resto del calor para alcanzar la temperatura de ignición o encendido. La energía externa así adicionada principia una -- reacción en cadena, en donde el calor de los vapores quemados -- suministran una porción del calor total requerido para completar la reacción química. En la Figura 10, se muestra un postquemador de flama directa con provisión de calor auxiliar y cambiador de calor recuperativo.

El tiempo de quemado es un factor importante en el diseño del postquemador. Este período de tiempo es llamado "Tiempo de Vida" o "Tiempo de Residencia". Este varía con el tipo de efluente y el método de incineración, estando en el orden de 0.3 a -- 0.6 segundos a una temperatura de 650° a 760°C. El tipo de quemador y el arreglo tienen un efecto considerable en el tiempo -- de quemado. La turbulencia en la zona de combustión reduce el -- tiempo de retención requerido, igual que el buen contacto de la flama. También los quemadores de multichorro aseguran el buen -- contacto de gases y vapores orgánicos con la flama.

Si la reacción de combustión es detenida por temperatura -- insuficiente, tiempo de residencia insuficiente, o mal mezclado, pueden producirse monóxido de carbono, aldehídos, y otros sub-- productos de combustión, muy dañinos para la salud. Para lo -- grar una combustión completa, se requiere un buen mezclado de -- vapores orgánicos y oxígeno.

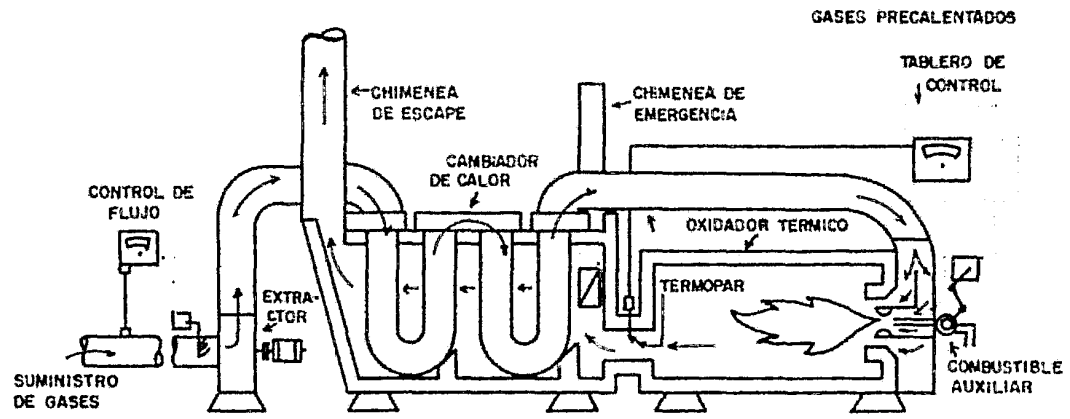


FIGURA 10- POSTQUEMADOR DE FLAMA DIRECTA CON CAMBIADOR RECUPERADOR DE CALOR

Debidamente diseñados y operados los postquemadores de flama directa usualmente alcanzan eficiencias de eliminación de -- vapores orgánicos de más de 95 por ciento.

- POSTQUEMADORES CATALITICOS

Estos postquemadores emplean un sólido con superficie activa, en donde la reacción de combustión se lleva a cabo a una temperatura relativamente baja con respecto a la requerida para combustión por flama directa. Los postquemadores catalíticos tienen la ventaja de bajos costos de combustibles en algunas aplicaciones. En la Figura 11, se muestra un postquemador catalítico. El costo total de operación del postquemador de -- flama directa es comparable al de tipo catalítico, pues en el de flama directa, puede recuperarse calor, lo que se refleja en un ahorro de combustible. La incineración catalítica puede aplicarse para muy bajas concentraciones de contaminantes.

Los problemas primarios con los postquemadores catalíticos son sus altos costos de mantenimiento y la facilidad de envenamiento del catalizador. Esto implica que no siempre sea la técnica adecuada, ya que al haber ensuciamiento pierden gradualmente actividad, sin llevarse a cabo la combustión completa, y emitir compuestos orgánicos menos deseables que de las emisiones sin postquemador.

La incineración catalítica tiene aplicación en el refinado del petróleo, en procesos químicos, la fabricación de revestimientos, los hornos de cocido y otros.

SELECCION DE POSTQUEMADOR

Para la selección de un postquemador como medio de control de contaminantes orgánicos se necesita la siguiente información:

- 1.- Debe identificarse el contaminante orgánico.

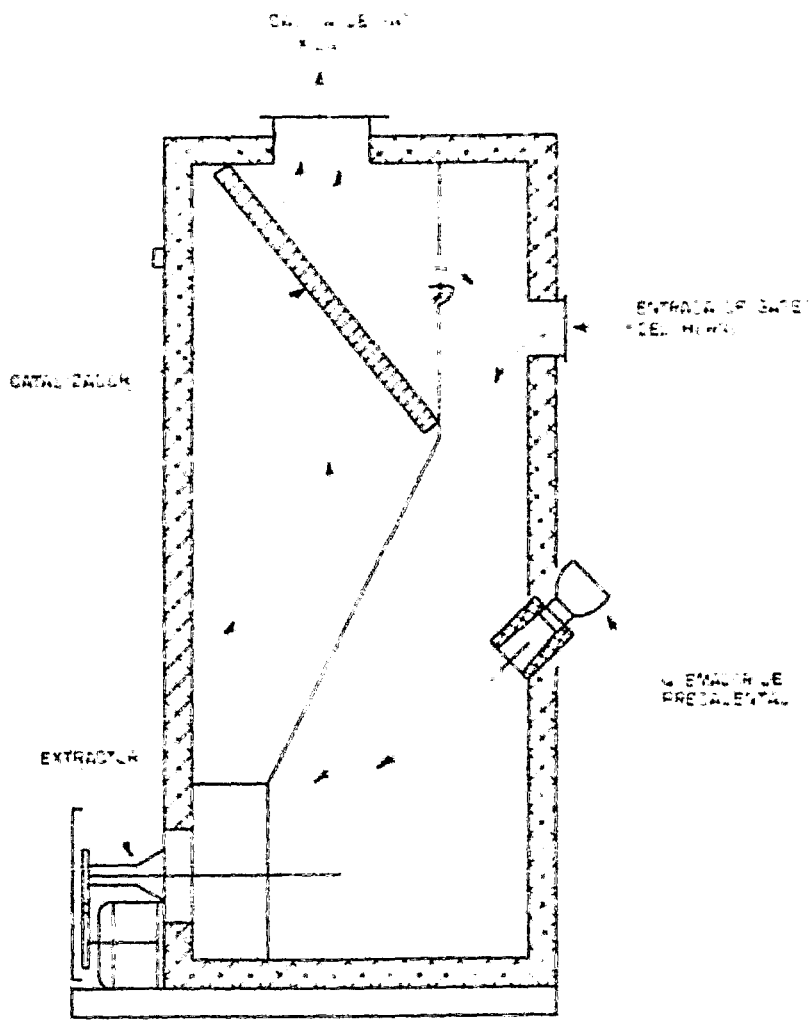


FIGURA 17 - POSTQUEMADOR CATALITICO

- 2.- Debe determinarse la concentración y forma física del contaminante.
- 3.- Se requiere la temperatura del efluente.
- 4.- Se requiere el flujo volumétrico del efluente.
- 5.- Debe ser conocido el contenido de oxígeno del efluente.
- 6.- Deben considerarse las limitaciones de espacios.
- 7.- Deben considerarse las limitaciones de peso.
- 8.- Deben considerarse la recuperación de calor.
- 9.- También debe tomarse en cuenta el costo de la energía eléctrica y de los combustibles gaseosos.

Con estos datos podremos seleccionar el tipo de postquemador adecuado para cierta aplicación específica, también sabremos la cantidad de calor disponible en el contaminante y el calor auxiliar necesario, así como el combustible necesario, para llevarse a cabo una buena combustión. Con el gasto volumétrico del efluente determinaremos las dimensiones del postquemador. Sobre el costo de energía eléctrica y combustibles, diremos -- que contribuyen significativamente en los costos de operación del equipo, por lo cual deben considerarse.

CONDENSACION

Muchos compuestos orgánicos, a causa de su relativo alto punto de ebullición, fácilmente condensan aún cuando no estén altamente concentrados. De esta manera, a una temperatura dada, si la presión parcial de un componente es incrementada hasta que esté igual o más grande que la presión de vapor a esa temperatura, el compuesto condensará. Alternativamente, si la temperatura de una mezcla gaseosa es reducida hasta la temperatura de saturación a la cual son iguales la presión de vapor y la presión parcial de uno de los constituyentes, la condensación también ocurrirá. Esto quiere decir, que hay dos caminos para llevarse a cabo la condensación, disminuyendo la temperatura o incrementando la presión del sistema, siendo el --

primer camino el más utilizado y, por lo tanto, el más práctico.

El control de las emisiones orgánicas por condensación - está limitada por la presión parcial de equilibrio del contaminante. A medida que la condensación ocurre, la presión parcial del contaminante remanente en la fase gaseosa decrece rápidamente y no es posible la condensación completa. De esta manera, los condensadores, generalmente deben ser seguidos -- por un sistema secundario de control de la contaminación del aire, tal como un postquemador, el cual trata los gases no condensables y alcanza un alto grado de eficiencia. Por esta razón los condensadores no son tan utilizados como los postquemadores y adsorbedores para el control de emisiones de gas orgánico.

PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION

Los condensadores pueden ser clasificados dentro de dos grupos, de superficie y de contacto. En un condensador de superficie, el disolvente (contaminante) a ser condensado, y el medio enfriante están separados por una pared de metal; en un condensador de contacto, el vapor orgánico y el medio enfriante entran en contacto directo.

Los condensadores de contacto son, generalmente menos -- costosos, más flexibles y más eficientes en el recuperado de disolventes, que los condensadores de superficie.

APLICACION

Los condensadores son aplicados en muchos procesos. Entre las industrias que lo aplican en el control de emisiones de disolventes como contaminantes tenemos la industria del -- refinado de petróleo, en la fabricación de productos petroquímicos, en la fabricación de productos químicos, en la limpieza

en seco, en el desengrasado, etc. Su aplicación a cualesquiera de los procesos depende de la cantidad y tipo disponible de enfriador, problemas de eliminación del líquido y del volumen -- del compuesto recuperado.

REACTIVIDAD FOTOQUIMICA

En algunas operaciones, la emisión de disolventes o contaminantes orgánicos no es práctico controlarla con equipo, por ser el costo muy alto. En este caso, existe una técnica como alternativa para el control de emisiones de disolventes. Esta técnica consiste en reformular el disolvente que está siendo usado, de tal manera que el material emitido sea menos reactivo.

La reactividad fotoquímica es la tendencia de un sistema atmosférico, conteniendo el compuesto orgánico en cuestión y óxidos de nitrógeno, bajo la influencia de luz solar (radiación ultravioleta) y en apropiadas condiciones meteorológicas, a una serie de reacciones químicas que resulten en las varias manifestaciones asociadas con la contaminación fotoquímica del aire. Esto incluye irritación de los ojos, daño a la vegetación y reducción de visibilidad.

Es difícil hacer una clasificación, que sea correcta para toda ocasión, de los compuestos orgánicos según una escala de reactividad fotoquímica por sus variantes en cada efecto que produce.

CAPITULO IV

CONTROL DE EMISIONES DE DISOLVENTES ORGANICOS

IV.- CONTROL DE EMISIONES DE DISOLVENTES ORGANICOS

Generalmente, los contaminantes del aire pueden controlarse solo en la fuente. Las fuentes industriales de emisiones -- son controladas por el aprovechamiento máximo en el manejo de plantas u operación, substitución de proceso o de material, o cambios parciales y/o impedimento directo de material de escape a la atmósfera. Algunas veces, los métodos de control pueden conjuntarse en un mismo proceso o usar más de una de las - cuatro técnicas básicas de control.

En este capítulo se tratarán los más importantes procesos industriales, que de alguna manera tienen que ver con los disolventes orgánicos, así como los sistemas de control utilizados en cada uno de los procesos, con sus ventajas y desventajas.

Las Refinerías de Petróleo no se estudiarán en este trabajo, pues hemos dividido los disolventes y los hidrocarburos en - dos temas de investigación, por lo cual las emisiones de hidrocarburos pueden llevar al desarrollo de un trabajo o tesis, en el que se redacten los problemas y se propongan las soluciones del Control de la Contaminación originada por hidrocarburos.

PLANTAS QUIMICAS

Los fabricantes de productos químicos orgánicos sintéticos tienen problemas en el control de emisiones de materias -- primas y de productos obtenidos de estos materiales. Las principales materias primas en el manejo de estas plantas son benceno, tolueno, xileno, naftaleno y aceite de creosota.

Los compuestos químicos orgánicos o petroquímicos son en su mayoría fabricados por proceso de conversión. Generalmente, el tipo de emisión es identificada por el tipo de materia prima y materia prima auxiliar y por el tipo de conversión. Los -

tipos de conversiones realizadas en la industria química fueron mencionados en el Capítulo II.

Por otra parte, cada uno, de los muchos procesos que fabrican productos químicos, tienen sus problemas particulares para el control.

Las materias primas, los productos y los subproductos son fuentes potenciales de emisión en cualquier operación de conversión química. Las mayores fuentes de emisiones a la atmósfera - provienen de la corriente de gas de desecho, de los vapores de las columnas de destilación y del escape de líneas de alimentación y líneas de transporte de producto.

En la industria de la producción de materiales químicos orgánicos utilizan, en el control de emisiones, condensadores para recuperar reactantes utilizables y los desechos se queman para recuperar calor. Este equipo de control es considerado como parte del proceso (por se incentivo económico), y por lo tanto entran en los cálculos de inversión. Los datos de inversión no incluyen, sistemas de quemadores catalíticos, incineradores térmicos o adsorbedores especiales, requeridos para eliminar contaminantes del gas de salida.

Los disolventes orgánicos que contienen halógenos, principalmente cloro, son un problema especial, porque las moléculas que contienen halógenos, no son combustibles. Por consiguiente, la incineración de cloro contenido en compuestos orgánicos puede producir cloruro de hidrógeno, cloro elemental u otros compuestos clorados. Se ha probado, por medio de experimentos, que si la relación de hidrógeno a halógeno es alta, aproximadamente de 5 a 1, prácticamente todo el halógeno, al realizarse la combustión, se producirá en forma de haluro de hidrógeno. Estos ácidos se recuperan por una técnica desarrollada, que implica -- una serie de pasos, que en este trabajo no se tratarán.

FABRICACION DE PINTURA, LACA Y BARNIZ

Las pinturas, lacas y barnices se usan para propósitos decorativos, protectivos y, en algunos casos, para aislamiento eléctrico y resistencia química. Actualmente, los revestimientos son productos de reacciones químicas exactamente controladas y formulaciones exactamente proporcionadas, las cuales pueden incluir aceites secadores naturales o sintéticos, pigmentos, solventes volátiles, resinas, secadores, adelgazadores, plastificantes y antioxidantes.

Los revestimientos se dividen en dos tipos: revestimientos pigmentados y no pigmentados. El vehículo o endurecedor es común en ambos tipos. Excluyendo los pigmentos, la mayoría de los constituyentes son de composición orgánica, con variación en los grados de volatilidad. Por lo tanto, las operaciones de manejo, mezclado y proceso producen diferentes cantidades de contaminación atmosférica, dependiendo cuales materias primas sean usadas, de las combinaciones de los materiales y de las condiciones a las cuales sean sujetos.

El fabricante de pintura y barniz usualmente produce sus propios vehículos por reacciones químicas y/o por operaciones de cocido, por lo cual se evaporan parte de los ingredientes. Otras pérdidas de disolventes resultan de las operaciones de adelgazado que usan disolventes volátiles y adelgazadores, para producir la consistencia adecuada para el producto terminado; y del manejo y almacenamiento de materias primas y productos intermedios.

La producción de barniz, es el gran contribuyente de emisiones de disolventes a la atmósfera en esta industria.

FABRICACION DE PINTURA

La pintura puede definirse como una mezcla líquida pigmentada que es convertida a una película sólida, relativamen-

te opaca, después de la aplicación como una capa delgada. Los esmaltes son pinturas, las cuales forman una película especialmente lisa y brillante.

El fabricado de pintura consiste de las siguientes operaciones:

- 1.- Mezclado de pigmento con suficiente vehículo.
- 2.- Pulverizado de la pasta formada.
- 3.- Reposo de la masa de pasta.
- 4.- Teñido a color requerido.
- 5.- Probado.
- 6.- Filtrado, rellenado y empacado.

Las dos fuentes de emisiones de materiales orgánicos en la fabricación de pinturas son la operación de triturado, debido a que la masa se calienta a elevada temperatura, evaporándose ciertos ingredientes, y la operación de adelgazado, durante la cual ocurre la evaporación de disolventes como hidrocarburos alifáticos o aromáticos, alcoholes, cetonas, ésteres y otros materiales altamente volátiles. A causa de la volatilidad de la mayor parte de los adelgazadores, el mezclado debe hacerse en tanques totalmente cerrados para prevenir pérdidas de estos costosos disolventes y, más aún, para prevenir la contaminación del aire por estos materiales. Una estimación hecha de las pérdidas de disolventes en estos procesos indicó que de 1 a 2 por ciento en peso de disolvente usado se pierden y, además, el 0.5 por ciento del peso de la pintura es emitido como hidrocarburo.

Los métodos de control de emisiones atmosféricas por la fabricación de pinturas incluyen: (1) reformulación de la pintura para reemplazar un disolvente fotoquímicamente reactivo, tal como el xileno, con un disolvente menos reactivo, (2) producción de revestimiento a base de agua, (3) condensación y absorción por lavado con agua, (4) condensación y absorción por lavados con álcalis o ácidos. (5) lavado y adsorción con carbón activado u otros adsorbentes, (6) combustión y (7) dispersión por altas chimeneas.

El método preferido de control de emisiones de disolventes es la reformulación, ya que ésta sirve para reducir la emisión de disolventes reactivos durante el proceso de fabricación y durante la aplicación. El cocido de esmaltes no puede, sin embargo, cumplir con los requerimientos de la Regla 66 del Condado de los Angeles por reformulación, a causa de que las emisiones del cocido en horno deben controlarse a pesar del disolvente usado.

FABRICACION DE LACA

Las lacas son soluciones de resinas en disolventes orgánicos que endurecen como resultado de la evaporación de disolventes antes que se oxiden o polimericen. Las lacas son revestimientos nitroceluloicos, los cuales pueden ser claros o pigmentados. Si es añadido pigmento, la laca es llamada esmalte de laca o laca pigmentada y es más resistente a la intemperie.

La nitrocelulosa es el ingrediente básico en el formado de la película en lacas. Esta es mezclada con resinas plastificantes, disolventes volátiles y diluyentes para producir lacas con varias propiedades tales como elasticidad deseable, buena adhesión a las superficies, buena profundidad de película, lustre y características de buen secado. Las operaciones de mezclado y teñido son usualmente llevadas a cabo, en tanques agitadores totalmente cerrados para disminuir la cantidad de disolvente evaporado.

Los disolventes son los materiales que proporcionan la consistencia conveniente para la aplicación de lacas. Los ingredientes sólidos de la laca, tanto como el método de aplicación, dicta la selección de disolventes. Los disolventes usados en la fabricación de laca son, principalmente, los ésteres y cetonas, aunque hay otros como los alcoholes, etílico, butílico y amílico. Los diluyentes son disolventes adelgazadores obtenidos del petróleo y alquitrán de hulla. Para obtener lacas satisfactorias se requieren mezclas de varios disolventes.

Las emisiones de materiales orgánicos de la fabricación de lacas consisten de disolventes evaporados y diluyentes. Generalmente las pérdidas son pequeñas, a menos que se manejen a altas temperaturas.

El método óptimo para el control de estas emisiones es la reformulación para reemplazar los disolventes reactivos con unos menos reactivos. Otros métodos incluyen condensadores, postquemadores, lavadores, absorbedores y adsorbedores o combinaciones de varios de ellos. Si es usado un adsorbedor de carbón activado, debe ser instalado un lavador antes de éste, para eliminar brea o material alquitranado, el cual puede recolectarse en el carbón y disminuir la eficiencia.

FABRICACION DE BARNIZ.

La más común definición de barniz nos dice que un material no pigmentado y que consiste de resinas, aceites, adelgazadores y secadores, y los secados son por evaporación de los disolventes y por oxidación y polimerización de los constituyentes remanentes.

Los tipos de barnices más comunes son:

- 1.- Barniz oleoresinoso, que es el más común y consiste de una o más resinas (natural o sintético) en un aceite de secado y un disolvente volátil. Secan por oxidación; y oxidación y condensación; u oxidación, condensación y polimerización.
- 2.- Espiritu de barniz, consiste de disolventes de alcoholes, resinas naturales o sintéticas, con poco o nada de aceite (ejemplo, la goma laca). Secan por evaporación o evaporación y alguna polimerización.
- 3.- Barniz de resina alquilada, el cual consiste de una solución formada por una resina alquilada, un disolvente volátil y un secador.
- 4.- Barniz de asfalto cuyos constituyentes incluyen una

solución de asfalto en un disolvente volátil.

- 5.- Barniz de litografía, el cual es usado como un vehículo en tinta pigmentada de impresión litográfica.

EMISIONES

Las operaciones llevadas a cabo para la fabricación del barniz son cocido, adelgazamiento, mezclado, filtrado, almacenado y madurado (si es necesario), probado y empacado. La etapa más importante es el cocido.

Las temperaturas de cocido del barniz en "kettles" oscilan de 93° a 315°C, y son usualmente mantenidas por varias horas. A 180°C empiezan a liberarse vapores; la velocidad de evaporación aumenta con un incremento en la temperatura y se alcanza el máximo de emisión al alcanzar la máxima temperatura. La emisión de vapor continúa mientras el calentado es continuado pero decrece lentamente después de que la máxima temperatura es alcanzada.

Hay dos tipos de "kettles" usados para el cocido de barniz el "kettle" abierto y el cerrado. Por supuesto, el abierto permite la evaporación del material. Los vapores emitidos de los cocedores de barniz poseen olores penetrantes y desagradables y otras características irritantes. Estos vapores consisten de constituyentes de bajo punto de fusión de gomas industriales, ácidos sintéticos y resinas o breas, algunos de los cuales son puestos libres a propósito por razones del proceso; productos de descomposición térmica y oxidación volatizados durante el tiempo de darles consistencia a los aceites; y adelgazadores volátiles, los cuales se destilan libres durante el adelgazado de barniz caliente. La composición de estos vapores es función de las materias primas, fórmulas de cocido y ciclo de calentamiento. Algunas de las materias primas usadas incluyen (1) aceites tales como de linaza, ricino, pescado, sebo, etc.;

(2) resinas tales como fenólicas, breá seca, goma de éster, alquiladas, acriladas, silicones, epóxidos, poliuretano, etc.; - (3) disolventes y adelgazadores tales como trementina, xilol, toluol, alcoholes, naftas aromáticas y alifáticas, y (4) secadores.

La mayor parte de los constituyentes de las emisiones de los cocidos de barniz son ácidos grasos y aldehídos, mezclados con vapor de agua, acroleína, glicerol, ácido acético, ácido fórmico y residuos complejos de descomposición térmica. El compuesto más desagradable de los nombrados es la acroleína porque es picante, con olor desagradable, muy profundo olor al principio y características irritantes a los ojos. Además de los contaminantes emitidos al aire enlistados anteriormente hay algunos compuestos de azufre que son altamente peligrosos, que son emitidos cuando el aceite de sebo es esterificado con glicerina y pentaeritritol, y tales compuestos son sulfuro de hidrógeno, butil mercaptano, tiofeno y sulfuro alílico.

Las emisiones totales a la atmósfera dependen de la composición de la masa, de la temperatura, máxima temperatura del proceso, método de adición de disolventes y secadores, tiempo empleado de agitación, grado de quemado de aire, extensión de tiempo de cocido y del equipo de control empleado.

Las pérdidas totales típicas de los diferentes procesos de cocido son:

- 1.- De barnices oleoresinosos es de 3 a 6 por ciento, y algunas veces de 10 a 12 por ciento.
- 2.- De resinas alquiladas de 4 a 6 por ciento.
- 3.- De aceites de 1 a 3 por ciento.
- 4.- De la polimerización de resinas acrílicas de 1 por ciento.

Para el proceso de goma de copales naturales, la cantidad de vapor liberado fluctúa entre 12 y 35 por ciento del peso original de copal, dependiendo del tipo de copal, temperatura y dirección de la corrida del proceso. En promedio tiene pérdidas

de 25 por ciento.

La segunda gran fuente de emisiones de la fabricación de barniz es la operación de adelgazado. Muchos de los procesos requieren la adición de disolventes y adelgazadores durante el proceso de cocido, el cual mantiene una temperatura cercana al punto de ebullición de los disolventes. La cantidad de disolvente perdido a la atmósfera será considerable en este caso, si son realizadas operaciones con "kettles" abiertos. Hay otros factores que gobiernan la pérdida de disolvente, estando entre éstos la volatilidad, la temperatura a la cual es añadido el material, la cantidad adicional de calor aplicado y el grado de agitación empleado. A causa de la volatilidad de la mayor parte de los disolventes, casi todas las operaciones de adelgazamiento deben hacerse en tanques totalmente cerrados para prevenir pérdidas grandes de disolventes. Esto es necesario porque la mayor parte de estos disolventes no son únicamente problemas de contaminación, sino que son bastante caros. El método de adelgazamiento también afecta al total de pérdidas de disolventes, porque si, por ejemplo, una pequeña cantidad de disolvente frío es vertido dentro de una gran masa de barniz caliente, más disolvente es evaporado y perdido que si una pequeña cantidad de barniz caliente es vertida dentro de un gran volumen de disolvente frío.

Las pérdidas de disolventes durante el adelgazamiento pueden fluctuar de 5 a 50 por ciento del total añadido en tanques de adelgazamiento abiertos, dependiendo del método usado y de la cantidad de tiempo que la mezcla adelgazada esté descubierta. Sin embargo, ya que la mayor parte de los fabricantes usan tanques de adelgazamientos totalmente cerrados, la cantidad de disolvente perdido a la atmósfera está entre 1 " 2 por ciento del disolvente usado.

CONTROLES

Generalmente, la industria del barniz practica el control de emisiones por razones económicas. De hecho, un conjunto de condensadores reduce las emisiones considerablemente de muchos procesos. Otros métodos de control de estas emisiones son lavadores, absorbedores, adsorbedores, postquemadores, reformulación de disolventes y sublimación.

Para el diseño de condensadores deben considerarse, para el control de emisiones de la fabricación de barniz, los tipos de compuestos a tratar, así como sus propiedades físicas, tales como temperatura, volumen, concentración, presión de vapor y calor específico. Los compuestos no condensables se extraen por otros medios. Muchos de los hidrocarburos no condensables de bajo punto de ebullición son muy flamables y debe eliminarse ese riesgo.

Varios tipos de lavadores son usados por la industria del barniz a nombrar:

- 1.- Lavador a contracorriente, en el cual los vapores entran por el fondo de éste en contra de una corriente de agua que desciende, saliendo parte del gas por la parte superior.
- 2.- Lavador de agua de corriente paralela sucedido por pequeños lavadores a contracorriente.
- 3.- Lavadores a chorro de agua.
- 4.- Lavadores con discos giratorios localizados en un eje vertical giratorio.

El uso de adsorbedores, en esta industria, para eliminar disolventes y olores del efluente a tratar debe encontrarse libre de sólidos. En la fabricación de barniz, el efluente no está libre de estas materias y, lógicamente, este material se deposita en el carbón activado en forma de alquitrán. Este depósito,

además de restar actividad al carbón, dificulta la desorción. Una forma de evitar este problema puede ser pasando la corriente por un lavador preliminar y después por el adsorbedor.

En realidad, el control de vapores de barniz por el método de adsorción es útil, la mayor parte de las veces, después de que el volumen de material condensable es eliminado por condensadores, lavadores, etc. El estado de esa adsorción, seguida de revivificación, suministra vapores concentrados, los cuales pueden ser quemados más económicamente que cuando son mezclados con grandes volúmenes de aire.

Actualmente, el medio más efectivo para el control de emisiones de operaciones de fabricación de barniz es la combustión. La eliminación del vapor por combustión tiene varias ventajas sobre otros métodos de control, porque éste requiere un mínimo de equipo, asegura la completa eliminación de los vapores y consume muy poco combustible en hornos perfectamente diseñados. La incineración de estos combustibles, llamados combustibles calientes, debe tomarse la precaución en contra de la propagación de la flama en dirección opuesta al flujo de vapores en el kettle y horno de incinerado. En algunos sistemas, una serie de chorros de agua o un lavador de agua son interpuestos entre el kettle y el horno. En otros sistemas, los vapores son pasados, primeramente, a través de un condensador con agua fría y, después, por un hogar de combustión. En otros, los vapores de barniz son sacados del kettle, por una boquilla, como humos. La mezcla de humo y vapor es condensada. La presión se reduce, lo cual resulta de la condensación de los vapores de salida del kettle. Los no condensables son, entonces, quemados.

En el diseño de postquemadores, para el control de emisiones en un proceso, en donde la relación de no combustibles a combustibles es relativamente grande, deben ser considerados cinco variables interrelacionadas; temperatura de reacción, tamaño de partículas de combustibles, mezclado, contacto de fla-

ma y tiempo de residencia. La importancia de estas variables es aparente, ya que las teorías de propagación de flama proponen que una flama es mantenida por autoignición continua en el principio de la flama.

En el diseño de un sistema de control en base de un postquemador de un "kettle" para el barniz, deben considerarse los siguientes puntos:

- 1.- Cubierta. Las cubiertas deben ajustarse herméticamente, deben ser fácil de limpiar y debe prevenirse el goteo de condensado dentro del "kettle".
- 2.- Canalización. Los canales deben vertirse lejos de las cubiertas y lo que queda abajo debe ser eliminado. Deben usarse materiales resistentes a la corrosión con condiciones adecuadas para su limpieza.
- 3.- Protección Retrospectiva (Flama en contra de la corriente) y Prelimpiado. Es recomendada una etapa rocíadora de agua, para el prelimpiado y protección retrospectiva. Una sección de alta velocidad en la entrada suministra una protección adicional contra el fuego.
- 4.- Postquemador. Debe usar una temperatura mínima de 650° C con condiciones para alcanzar temperaturas de 760° C. Debe suministrarse un mezclado íntimo con la flama. La cámara de combustión debe ser refractaria y proveer un tiempo de residencia de 0.5 segundos. La velocidad a través de la cámara no debe ser menor de 4.6 metros por segundo.
- 5.- Controles. Los controles del quemador deben ser del tipo modulado para asegurar una continua e ininterrumpida flama.
- 6.- Seguridad. La protección debe ser provista para todas las posibles fallas del sistema de control para prevenir incendios.

En la Figura 12, se muestra un sistema de control típico usado en cierta planta fabricante de barniz.

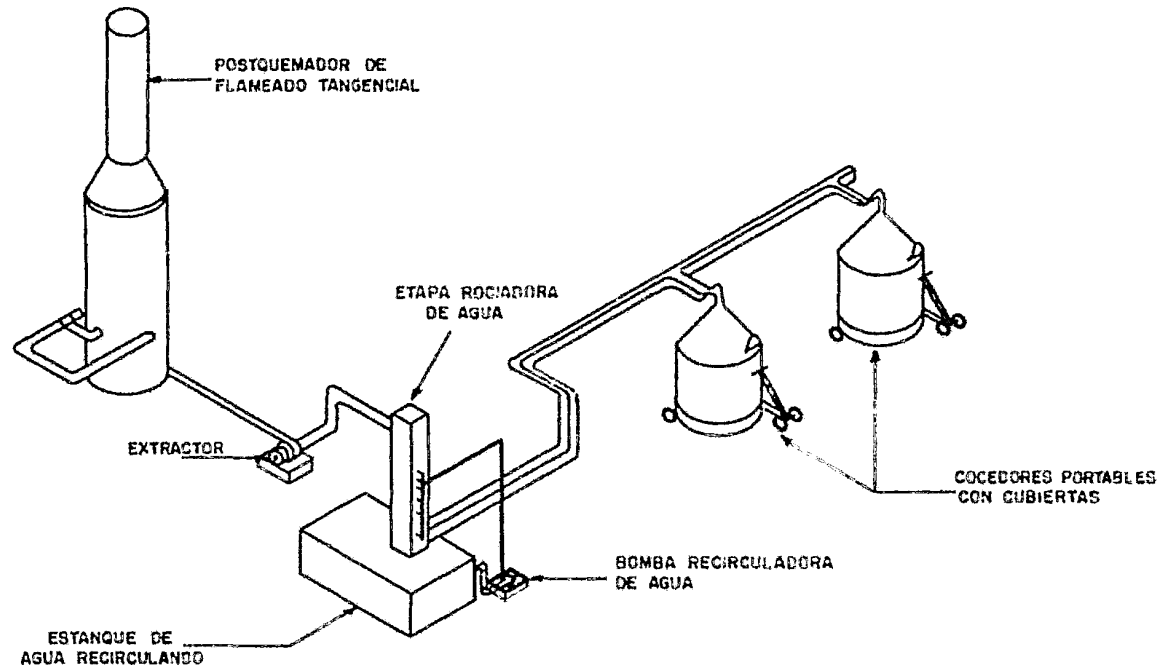


FIGURA 12- SISTEMA DE CONTROL DE COCIDO DE BARNIZ.

Hace años se hicieron pruebas en dos postquemadores de flama para quemar hexano y se obtuvieron los siguientes resultados:

Un postquemador con encendido tangencial con un costo de \$ 6,500.00 Dlls., suministró un 99 por ciento de eficiencia, con requerimientos de calor de combustible de 5×10^8 Cal por hora, con un costo de \$ 0.90 de dollar por hora para incinerar 27 metros cúbicos standar por minuto de aire contaminado.

Mientras tanto, el postquemador de encendido axial tuvo una eficiencia de 96%, con un costo de la unidad de \$ 2,500.00 Dlls., ya instalada. Los requerimientos de combustibles fueron de 1.44×10^8 Cal por hora, lo cual asciende a un costo de \$ 0.26 de dollar por hora.

Las unidades de combustión catalítica deben también considerarse en la industria del barniz. Para eliminar todos los olores, utilizando este sistemas, se necesita una temperatura de 510°C. Puesto que esta temperatura es cercana a los 650°C requeridos en el tipo de flama directa, entran en competencia por el ahorro de combustible en en tipo catalítico.

Los disolventes emitidos de operaciones de adelgazamiento pueden controlarse por los métodos discutidos conforme a la fabricación de pinturas. Nuevamente, el mejor método de control es la reformulación de la mezcla para sustituir a los disolventes reactivos por otros menos reactivos.

APLICACIONES DE REVESTIMIENTOS SUPERFICIALES

Los revestimientos aplicados a superficies para protección y decoración pueden dividirse en dos clases: convertibles y no convertibles. La clase convertible incluye pinturas de aceite y barnices de aceite en los cuales principalmente secan y endurecen por reacciones de oxidación y polimerización, inducidos por el aire circundante. Los revestimientos no conver-

tibles, son aquellos en los que un material resinoso para el formado de la película se disuelve en un disolvente volátil. Cuando este revestimiento se aplica a una superficie, los solventes se evaporan y se forma una película de resina, la cual no experimenta un cambio químico significativo en exposición continua.

Los disolventes facilitan el uso de los barnices y resinas que forman ambas clases de revestimientos antes señalados. En el uso de revestimientos, la cantidad de disolvente utilizado generalmente coincide con la cantidad emitida a la atmósfera. Entre los disolventes, también incluimos a los diluyentes y -- adelgazadores. La mayor parte de los disolventes orgánicos de uso comercial o industrial pueden clasificarse como hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos, alcoholes, cetonas, ésteres, hidrocarburos halogenados o mezclas de estas categorías de compuestos.

Usualmente, más disolventes e hidrocarburos orgánicos son emitidos de la aplicación de revestimientos que de la fabricación de pinturas y barnices. Cuando los revestimientos son aplicados, no siempre es económicamente posible recolectar las emisiones y esencialmente todos los disolventes usados terminan en la atmósfera. Sin embargo, ciertas operaciones de revestimiento son dóciles para el control, entre las cuales se encuentran los acabados industriales requiriendo cocido, revestimientos de rollos y carretes, esmaltado de alambre, pintado de automóviles, pintado de otros productos de hoja de metal y secado en hornos de litografía.

TECNICAS DE CONTROL Y COSTOS

La mejor proposición para el control de emisiones de la aplicación de revestimientos es el uso de materiales no reactivos (por ejemplo, a base de agua y formulaciones con disolventes

orgánico no reactivos). Las emisiones orgánicas de la gran cantidad de operaciones de pintado y cocimiento empleadas en el acabado de metal pueden ser reducidas o adecuadamente controladas por una variedad de métodos. Los métodos que pueden considerarse como posibles reductores de contaminantes atmosféricos en la aplicación de revestimientos son modificación de equipo, reformulación de disolventes, adsorción, absorción e incineración.

La posibilidad de reducir o eliminar la contaminación del aire a través de la modificación de equipo o proceso debe ser cuidadosamente evaluada, ya que este método ofrece una oportunidad para ahorrar significativamente en costos, eliminando la necesidad de un equipo de control especial o reduciendo el tamaño del equipo de control requerido.

Cuando las posibilidades de modificación de equipo y proceso han sido agotadas, la recuperación o control de las emisiones de disolventes restantes o remanentes puede, teóricamente, llevarse a cabo por uno o más de los siguientes procesos: condensación por enfriamiento o compresión, absorción, modificación química incluyendo incineración y adsorción.

En la condensación de vapores orgánicos por enfriamiento, los requerimientos de refrigeración hacen que este método sea muy costoso. Por ejemplo, para recuperar el 90% de vapor de tolueno que es emitido a una razón de 115 Kg. por día, con una concentración de 0.5 Kg. por 1,135 metros cúbicos de aire, requeriría arriba de 500 toneladas de refrigerante.

El uso de compresión para realizar la condensación, requerirá gran presión y un consumo de gran potencia. En el ejemplo del tolueno antes mencionado, son requeridas 800 atmósferas de presión y 70 caballos de fuerza por 28.3 metros cúbicos por minuto de contaminantes manejados.

La absorción incluye el lavado de los gases cargados de vapor con un líquido en el cual el disolvente es soluble. Para

vapores orgánicos, el aceite mineral puede ser un posible agente absorbente. En este caso, también, sería requerido un equipo de absorción imprácticamente grande para alcanzar el límite requerido.

La destrucción química o modificación de vapores orgánicos requeriría un equipo grande e impráctico a causa de similares dificultades a las implicadas en absorción. La destrucción de vapores orgánicos por incineración llega a ser muy -- costosa para el rango de concentraciones de estos vapores presentes en operaciones de revestimiento superficial. Con altas concentraciones, tales como las que son emitidas de hornos de cocido de pintura, la incineración es empleada con éxito a -- causa de los bajos requerimientos de combustible y de alguna-recuperación de calor.

El control de emisiones de disolventes orgánicos de operaciones de revestimientos protectivos fue investigada y se concluyó que para operaciones de rociado es técnicamente posible utilizar adsorción por carbón activado. Todos estos métodos -- fueron estudiados para alcanzar los límites requeridos que se encuentran entre 100 y 200 ppm.

Para las operaciones que puedan usar postquemadores como equipo de control de contaminantes, como en hornos de cocido y otras más, varios factores deben analizarse para seleccionar un sistema conveniente, porque un postquemador o casi cualquier otro equipo de control de contaminantes, no produce una ganancia, por lo cual puede tender el industrial a comprar el equipo barato en el mercado y no el óptimo. Por eso se recomienda para reducir el costo de un postquemador, disminuir de alguna manera la cantidad de aire de salida a ser tratada. Los postquemadores pueden diseñarse para los volúmenes requeridos.

Los postquemadores generan una gran cantidad de calor que se desperdicia y, por lo tanto, es evidente la necesidad de -- sistemas de recuperación. Para postquemadores que manejan grandes volúmenes de aire (85 metros cúbicos o más), es necesario-- la adición de sistemas de recuperación.

OPERACIONES DE DESENGRASADO

En muchas operaciones industriales, las partes metálicas-- deben limpiarse cuidadosamente de toda grasa y aceite antes -- que puedan ser niqueladas, pintadas u otro procesado. En gene-- ral, el desengrasado implica el uso de un disolvente orgánico-- para disolver y eliminar manchas de metales por cualquier tipo de proceso. Si el disolvente usado para limpiado está en o cer-- cano a la temperatura del sitio, y si el equipo usado no está-- diseñado para el control de pérdidas de disolventes, entonces-- tal proceso es referido como "Limpieza con disolvente" o "Lím-- pieza con disolvente frío". Los disolventes usados en estos -- procesos pueden ser halogenados, no halogenados o mezclas de - ellos. Si el disolvente usado para limpiado se mantiene en el-- punto de ebullición atmosférico en el equipo de proceso por su ministro de calor, y si este equipo está diseñado para contro-- larlo y minimizado de pérdidas de disolventes al aire, entonces el proceso de limpiado es llamado "desengrasado con vapor". En otras palabras el desengrasado con vapor es un tipo específico del proceso de limpiado diseñado para usar únicamente disolven-- tes halogenados, los cuales son esencialmente no flamables y - tienen una densidad relativamente grande.

Con respecto a las operaciones de "desengrasado con vapor" usando tricloroetileno, por ejemplo, la experiencia industrial indica que las siguientes normas generales pueden ser usadas,-- estimando las pérdidas de vapor de disolvente de una máquina - propiamente diseñada y operada:

- 1.- Basado en el área de sección transversal expuesta del

desengrasador, se estima la pérdida de disolvente operado como 0.01 (\pm 50%) Kg. por hora por metro cuadrado de área expuesta.

- 2.- Basado en el proceso de carga de trabajo a través de la unidad, se estima que la pérdida de disolvente es de 1.9 a 5.7 litros por hora por tonelada de metal -- limpiado.
- 3.- Basado en el movimiento de disolvente en la unidad -- (medido arriba de ebullición), la pérdida de disolvente estimado es de 1 a 2 por ciento de la razón de generación de vapor en kilogramos por hora.

Las emisiones de todo tipo de operaciones de desengrasado consisten de vapores de disolvente o disolventes usados en el proceso de limpieza. En una área industrializada, el total de emisiones puede ser muy grande. En el Condado de Los Angeles, se estimó que se emitían 95 toneladas por día en el año de 1967.

DESENGRASADO CON VAPOR

El típico desengrasador con vapor incluye un sistema de calentamiento en un extremo del tanque para crear un vapor que condense en las partes de metal. La condensación continúa hasta que el metal es calentado a la temperatura del vapor. La porción superior del tanque contiene condensadores con agua fría para prevenir excesiva pérdida de vapores. Mientras no existan cargas excesivas, los vapores no tienden a salirse, debido a la gran densidad de estos.

Un modo de control de pérdidas de vapor de un desengrasador de vapor es la incorporación de una superficie adicional enfriante a baja temperatura (enfriador); se llegan a reducir las pérdidas en el rango de 35 a 50%.

Los tanques desengrasantes pueden equiparse con cubiertas

corredizas o tipo guillotina, los cuales pueden cerrarse cuando no están en uso.

La mayor parte de los disolventes utilizados en el desengrasado son levemente tóxicos, y por esto algunas veces los tanques desengrasadores son provistos de un sistema de vacío para capturar vapores fugitivos.

CONTROL DE EMISIONES

Generalmente, sistemas de control auxiliares no son usados en desengrasadores con vapor. En el Condado de Los Angeles, la mayor parte de los procesadores tienen una variante para disolventes no controlados para cumplir con los reglamentos de emisiones orgánicas. Por ejemplo, cambiando a un disolvente menos reactivo, los disolventes de punto de ebullición alto, tal como el percloroetileno, pueden operar dentro de la ley en estas operaciones de desengrasado.

En operaciones de desengrasado con vapor se pueden seguir las siguientes técnicas para minimizar pérdidas de disolventes:

- 1.- Un desengrasador no deberá estar sujeto a corriente de aire de ventanas abiertas, puertas, unidades calentadoras, ventiladores, etc.; por lo tanto, si es posible, se deberá resguardar con un alto protector de 0.3 a 0.46 metros en el lado de donde proviene el viento de la unidad.
- 2.- Las partidas que deberán ser manejadas tendrán que ser puestas en la red, de tal modo que permita eficiente drenaje y prevenir la acarreada de disolvente.
- 3.- La construcción de redes, suspensores, separadores, etc., deberán ser de metal, evitando así el uso de fibras y tejidos que absorban disolventes.
- 4.- La velocidad de entrada y salida del mecanismo deberá mantenerse a 3.35 m. por minuto o menos; el rápido mo

- vimiento del mecanismo a través de la zona de vapor - causa vapor que es elevado fuera de la máquina.
- 5.- Rociando desde arriba será evitado el arrasado de vapor; la boquilla de rociado deberá ser situada en el espacio de vapor en donde esta no creará disturbios - en el contenido de vapor.
 - 6.- La partida debe mantenerse en el vapor hasta que al - cance la temperatura del vapor, a la cual cesa toda-- condensación; de otra manera, si la condensación aún-- no termina, la partida saldrá húmeda con solvente lí-- quido, que terminará por perderse.
 - 7.- Cuando los artículos de metal son de tal construcción que el líquido se colecta en los hoyuelos, el trabajo debe ser suspendido para permitir que drene el líqui-- do.
 - 8.- El tanque desengrasador deberá mantenerse cubierto -- siempre que sea posible.

Por lo regular, la adsorción de carbón no es usada en sis-- temas de salida de desengrasadores de vapor. Los adsorbedores-- son usados más extensamente en corrientes de salida de otros - tipos de procesos de limpiado con solvente para solventes orgá-- nicos halogenados y, en particular, no halogenados. Un ejemplo es el flujo de salida de una cabina de desengrasado por rocia-- do que fué estudiada, del cual se removieron 4,164 litros de-- solvente por mes. Esta unidad, en 1970, costaba aproximadamen-- te \$ 9,000 Dlls. y tiene una capacidad de flujo de 85 metros - cúbicos por minuto.

LIMPIADO EN SECO

Al limpiado de este tipo se le denomina limpiado en seco-- porque el lavado de la ropa y otros textiles se realiza en au-- sencia de agua, a base de tratamientos con solventes orgánicos. El proceso de este tratamiento incluye agitado de la ropa en -

un baño conteniendo disolvente, enjuagado con disolvente limpio y secado con aire caliente.

Hay dos clases de instalaciones de limpieza en seco: las que usan disolvente de petróleo y las que emplean disolventes sintéticos clorados (como el percloroetileno). Inicialmente, las plantas de limpiado en seco utilizaban disolventes de petróleo, pero al existir peligro de algún incendio o explosión, se prohibieron estas plantas, en E. U., en áreas residenciales y comerciales. A raíz de estos problemas, fueron desarrollados los disolventes sintéticos; entre los que destacan son los disolventes clorados, aunque tienen serias desventajas con respecto a los disolventes de petróleo, siendo las más importantes: altos costos (diez veces más caros), gran toxicidad, más corrosivos y deterioran más algunos colores y telas.

Una estimación promedio en los Estados Unidos es de 40,000 toneladas por año de emisiones totales de disolventes de limpiado en seco, lo que resulta un promedio per cápita de 1.9 kilos por año.

La limpieza en seco con solvente de petróleo incluye entre su equipo un lavador, un extractor centrífugo, un tambor rotante (rodador), filtro y muchas veces una hornada. El extractor centrífugo es usado para recuperar disolvente por girado de la ropa impregnada de disolvente, pasando a un tambor, en donde se seca con aire caliente, y usualmente se eliminan los desechos pasando el flujo a través de trampas de hilasas desahogándose directamente a la atmósfera.

En las plantas de disolventes sintéticos, el lavador y extractor son una sola unidad. Los tambores funcionan como un sistema cerrado, teniendo un condensador para recuperar vapor. Lo que no condensa se pasa por un adsorbedor de carbón activado o se emite a la atmósfera.

EMISIONES

La mayor fuente de emisiones de disolventes en este tipo de operaciones es el tambor, a través del cual se circula aire caliente para secar la ropa. El secado trae como consecuencia evaporación de disolventes y emisiones a la atmósfera, a menos que sea usado equipo de control. Otras emisiones de estos disolventes provienen en el cargado, cuando se abren puertas de equipo, canalización o fugas del equipo y cuando se extraen del -- equipo, textiles empleados de disolventes. y estas pérdidas son debidas a la volatilidad de los disolventes utilizados. Debido al bajo costo de disolventes de petróleo, en plantas de este tipo, no se preocupan por conservar el disolvente.

Puesto que la limpieza en seco es sólo un proceso físico, las emisiones consisten de los respectivos disolventes evaporados. La composición química aproximada de disolventes de petróleo es 46% de parafinas, 42% de naftenos y 12% de compuestos aromáticos. La Regla 66 de Los Angeles, propone la reformulación de disolventes de petróleo reduciendo el contenido de aromáticos a menos de 8%.

Las plantas de limpieza en seco que utilizan disolventes sintéticos en sus operaciones, en donde el lavado y secado -- lo efectúan en etapas separadas, emiten cerca de 40 litros por cada 450 Kg. de textiles limpiados. En plantas viejas, pero en buenas condiciones y con adsorbedores de carbón, emiten de 10- a 14 litros por 450 Kg. limpiadas, y desciende entre 4 y 6 litros por 450 Kg. en plantas nuevas integradas con adsorbedores de carbón activado. Por otro lado, cuando el lavado y secado están integrados en una sola etapa producen emisiones de 20 litros por 450 Kg. de textiles limpiados sin tener unidades de adsorción. Las emisiones de plantas de disolventes de petróleo son aproximadamente 60 litros por limpieza de 1,450 kg. de ropa. La contribución relativa de emisión de disolventes sintéticos en base a tonelaje es pequeña, a causa de que un litro de-

solvente sintético es aproximadamente dos veces tan denso como un litro de solvente de petróleo. Ver Figura 13.

CONTROL DE EMISIONES

Los sistemas de recuperación de disolventes sintéticos -- son económicamente atractivos, y esto es debido al valor del disolvente. Entonces, para el control de emisiones, en el lavado en seco de disolventes sintéticos, pueden usarse sistemas de adsorción y condensación. El elemento de control primario es un condensador de agua fría, el cual es una parte integral del ciclo cerrado en el sistema de secado (tambor). Alrededor del 95% del solvente evaporado de las vestimentas en esta etapa es recuperado. Aproximadamente, el 50% del disolvente remanente se recupera en un adsorbedor de carbón activado, donde una eficiencia total de control de 97 a 98%. A causa del valor del disolvente recuperado, la unidad de adsorción se paga por sí misma entre 1 y 2 años, a excepción de unidades pequeñas. Una unidad de carbón activado con doble lecho manejando 20 metros cúbicos por minuto y equipada con regeneración de vapor a baja presión costaba cerca de \$ 2,300 Dlls. en 1970. A pesar de esta ventaja económica, aproximadamente solo la mitad, de todas las unidades de lavado con disolventes sintéticos, están considerando tener adsorbedores de carbón. En el Condado de Los Angeles se estima que el 50 a 75% de todas las unidades cuentan con adsorbedores y esto responde por el 25% del volumen total de lavado en seco.

En las plantas que utilizan disolventes de petróleo en la limpieza no obtienen beneficios de la recuperación de disolventes, pues es menos económico la recuperación. El solvente evaporado no es condensable a las temperaturas empleadas, lo que obliga a introducir adsorbedores para recuperar gran parte del

EMISION DIARIA INDIVIDUAL, lb
 PLANTAS DE DISOLVENTES DE PETROLEN

30 35 40 45 50 55 60

Máximo 14. 1b



PLANTAS DE DISOLVENTES SINTETICOS

12 15 20 25 30

Máximo 10. 1b



EMISIONES DIARIAS TOTALES, PORCIENTO

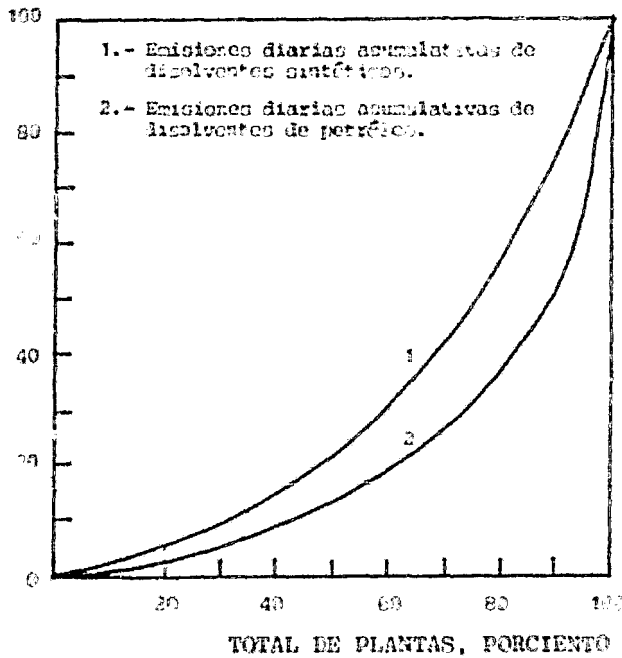


Figura 13.- Emisiones de limpieza en seco

disolvente, pero para alcanzar eficiencias aceptables necesitaría un equipo 20 veces mayor que el utilizado en una planta comparable que utilice disolventes sintéticos.

Otro camino para el control de emisiones de disolventes de plantas es instalar un postquemador de flama directa. Este sistema, comparado con adsorbedores de carbón, reduce el costo capital, pero aumenta los costos de operación. Los postquemadores se utilizan sólo en plantas con disolventes no clorados, y, en particular, más en disolventes de petróleo, ya que los disolventes clorados sintéticos al realizarse la combustión no se queman, lo que puede producir cloruro de hidrógeno, fosgeno u otros gases tóxicos.

FABRICACION DE CAUCHO Y PRODUCTOS DE PLASTICO

Las industrias del caucho y plástico son similares en los materiales que se añaden para producir las propiedades deseadas para el producto final. Los ingredientes añadidos para el caucho son en el siguiente orden: (1) plastificantes o ablandadores, (2) agentes vulcanizantes, (3) aceleradores, (4) activadores y retardadores, (5) antioxidantes, (6) rellenos y (7) otros ingredientes como pigmentos, substitutos de caucho, odorantes, abrasivos, endurecedores y agentes disipadores.

Los polímeros de cloruro de vinilo y copolímeros son termoplásticos que naturalmente son duros, pero adicionando los plastificantes apropiados se tornan flexibles, siendo los más comúnmente usados para este propósito el ftalato de dioctilo (DOP) y el ftalato de diisoactilo. Para plásticos flexibles, la composición es de 50 o más partes de plastificantes por cien partes de resina. Estos productos son curados a altas temperaturas, lo cual volatiliza los plastificantes y produce contaminantes del aire.

Las más importantes operaciones en la fabricación de cau-

cho son las siguientes: (1) tratamiento físico del caucho crudo para prepararlo por adición de ingredientes compuestos; (2) adición de rellenos; (3) pretratamiento de mezcla; (4) formado del producto final; y (5) vulcanización o curado del artículo-moldeado.

La plastificación puede realizarse mecánica, térmica o -- químicamente. La primera es realizada en un molino de mezclado o un mezclador interno, en los cuales se enrolla el caucho y es hecho flexible y plástico. La plastificación térmica se realiza calentando el caucho por 24 horas a una temperatura de 150° a 200°C. La plastificación química se lleva a cabo adicionando agentes peptizantes (digestores) en los molinos; bajo ciertas- condiciones es más rápida y económica esta plastificación. Los agentes peptizantes típicos son naftil mercaptano, xilil mercap-
tano , sal de zinc de pentaclorotiofenol y ditio-bis-benzanili-
da.

Los antioxidantes típicos que crean contaminantes de hi-- drocarburos y orgánicos son aminas aromáticas, productos de -- condensación de aldehído-amina, derivados de naftilaminas se-- cundarias, derivadas de diaminas aromáticas y productos de con-
densación de cetona-amina.

Para vulcanizar o curar el artículo moldeado, el material es calentado a elevadas temperaturas de 90° a 150°C desde, unos cuantos segundos hasta varias horas. Esta es la operación du-
rante la cual muchos de los plastificantes, aceleradores y -- otros compuestos orgánicos se volatilizan y quedan libres como contaminantes atmosféricos. El olor es uno de los mayores pro-
blemas asociados con la producción del caucho.

Los principales métodos usados para el control de contami-
nantes del aire de la fabricación de caucho son: reformulación, condensación, adsorción, absorción, e incineración. Muchos de-

los fabricantes de caucho tienen que recuperar disolventes por razones de economía. En un caso, una compañía de caucho instaló un sistema de adsorción por carbón activado y le resultó -- que, con 65% recuperado, el sistema ahorró a ellos \$ 39,000 en los primeros doce meses de operación.

Por reformulación, el uso de disolventes no reactivos en lugar de los reactivos aligerarán los problemas de hidrocarburos y olores.

Un método efectivo en el control de hidrocarburos y olores es la incineración por flama directa. La combustión catalítica generalmente no es utilizada, debido a varios problemas -- que se presentan como son el envenenamiento del catalizador.

FABRICACION DE MEDICINAS

Las medicinas y productos farmacéuticos abarcan un amplio espectro de materiales, desde éteres de grado anestésico purificado y otros anestésicos hasta la extracción y purificación de aceite de hígado de bacalao. Los olores "biológicos" convencionalmente se controlan por incineración. Los disolventes pueden recuperarse por adsorción. Los revestimientos de píldoras, con chocolate u otros materiales que gobiernan el sabor, pueden -- emitir olores que no son desagradables, pero son molestos si -- persisten, y los medios más efectivos para este control son la incineración y adsorción. Usualmente no se recuperan los materiales adsorbidos y se reemplaza el adsorbente.

CAPITULO V
REGLAMENTACION

V.- REGLAMENTACIONES

En principio, en México no se cuenta con una reglamentación que limite específicamente las emisiones de disolventes orgánicos, siendo que muchas industrias utilizan este tipo de sustancias. En realidad, a finales de la década de los 60's hasta estas fechas, ha tomado auge, en algunas partes del mundo, la reglamentación de este tipo de materiales orgánicos, - estipulándose ya algunas y otras actualmente estudiándose con el fin de aplicarlas efectivamente. En los Estados Unidos, su preocupación en cuanto a las emisiones de disolventes orgánicos, los ha llevado a desarrollar varios reglamentos, como - son la Regla 3 adaptada para la Bahía de San Francisco, la Regla 66 para el Condado de los Angeles, la Regla 442 para toda la Costa Sur de California, etc., y, además, tienen varios modelos de reglas propuestas, como es el Modelo de Regla para el Control de Compuestos Orgánicos Volátiles de Operaciones de Revestimiento de Latas y Rollos en la Costa Sur de California, San Diego, el Area de la Bahía de San Francisco, el Valle de Sacramento y el Valle de San Joaquín.

En este capítulo se enunciará la Regla 66 del Distrito de Control de la Contaminación del Aire del Condado de los Angeles, así como el uso de ella, y se mencionaran las partes más importantes del modelo de regla propuesto, antes indicado.

Como ya se mencionó en el Capítulo II y III, el efecto indirecto de las emisiones de disolventes e hidrocarburos orgánicos es aquel producido por sustancias formadas a base de reacciones fotoquímicas de las emisiones originales con otras sustancias de la atmósfera, y dichas reacciones se producen al incidir la luz solar sobre estas sustancias. Con respecto a esta reactividad, la Regla 66 del Condado de los Angeles limita las emisiones de los disolventes fotoquímicamente reactivos

y aquellos disolventes no reactivos que entren en contacto con flama, que sean cocidos o curados con calor. Por otro lado, la Regla 3 del Area de la Bahía de San Francisco, limita la emisión de componentes muy reactivos únicamente, los cuales incluyen a las olefinas, aromáticos sustituidos y aldehidos. A continuación se transcribe la Regla 66 sobre las limitantes en el manejo de disolventes orgánicos y varios cálculos con respecto a su aplicación.

REGLA 66. SOLVENTES ORGANICOS.

a.- Nadie podrá descargar en la atmósfera más de 6.8 Kg.- de materiales orgánicos en un día cualquiera, ni más de 1.4 Kg. en una hora cualquiera, de cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto , en los cuales cualquier disolvente orgánico o cualquier material conteniendo disolvente orgánico que entran en contacto con flama o sea cocido, curado con calor o polimerizado con calor, en presencia de oxígeno, a menos que dicha descarga sea reducida por lo menos 85 por ciento. Aquellas porciones de cualquier serie de artículos, máquinas, equipo u otros artefactos diseñados para procesado de tejidos continuos, tira de lámina o alambre los cuales emitan materiales orgánicos y usando las operaciones descritas en esta sección serán sujetos en conjunto de acuerdo con esta sección.

b.- Nadie podrá descargar en la atmósfera más de 1.8 Kg. de materiales orgánicos en un día cualquiera, ni más de 3.6 Kg. en una hora cualquiera, de cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto usado según las otras condiciones descritas en la Sección (a), por el empleo o aplicado, cualquier disolvente fotoquímicamente reactivo, como es definido en la Sección (k), o conteniendo material tal como disolvente fotoquímicamente reactivo, a menos que dicha descarga sea reducida por lo menos 85 por ciento. Las emisiones de materiales orgánicos a la atmósfera resultantes de secado por aire o calentado de produc-

tos de las primeras 12 horas después de su remoción de cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto descrito en esta sección serán incluidas en lo determinado de acuerdo con esta sección. Las emisiones resultantes del cocido, curado con calor o polimerizado con calor como se describió en la sección (a) serán incluidas de limitación de acuerdo con esta sección. Aquellas porciones de cualquier serie de artículos, máquinas, equipo u otros artefactos diseñados para procesados de tejidos continuos, tira de lámina o alambre los cuales emitan materiales orgánicos y usando las operaciones descritas en esta sección serán sujetos en conjunto de acuerdo con esta sección.

c.- Nadie, después de Agosto 31 de 1974, podrá descargar en la atmósfera más de 1,360 Kg de materiales orgánicos en un día cualquiera, ni más de 205 Kg. en una hora cualquiera, de cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto en los cuales, cualquier solvente orgánico fotoquímicamente no reactivo o cualquier material conteniendo tal disolvente sea empleado o aplicado, a menos que dicha descarga sea reducida por lo menos 85 por ciento. Las emisiones de materiales orgánicos en la atmósfera resultado de secado por aire o calentado de productos de las primeras 12 horas después de su remoción de cualquier artículo, máquina, equipo y otro artefacto descrito en esta sección será incluido en lo determinado de acuerdo con esta sección. Las emisiones resultantes del cocido, curado con calor o polimerizado con calor como fué descrito en la sección (a) serán excluidas de la resolución de acuerdo con esta sección. Aquellas porciones de cualquier serie de artículos, equipo u otros artefactos diseñados para procesado de tejidos continuos, tira de lámina o alambre los cuales emitan materiales orgánicos y usando las operaciones descritas en esta sección serán sujetas en conjunto de acuerdo con esta sección.

d.- Las emisiones de materiales orgánicos a la atmósfera - de la limpieza con disolventes fotoquímicamente reactivos, como son definidos en la sección (k), de cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto descrito en las secciones (a), (b) o (c) serán incluidas con las otras emisiones de materiales orgánicos de ese artículo, máquina, equipo u otro artefacto por decreto - de acuerdo con esta regla.

e.- Las emisiones de materiales orgánicos a la atmósfera - como un resultado del secado continuo espontáneo de productos - para las primeras 12 horas después de su remoción de cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto descrito en las secciones (a), (b) o (c) serán incluidas con las otras emisiones - de materiales orgánicos de ese artículo, máquina, equipo u otro artefacto por decreto de acuerdo con esta regla.

f.- Las emisiones de materiales orgánicos en la atmósfera - requeridas para ser controladas por las secciones (a), (b), o - (c), serán reducidas por:

- 1.- Incineración, con tal que 90 por ciento o más del carbon - bón en el material orgánico a ser incinerado sea oxida - do a bióxido de carbón, o
- 2.- Adsorción, o
- 3.- Procesado de alguna manera determinada por el Air Po - llution Control Officer con no menos efectividad que - (1) o (2) antes mencionados.

g.- Una persona incinerando, adsorbiendo o de otra manera - procesando materiales orgánicos conforme a esta regla deberá - suministrar, propiamente instalado y mantenido en calibración, - en buen orden de funcionamiento y de operación, dispositivos - según lo especificado por la autoridad para construir o el permi - sso para operar, o según lo especificado por el Air Pollution - Control Officer, indicando temperaturas, presiones, flujos - - volumétricos u otras condiciones de operación necesarias - -

para determinar el grado y efectividad del control de la contaminación del aire.

h.- Cualquier persona usando disolventes orgánicos o cualesquiera de los materiales conteniendo disolventes orgánicos debe suministrar al Air Pollution Control Officer, después de la solicitud y en la manera y forma prescrita por él, manifestando por escrito la composición química, las propiedades físicas y cantidad consumida para cada disolvente usado.

i.- Las estipulaciones de esta regla no se aplicarán a:

- 1.- La fabricación de disolventes orgánicos, o el -- transporte o almacenamiento de disolventes orgánicos o materiales conteniendo disolventes orgánicos.
- 2.- El uso de equipo para los cuales otros requerimientos son especificados por las Reglas 56, 59, 61, - o 65 a los cuales están exentos de los requerimientos de control de la contaminación del aire por dichas reglas.
- 3.- El rociado u otro empleo de aplicación de insecticidas, pesticidas o herbicidas.
- 4.- El empleo, aplicación, evaporación o secado de hidrocarburos halogenados saturados o percloroetileno.
- 5.- El uso de cualquier material, en cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto descritos en las secciones (a), (b), (c), o (d) sí:
 - (i) el contenido volátil de tal material consiste solo de agua y disolventes orgánicos, y
 - (ii) los disolventes orgánicos consisten de no más de 20 por ciento en volumen de dicho contenido volátil, y
 - (iii) el contenido volátil no es fotoquímicamente reactivo como es definido en la sección (k), y
 - (iv) el disolvente orgánico o cualquier material conteniendo disolvente orgánico no entran en con-

tacto con flama

- 6.- El uso de cualquier material, en cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto descritos en secciones (a), (b), (c) o (d) si:
- (i) el contenido de solvente orgánico de tal material no excede de 20 por ciento en volumen de dicho material, y
 - (ii) el contenido volátil no es fotoquímicamente reactivo como es definido en la sección (k), y
 - (iii) más de 50 por ciento en volumen de tal material volátil es evaporado antes de entrar a una cámara de calentado superior a la temperatura de aplicación en el ambiente, y
 - (iv) el solvente orgánico o cualquier material - conteniendo solvente orgánico no entran en contacto con flama.

- 7.- El uso de cualquier material, en cualquier artículo, máquina, equipo u otro artefacto descritas en las secciones (a), (b), (c) o (d) si:
- (i) el contenido de disolvente orgánico de tal material no excede de 5 por ciento en volumen - de dicho material, y
 - (ii) el contenido volátil no es fotoquímicamente reactivo como es definido en la sección (k), y
 - (iii) el disolvente orgánico o cualquier material - conteniendo disolvente orgánico no entra en contacto con flama.

j.- Para el propósito de esta regla, los disolventes orgánicos incluyen diluyentes y adelgazadores y son definidos como - materiales orgánicos los cuales son líquidos a condiciones - -

estándar y los cuales son usados como disolventes, reductores de viscosidad y agentes limpiadores, excepto aquellos materiales los cuales exhiban un punto de ebullición más alto de 105° C a 0.5 milímetros de mercurio de presión absoluta o bien una presión de vapor equivalente, los cuales podrán ser considerados como disolventes a menos que sean expuestos a temperaturas que excedan de los 105°C.

k.- Para los propósitos de esta regla, un disolvente fotoquímicamente reactivo es cualquier disolvente con un agregado de más de 20 por ciento de este volumen total compuesto de substancias químicas clasificadas más adelante o las cuales excedan cualesquiera de las siguientes limitaciones de porcentaje de concentración individual, referido al volumen total de solvente:

- 1.- Una combinación de hidrocarburos, alcoholes y aldehídos, ésteres, éteres o cetonas teniendo un tipo de insaturación olefínica o ciclo-olefínica: 5 por ciento;
- 2.- Una combinación de compuestos aromáticos con ocho o más átomos de carbón en la molécula excepto el-etilbenceno: 8 por ciento;
- 3.- Una combinación de etilbenceno, cetonas teniendo-estructuras de hidrocarburos ramificados, tricloroetileno o tolueno: 20 por ciento.

Siempre que cualquier disolvente orgánico o cualquier constituyente de un disolvente orgánico pueda ser clasificado en estas estructuras químicas, en más de uno de los grupos mencionados de compuestos orgánicos, será considerado como miembro -del grupo químico más reactivo.

1.- Para los propósitos de esta regla, los materiales orgánicos son definidos como compuestos orgánicos de carbón excludo

yendo monóxido de carbón, bióxido de carbón, ácido carbónico, carburos metálicos, carbonatos metálicos y carbonato de amonio.

REGLA 66.1. REVESTIMIENTOS ARQUITECTONICOS

a.- Ninguna persona podrá vender u ofrecer para venta para ser usado dentro del Condado de Los Angeles, en envases de un litro de capacidad o más grande, cualquier revestimiento arquitectónico que contenga disolvente fotoquímicamente reactivo, como es definido en la Regla 66 (k).

b.- Ninguna persona empleará, aplicará, evaporará, o secará en el Condado de Los Angeles, cualquier revestimiento arquitectónico, comprado en envases de un litro de capacidad o mayor, que contenga disolvente fotoquímicamente reactivo, según es definido en la Regla 66 (k).

c.- Ninguna persona podrá adelgazar o diluir cualquier revestimiento arquitectónico con disolvente fotoquímicamente reactivo, según es definido en la Regla 66 (k).

d.- Para el propósito de esta regla, un revestimiento arquitectónico, es definido como un revestimiento usado para edificios residenciales o comerciales y sus accesorios; o edificios industriales.

REGLA 66.2. LIQUIDACION Y EVAPORACION DE DISOLVENTES

Ninguna persona podrá durante un día cualquiera deshacerse de un total de más de 5.7 litros de cualquier disolvente fotoquímicamente reactivo, según es definido en la Regla 66 (k), o de cualquier material que contenga más de 5.7 litros de cualquier disolvente fotoquímicamente reactivo de alguna manera, - el cual permita la evaporación de tal disolvente en la atmósfera.

USO DE LA REGLA 66

Los siguientes ejemplos ilustran el uso de la Regla 66 para determinar "reactividad fotoquímica".

1.- El sistema de solventes para un revestimiento industrial tiene la siguiente composición:

TOLUENO	10%
XILENO	10%
ALCOHOL ISOPROPILICO	20%
DISOLVENTES ALIFATICOS SATURADOS	60%
TOTAL	<hr/> 100% en volumen

Determinar si el sistema de disolventes es fotoquímicamente reactivo, según es definido por Regla 66.

SOLUCION:

Se tabulan los solventes basándose en la Tabla A, según su reactividad fotoquímica (los grupos de dicha tabla se enumeran como (1), (2), y (3)):

	(1)	(2)	(3)
TOLUENO	0.0	0.0	10.0
XILENO	0.0	10.0	0.0
ALCOHOL ISOPROPILICO	0.0	0.0	0.0
DISOLVENTES ALIFATICOS SATURADOS	0.0	0.0	0.0
TOTAL	<hr/> 0.0	<hr/> 10.0	<hr/> 10.0

TABLA A. EJEMPLOS DE DISOLVENTES FOTOQUÍMICAMENTE REACTIVOS CLASIFICADOS SEGUN SU CATEGORIA ^a

(1) SOLVENTES LIMITADOS A 5% EN SISTEMAS DE DISOLVENTES.	(2) SOLVENTES LIMITADOS A 8% EN SISTEMAS DE DISOLVENTES.	(3) SOLVENTES LIMITADOS A 20% EN SISTEMAS - DISOLVENTES.
TREMENTINA	XILENO	TOLUENO
ISOFORONA	TETRALINA	ALCOHOL DIACETONA
OXIDO DE MESITILLO	CUMENO	TRICLOROETILENO
DIPENTANO		METIL ISOBUTIL CETONA
		DIISOBUTIL CETONA
		METIL ISOAMIL CETONA
		ETIL ISOAMIL CETONA
		ETIL-BENCENO

^a El total de las tres categorías no puede excederse de 20 por ciento.

El grupo (2) es limitado a 8 por ciento y el (3) a 20 por ciento en volumen. Como el grupo (2) excede lo permitido, el sistema de disolventes es fotoquímicamente reactivo, a pesar del hecho de que la suma de (1), (2) y (3), no excede del 20 por ciento -- permitido

2.- Un revestimiento a base de disolventes tiene la siguiente composición:

TOLUENO	15.0 %
XILENO	2.0 %
METIL ISOBUTIL CETONA	7.0 %
ISOFORONA	10.0 %
DISOLVENTES ALIFATICOS SATURADOS	66.0 %
TOTAL	100.0 % en volumen

Determinar si el sistema de disolventes es fotoquímicamente re-
activo según como es definido en la Regla 66.

SOLUCION:

Se tabula de la misma manera que en el problema anterior:

	(1)	(2)	(3)
TOLUENO	0	0	15
XILENO	0	2	0
METIL ISOBUTIL CETONA	0	0	7
ISOFORONA	10	0	0
DISOLVENTES ALIFATICOS	0	0	0
TOTAL	10	2	22

Este sistema de disolventes es fotoquímicamente reactivo por --
tres razones:

- a.- El Total del Grupo (1) excede del 5 por ciento permiti-
do
- b.- El Total del Grupo (3) excede del 20 por ciento permiti-
do
- c.- El Total de la suma de todos los grupos (34%) excede -
el total permitido de 20 por ciento.

3.- Una cabina rociadora electrostática con atomizado de -
aire, rocía 56.8 litros por día de esmalte alquidálico reducido
(18.9 litros de esmalte y 37.8 litros de tolueno como adelgazador)

TABLA B. EJEMPLOS DE DISOLVENTES EXENTOS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA REGLA 66.

ALCOHOLES	ESTERES	CETONAS Y SOLVENTES CLORADOS	OTROS
TETRAHIDROFURFU RILO	ETIL ACETATO	CETONAS:	PARAFINAS
ETANOL	ACETATO DE ISO PROPILO	ACETONA	NAFTENOS
PROPANOL	ACETATO DE ISO BUTILO	METIL ETILCETO NA	1-NITROPROPA NO
ISOBUTANOL	ACETATO DE N- BUTILO	CICLOHEXANONA	2-NITROPROPA NO
BUTANOL	ISOBUTIRATO DE ISOBUTILO	DISOLVENTES - CLORADOS:	TETRAHIDROFU RANO
ISOPROPANOL	2-ETILHEXIL ACE TATO	PERCLOROETILE- NO	DIMETIL FOR MAMIDA
METANOL	METIL AMIL ACE- TATO	1,1,1-TRICLORO ETANO	BENCENO
SEC-BUTANOL	ACETATO DE N- PROPILO	TETRACLORURO - DE CARBON	NITROMETANO
METIL AMIL ALCO HOL	ACETATO DE SEC- BUTILO		NITROETANO
ALCOHOL AMILICO	ACETATO DE AMI- LO		
HEXANOL	ACETATO DE METI LO		
2-ETIL BUTANOL			
2-ETIL HEXANOL			
ISOOCTANOL			
ISODECANOL			
ISOHEXANOL			

en superficies planas. Después del rociado, se dejar salir de golpe las partes revestidas por espacio de 2 minutos antes de que entren al horno cocido. Por otro lado, tenemos que:

ESMALTE ALQUIDALICO
(DATOS FICTICIOS)

PORCIENTO DE VOLATILES	53 % EN PESO 50 % EN VOLUMEN
PESO	1.16 Kg.
% DE XILENO EN VOLUMEN DE DISOLVENTE EN PINTURA NO ADELGAZADA	58 %
ADELGAZADOR DE TOLUENO	0.86 Kg.
% EN VOLUMEN DE SOLVENTE DE HIDROCARBUROS ALIFATI COS SATURADOS EN PINTURA NO ADELGAZADA	42 %

a.- Calcular el peso de disolvente emitido de la cabina - rociadora y del horno unido.

b.- Evaluar las emisiones de la cabina rociadora con respecto a la Regla 66.

SOLUCION:

a.- Para calcular las emisiones de disolventes de la cabina de rociado y del horno, primero tenemos que obtener el total de solvente rociado, el cual se estima de la siguiente manera:

$$S = (G) (P_1) (V) + (P_2)$$

donde:

S= Disolvente rociado, Kg/día

V= Fracción volátil= $\frac{\% \text{ de volátiles en peso}}{100}$

G= Rociado de pintura no adelgazada, l/día

P₁= Densidad de Pintura no adelgazada, Kg/l

T= Adición de adelgazador, l/día

P₂= Densidad de adelgazador, Kg/l

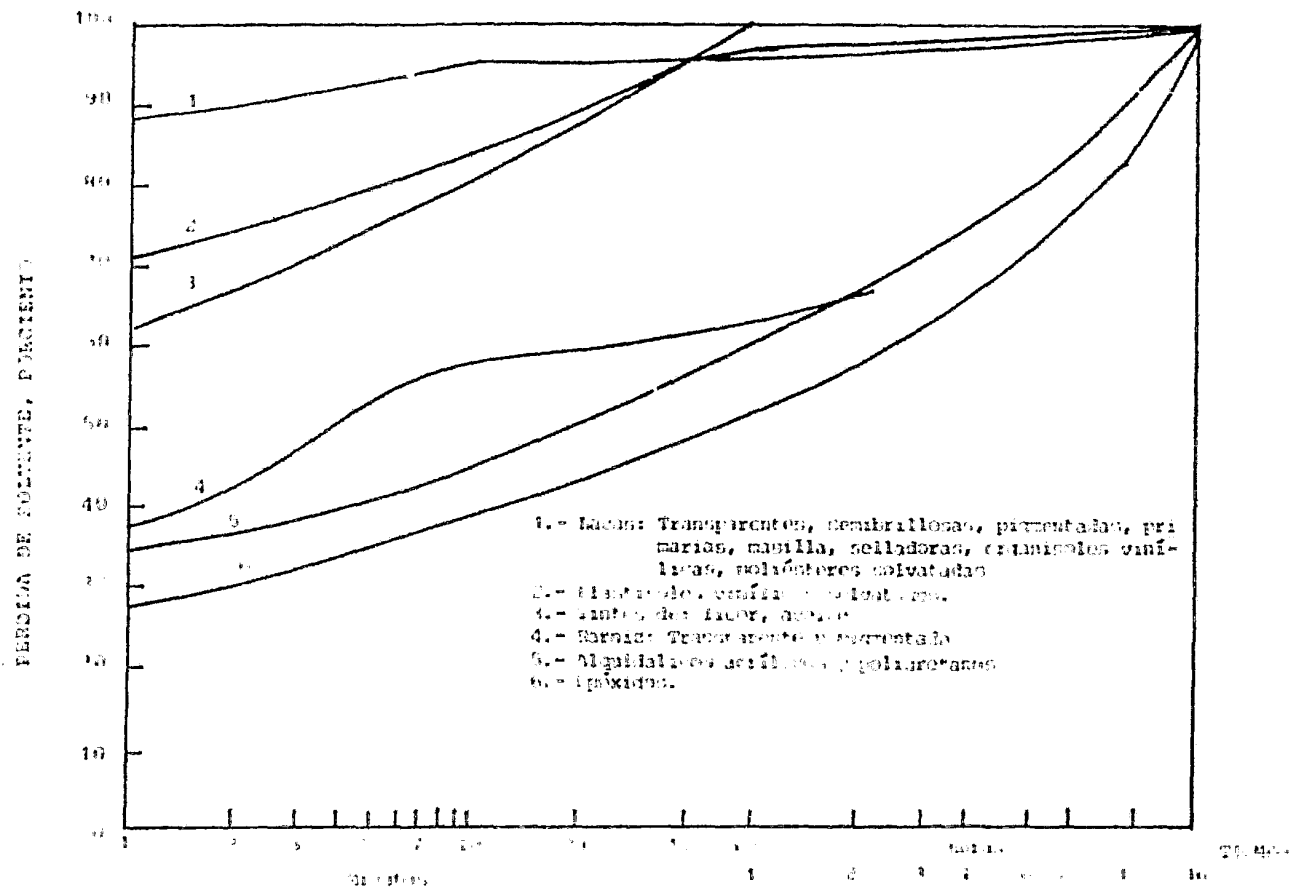


Figura X.- Porcentaje de pérdidas de disolvente en el tiempo de estar libre el objeto recubierto

substituyendo en la ecuación:

$$S = \left(\frac{18.9 \text{ l}}{\text{día}} \right) (1.16 \text{ Kg./l}) (0.53) + \left(\frac{37.8 \text{ l}}{\text{día}} \right) (0.86 \frac{\text{Kg}}{\text{l}})$$

$$S = 44.2 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Las emisiones de solventes de la cabina de rociado y fuera de ella se obtienen de la siguiente manera:

$$E = (S) (M) + S(1-M) (F)$$

donde:

S= Solvente rociado, Kg./día

M= Fracción cubierta = $\frac{\% \text{ Cubierto}}{100}$

F= Fracción en el momento libre = $\frac{\% \text{ libre}}{100}$

El porcentaje libre se obtiene de la Tabla C y nos indica que, para superficies planas con rociado electrostático con atomizado de aire, es 25 por ciento. De la Figura X, curva 5, encontramos F, indicando una pérdida en peso de 36 por ciento del revestimiento durante un período de 2 minutos de estar libre. Sustituyendo valores:

$$E = \left(44.2 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}} \right) \left(\frac{25}{100} \right) + \left(44.2 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}} \right) \left(1 - \frac{25}{100} \right) \left(\frac{36}{100} \right)$$

$$E = 23 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}}$$

Para calcular las emisiones de disolventes de los hornos, solamente se saca la diferencia entre el rociado de disolventes y las emisiones de la cabina de rociado y del área en donde se encuentra libre la parte rociada.

$$E_h = S - E$$

$$= (44.2 - 23) \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$E_h = 21.2 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

b.- La Regla 66 se aplica a la operación de equipo de revestimiento de este tipo y, por consiguiente, la reactividad - fotoquímica debe evaluarse.

$$S_1 = (G) (V)$$

TABLA C. PORCIENTO CUBIERTO COMO UNA FUNCION DEL METODO DE RO-CIADO Y SUPERFICIE ROCIADA.

METODO DE ROCIADO	SUPERFICIES PLANAS	SUPERFICIE DE PATAS DE MESA	SUPERFICIE DE JAULA DE PAJA RO
ATOMIZACION DEL AIRE	50	85	90
SIN AIRE	20 a 25	90	90
ELECTROSTATICO			
DE DISCO	5	5 a 10	5 a 10
SIN AIRE	20	30	30
ATOMIZADO CON AIRE	25	35	35

donde:

S_1 = solvente de pintura no adelgazada, l/día

G = Litros por día de pintura no adelgazada.

C = Fracción volátil, en volumen = $\frac{\% \text{ volátil}}{100}$

Substituyendo valores:

$$S_1 = (18.9 \frac{1}{\text{día}}) (\frac{50\%}{100})$$

$$S_1 = 9.45 \frac{1}{\text{día}}$$

Por otro lado; para calcular la cantidad utilizada de hidrocarburos saturados en pintura no adelgazada, se multiplica la fracción en volumen por S_1 ; lo mismo para xileno:

$$H = (9.4 \frac{1}{\text{día}}) (0.42) = 3.95 \frac{1}{\text{día}}$$

$$X = (9.4 \frac{1}{\text{día}}) (0.58) = 5.45 \frac{1}{\text{día}}$$

$$T = \text{TOLUENO AÑADIDO} = 37.8 \frac{1}{\text{día}}$$

	47.20 $\frac{1}{\text{día}}$
TOTAL	

La composición en por ciento en volumen del sistema compuesto de disolventes:

		(1)	(2)	(3)
$\% H = \frac{3.95}{47.20} \times 100 = 8.40$	H	0	0	0
$\% X = \frac{1.45}{47.20} \times 100 = 11.60$	X	0	8.40	0
$\% T = \frac{37.80}{47.20} \times 100 = 80.00$	T	0	0	80.00
TOTAL	TOTAL	0	8.40	80.00
100.00				

El sistema compuesto de disolventes es clasificado como fotoquímicamente reactivo, por las siguientes razones:

a.- El xileno excede la limitación de 8 por ciento en volu-

men que estipula la Regla 66 K-2

b.- El tolueno excede la limitación de 20 por ciento especificada en la Regla 66 K-3

c.- La suma de los porcentos en volúmen de los disolventes fotoquímicamente reactivos exceden el 20 por ciento permitido por la Regla 66 K.

Ya que el sistema compuesto de disolventes es fotoquímicamente reactivo, las emisiones de disolventes de la cabina rociadora no pueden exceder los 18 Kg. por día estipulados en la Regla 66 b. Los cálculos mostraron que la emisión de la cabina es de 23 Kg. por día, por consiguiente la unidad excede la limitación de la Regla 66. Para estar de acuerdo con dicha Regla, tienen que reducirse las emisiones de disolventes, contraolándose a 18 Kg. por día o menos, o también reformulando el revestimiento y el sistema de disolventes para conseguir un sistema fotoquímicamente no reactivo. Con respecto a este punto, en la Tabla D se enlistan varias fórmulas para revestimientos superficiales que resolverían estos problemas. Por ejemplo, con un esmalte alquídálico eliminamos el problema de la reactividad fotoquímica del xileno, y para quedar dentro de los límites que propone la Regla 66 el adelgazador de tolueno fotoquímicamente reactivo, se substituye por otro sistema con tolueno con adelgazador, enlistado en la misma tabla, pero que está en la limitación permitada por la mencionada regla (17.5% de tolueno). Con ambos ya reformulados, el sistema de disolventes cumple con los requerimientos de la Regla 66.

CUADRO D. NIVELES DE FORMULAS DE REVESTIMIENTOS SUPERFICIALES Y ADELGAZADORES ADASADOS CONFORMADOS CON SUSTANCIAS DE DISEÑO

TIPO DE REVESTIMIENTO SUPERFICIAL	PESO lb/9gal	COMPOSICION DE REVESTIMIENTOS SUPERFICIALES, 1 EN SOLDIER						
		PORCION NO VOLATIL	HIDROCARBUROS		ALCOHOLES SATURADOS	CETONAS	ESTERES SATURADOS	ESTERES INSATURADOS
			ALIFATICOS SATURADOS	AROMATICOS				
ESPALE, SECADO CON AIRE	7.6	19.6	93.5	6.5				
ESPALE, COCCIMENTO	9.1	42.0	82.1	11.7	6.2			
ESPALE, INMERSION	9.9	59.0	58.2	7.2	30.9		3.7	
ESPALE ACRILICO	8.9	30.3		6.9		60.6	12.5	
ESPALE ALQUIDO	8.0	47.2	92.5	7.5				
PRIMERA CAPA SUPERFICIAL	9.4	49.0	18.0	8.9	27.8	16.5	16.8	18.0
PRIMERA CAPA, EPONICA	10.5	57.2	44.8	15.9	7.0		28.8	7.5
PRIMERA CAPA, CLORURO DE ZN	10.3	37.8	80.0	7.2	12.8			
PRIMERA CAPA, CLORURO DE ZN VINILICO	8.4	14.0	17.5	7.9		69.0		14.6
EPON-ROLDHIDA	10.5	34.7		19.9	26.4	34.5	19.2	
BUNZEL, COCCIMENTO	6.6	35.3				97.0		3.0
LACA, ROCIADA	7.9	26.1	7.0	1.7	21.3	23.2	45.1	1.7
LACA, ROCIADA EN CALIENTE	8.4	16.5	15.4	6.8	24.3	17.2	14.8	20.5
LACA, ACRILICA	8.4	38.2	10.0	18.5	3.5	42.0	26.0	
VINIL, REVESTIDO CON RODILLO	7.7	12.0				43.5		56.5
VINIL	8.9	22.0		18.9		81.1		
VINIL ACRILICO	7.5	15.2				84.9	15.1	
POLIURETANO	9.2	31.7		19.7		13.9	66.4	
MADERA COLORANTE	7.3	21.0	80.6	14.0		0.1		5.3
LINTE	7.8	40.9	91.6	8.4				
REVESTIDO LAVABLE	7.1	32.4	40.6	14.7	10.8	28.7	15.7	4.5
SELLADOR	7.0	21.7	41.2	7.0	14.7	29.1	18.0	
TRUENO SUPERFICIALE DE ADELGAZADOR	6.7		59.5	(TOLUENO) 17.5			9.0	
AGLERO SUPERFICIALE DE ADELGAZADOR	6.5		56.5	7.0	24.0		12.0	

El siguiente ejemplo ilustra el método empleado para estimar emisiones orgánicas de hornos de cocido de pintura.

4.- Un horno continuo es usado para cocer un revestimiento de esmalte alquidálico en partes de acero de varias formas para muebles de metal. Las partes son formadas y colocadas en un transportador, el cual las traslada sucesivamente a través de un proceso de lavado fosfatizante, un horno para secar, un proceso de revestimiento por rociado y un horno de cocido. El intervalo de tiempo entre el horno de secado y el rociado de revestimiento es suficiente para permitir que las partes se enfríen hasta la temperatura del ambiente. El rociado es hecho usando equipo portamanoal, atomizado de aire y electrostático. La pintura es consumida a razón de 151.5 litros por 8 horas al día. La pintura adelgazada para rociado, 0.66 Kg. por litro de disolventes orgánicos. El sistema de solventes no es fotoquímicamente reactivo según es definido por la Regla 66 K. El intervalo de tiempo entre el rociado y la entrada en el horno de cocido es de 15 minutos.

Estimar la velocidad de emisión de materiales orgánicos -- del horno de cocido hacia la atmósfera.

SOLUCION.-

- a.- Se calcula el contenido total de disolvente dentro de los 151.5 litros de materiales de revestimiento en 8 horas:

$$S_t = (0.66 \frac{\text{Kg.}}{\text{l}}) (151.5 \text{ l}) = 100 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}}$$

- b.- Se obtienen las emisiones de solventes por el proceso de rociado (E_r):

De la Tabla C se substraee el factor de cubierto por rociado para atomizado con aire, por aplicación por ro--

siado electrostático en superficies de patas de mesas. Dicho factor es de 35% y a la fracción se identifica por la literal F_r .

$$E_r = E_r S_1 = (0.35) (100) = 35 \text{ Kg/día}$$

c.- Se calcula el disolvente remanente en las partes (S_a):

$$S_a = S_t - E_r = 100 - 35 = 65 \text{ Kg/día}$$

d.- Estimación de los disolventes evaporados a la atmósfera entre la terminación de rociado y la entrada al horno:

De figura X, con los datos de intervalo de tiempo (15 minutos) y el tipo de revestimiento (alquidálido) se obtiene el porcentaje de pérdida de disolvente (48% en peso), cuya fracción en peso se denominará con la literal S_b . La pérdida de disolvente (S_p), por consiguiente, con este intervalo es:

$$S_p = S_b S_a = (0.48) (65) = 31.2 \text{ Kg./día}$$

e.- Cálculo del peso total de disolventes liberado en el horno por día (W_t).

$$W_t = S_t - (E_r + S_p) = 100 - (35 + 31.2) = 33.8 \text{ Kg./día}$$

La operación del horno, por lo tanto, se encuentra violando la Regla 66-a, ya que entran al horno las partes de acero para ser cocido el esmalte y la emisión en estos casos es restringida a 6.8 Kg. x día o 1.4 Kg. x hora de materiales orgánicos.

Según esta regla, la emisión del horno de cocido del problema 3, también se encuentra violándola. Para estos casos, las soluciones que podrían plantearse son las siguientes:

a.- Los gases del horno pueden ser venteados a un dispositi

tivo de control de contaminación del aire, como se propone en Regla 66-a y 66-f.

- B.- Se puede reducir la cantidad de disolventes que entra al horno, incrementando el intervalo de tiempo entre las operaciones de revestimiento y de cocido o introduciendo una fuente de calor a baja temperatura para acelerar la emisión de disolvente, o
- C.- Convertir los materiales de revestimientos a tipos -- los cuales no se curan en el proceso de calentado en el horno y que sea evitada la circulación de gases -- del horno contaminados con disolventes a través del -- equipo de quemado con gas del horno.

MODELO DE REGLA

En forma resumida se ilustrará un seguimiento para elaborar un anteproyecto de reglamentación para las industrias que se dedican al revestimiento de latas y rollos de metal. Este seguimiento consiste en lo siguiente:

- 1.- Se debe elaborar un cuestionario y distribuirlo entre las principales firmas o vendedores de revestimientos e industrias revestidoras.
- 2.- La información que debe requerirse es la siguiente:
 - a) Indicar la naturaleza de las operaciones de la compañía
 - b) Informar las concentraciones de disolventes en la salida de la cabina de rociado y en el horno de secado.
 - c) Mencionar la velocidad de emisión de disolventes - orgánicos de las operaciones de revestimiento.

- d) Describir cualquier dispositivo de control usado - para reducir emisiones de disolventes, y reportar su eficiencia.
- e) Si se utiliza combustible, reportar la cantidad usada por el dispositivo, así como el costo del combustible.
- f) Suministrar la información de los revestimientos - soportados con agua o con poco disolvente.
- g) Designación de los revestimientos utilizados.
- h) Incluir el tipo de resina usada.
- i) Indicar los usos de los revestimientos (capa primaria, terminado, tinta litográfica, y así sucesivamente).
- j) Enunciar método, de aplicación.
- k) Indicar el tiempo de curado y temperatura.
- l) Enlistar los siguientes puntos para cada designación de revestimiento:
 - a) Contenido de disolvente orgánico (% en peso)
 - b) Densidad de disolvente orgánico.
 - c) Contenido de sólidos.
 - d) Densidad de revestimiento.
 - e) Espesor de revestimiento seco.
 - f) Cobertura de revestimiento (m^2/l)
 - g) Especificar el contenido de agua en revestimientos soportados con agua.
 - h) Mencionar las ventas de revestimiento en litros anuales.

- i) Indicar el costo del revestimiento aplicado ($\$/m^2$).
- j) Especificar el costo del revestimiento a la venta ($\$/l$)
- k) Comentarios generales sobre revestimientos (funcionamiento, problemas que se presentan) y mencionar cualquier costo asociado con su aplicación.

3.- A esta información, se le puede añadir la siguiente información:

- a) Propiedades físicas y químicas de los disolventes utilizados.
- b) Turnos de operación.
- c) Distancia y tiempo desde la salida de la cabina de rociado hasta la entrada al horno.
- d) Localización de la planta.

4.- Con el total de ventas suministrado por los fabricantes de revestidores, se puede hacer una estimación de emisiones para cada categoría de revestimientos, multiplicando el total de ventas en litros por el porciento correspondiente contenido de disolventes.

5.- Estas estimaciones de emisiones, son emisiones fugitivas y residuales de los postquemadores.

6.- Se deberán investigar todos los métodos y técnicas posibles para el control o reducción de emisiones de disolventes orgánicos.

7.- Se optimizarán los métodos en costos y eficiencias.

A grandes rasgos, con toda esta información se podrá hacer un cálculo de emisiones de disolventes orgánicos por hora, día, se

mana, mes y año, así como percápita y hacer una comparación -- teórica-práctica entre líneas de revestimiento, sin ningún tipo de control y con técnica optimizadas adaptadas sugeridas por la empresa investigadora. Por último, analizando el daño material y orgánico (flora, fauna y salud humana) y los límites -- permisibles, se puede adoptar una proposición de regla, que -- posteriormente se discutiría, se mejoraría y se adoptaría legalmente.

El Estado de California, E.U., investigó sobre las industrias revestidoras de latas y rollos, encontrando datos interesantes que los conllevó a conclusiones contundentes, terminando el estudio en una proposición de modelo de regla para el -- control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles de operaciones de revestimiento de latas y rollos. En forma concisa, el estudio consistió de lo siguiente:

DISCUSION DEL MODELO

Una comparación de los límites de compuestos orgánicos volátiles (COV) en un revestimiento sin agua, propuestos por Air Resources Board (ARB, Consejo de Recursos del Aire) y Emission Parameter Analysis (EPA, Análisis de Parámetros de Emisión) se muestra en la Tabla E. Estos límites son basados como si todo se fuera a emitir a la atmósfera. Los límites de emisiones de las líneas de revestimientos de latas son basados en el uso de revestimientos con bajo contenido de disolvente, mientras que para los revestidores de rollos se basan en el uso de postquemadores.

Aproximadamente el 14% de la industria de revestimiento de latas en los Estados Unidos se localizan en California. La industria de revestidores de rollos es mucho más pequeña.

TABLA E.

LATAS LINEAS DE REVESTIMIENTO	GRAMOS DE COV/LITRO * DE REVESTIMIENTO (SIN AGUA)	
	ARB	EPA
Revestido de la base de lámina (exterior e interior) y acabado de barniz).	180	340
Revestido y acabado de barniz de la base exterior de latas de dos piezas.	250	340
Rociado del cuerpo interior de latas de dos y tres piezas, rociado o revestido con rodillo en el terminado exterior de las latas de dos piezas.	510	510
Rociado del borde de las costura de latas de tres piezas.	660	660
Compuestos selladores de terminado.	440	440

CARRETES O ROLLOS LINEAS DE REVESTIMIENTO	GRAMOS DE COV/LITRO * DE REVESTIMIENTO (SIN AGUA)	
	ARB	EPA
Revestido con la primera capa y otra encima por una operación de revestido simple.	180	310

* Según la distribución del aplicador de revestimiento, COV= compuestos orgánicos volátiles.

La estimación de emisiones para cada categoría de revestimiento se obtuvo de la siguiente manera:

$$A = V_t S'$$

donde:

A= Cantidad de solvente orgánico en el revestimiento, litros.

V_t = Ventas totales anual en litros suministrados por los fabricantes de revestimientos, litros.

S' = Fracción en volumen del disolvente en el revestimiento.

Por otro lado:

$$E = \frac{A}{B} \times P \times C$$

donde:

E= Emisión anual de solventes orgánicos, Ton/día.

B= 1 año de ventas de revestimiento.

P= Densidad correspondiente del solvente, Ton/l

C= Factor de $\frac{1}{320}$ que significa un promedio de 320 días-que se trabajan en un año de acuerdo con la información recopilada en los cuestionarios, año/día.

En la Tabla F se muestran los datos de emisiones para cada categoría de revestimientos. Las emisiones consisten de emisiones-

TABLA F.
UNA ESTIMACION DE EMISIONES DE COV DE
REVESTIDORES DE LATAS Y CARRETES EN -
CALIFORNIA

CATEGORIA DE REVESTIMIENTOS	TOTAL DE LITROS VENDIDOS.	TOTAL DE DISOLVENTE UTILIZADO EN PEWES TIMIENTO, TONS/DIA	% DE FUGITIVOS	EMISIONES TO TALES, TONS/DIA.
Rociado interior de latas de 2 y 3 piezas, terminado exterior de latas de dos piezas.	7.23×10^6	17.50	92 (2)	15.90
Revestido de la base de lámina -- (Interior y exterior).	4.16×10^6	6.70	27 (2)	2.30
Exterior de latas de 2 piezas y acabado de barniz.	3.33×10^6	6.40	77 (2)	5.00
Revestimiento de carretes.	1.08×10^6	1.60	15 (3)	0.43
Borde de la costura.	2.76×10^4	0.67	90 (3)	0.61
Sellador de Orilla.	5.68×10^6	19.09	100 (3)	19.09
TOTALES	24.24×10^6	42.90		34.20

- 1.- Emisiones fugitivas y del postquemador.
- 2.- Datos experimentales de la fuente proporcionados por el Consejo de Recursos del Aire.
- 3.- Datos proporcionados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente del Capítulo de Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles de Fuentes Estacionarias.

fugitivas (emisiones no capturadas) y las emisiones residuales de postquemadores. Las emisiones fugitivas fueron calculadas - de la siguiente manera:

$$E_f = D E_n$$

donde:

E_f = Emisiones fugitivas, Ton/día o $\frac{\text{Kg.}}{\text{día}}$

D = Total de COV, ton. o Kg.

E_n = Fracción de emisiones no controladas, $\frac{\% \text{ no controladas}}{100}$

La mayoría de las emisiones de las industrias revestidoras de latas son emisiones fugitivas producidas principalmente en las operaciones de rociado y revestido de rollos. Prueba de esto - encuentra en la Tabla G. La gran proporción de disolventes de las aplicaciones de rociado son perdidas durante la evaporación del disolvente del revestimiento de latas en el transporte de estas después del rociado hasta la entrada del horno. La distancia normal del recorrido es de 21.3 a 30.5 metros y el tiempo varía entre 15 y 60 segundos.

En la Tabla H se muestra un inventario de emisiones de -- solventes que muestra la contribución en por ciento de emisio-- nes en cada una de las operaciones.

En la Tabla I, se da una estimación de emisiones de disolventes orgánicos de las diversas operaciones substituyendo los revestimientos soportados con disolventes, por los soportados con agua o usando un método equivalente de control de emisiones, como son los revestimientos con altos sólidos. Los postquemadores no son muy efectivos en el control de emisiones de líneas de revestimiento de latas, pero contrasta con la efectividad en el control de emisiones del revestido de base de hoja de lámina y líneas de revestimien

to de rollos. Por otra parte, los revestimientos para el interior de recipientes alimentos deben ser especiales. Estos revestimientos deben proteger a la lata del ataque químico por parte del alimento y, además, prevenir la contaminación del alimento por el metal. Los revestimientos no deben ser tóxicos ni alterar el sabor, olor y apariencia de los productos.

Las reducciones de emisiones pueden llevarse a cabo por varios caminos, como son usando revestimientos soportados con agua, incineración, revestimiento con alto contenido de sólidos, revestimientos en polvo y otros (adsorción por carbón activado, condensación y absorción).

IMPACTOS ECONOMICOS

- REVESTIMIENTOS SOPORTADOS CON AGUA

En realidad, no existe una diferencia significativa en costos promedios entre los revestimientos soportados con agua y disolventes. Los costos de los revestimientos soportados con agua basados en metros cuadrados son, en muchos casos, más bajos que los revestimientos basados en disolventes; sin embargo, existen otros factores que incrementan el costo total del uso de estos revestidores, siendo algunos de estos la lentitud de las líneas en las corridas, menos brillo en apariencia, un limpieza más completo del metal antes del revestimiento y problemas de corrosión. Esto implica que entre los revestimientos soportados con agua y disolventes hay una diferencia de costos de 5% (más costoso el basado con agua). Mientras que un revestimiento para rociado de cuerpo interior basado de disolventes cuesta \$ 0.0166 dólares por m. cuadrado por milésima de cm. de espesor, un producto similar soportado con agua costó \$ 0.0174 dólares.

Tabla G. Resumen de Datos Experimentales de la Fuente, (Jan, 1971)

PLANTA DE FABRICACION	PLANTA No. 1		PLANTA No. 2		PLANTA No. 3	
TIPO DE OPERACION Y - LINEA No.	ROCIADO INTERIOR, LATAS DE 3 PIEZAS LINEA No. 9	REVESTIDO DE LAS BASES DE LAMINA LINEA No. 6	ROCIADO EXTERIOR, LATAS DE 2 PIEZAS LINEA No. 3	LITOGRAFIA Y ACABADO DE - BARNIZ, LATAS DE 2 PIEZAS LINEA No. 2	ROCIADO INTERIOR, LATAS DE 2 PIEZAS LINEA No. 2	REVESTIDO DE BASES, LATAS DE 2 PIEZAS LINEA No. 2
TIPO DE REVESTIMIENTO	SOPORTADO CON DISOLVENTE		SOPORTADO CON DISOLVENTE		SOPORTADO CON AGUA.	
GRAMOS DE SOLVENTE POR LITRO DE REVESTIMIENTO SIN AGUA	700	412	743	502	456	214
MATERIAL DE REVESTIMIENTO USADO, -- lb/hr.	67.3	87.3	66.0	25.2	63.8	81.4
DISOLVENTE USADO - lbs/gr	53.0	41.9	52.6	12.9	9.1	6.7
DISOLVENTE A POSTQUEMADOR, lbs/hr	6.1	30.5	5.1	3.0	(3)	(3)
EMISION DE POSTQUEMADOR, lb/hr	(1) 0.6 (2) N M	1.4	(1) 0.5 (2) 4.4	(1) 0.4	(3) 3.1	(3) 1.2
EMISIONES NO CONTROLADAS (EN PLANTA) - lb/hr	46.9	11.4	47.5	9.1	6.0	5.5
PORCIENTO DE EMISIONES NO CONTROLADAS	88	27	90	71	66	82
PORCIENTO DE SOLVENTE A POST-QUEMADOR	12	73	10	29		
LIBRAS DE EMISION NO CONTROLADA POR LIBRA DE MATERIAL DE REVESTIMIENTO USADO	0.70	0.13	0.72	0.36	0.09	0.07
VELOCIDAD DE PRODUCCION DE LATAS, - MILES/hr	23,000	(4) 4,500	40,100	31,000	43,800	(5) 43,800
GRAMOS DE SOLIDOS/ LATA O LAMINA	0.28	4.58	0.15	0.18	0.13	0.45

- (1).- Se supone una eficiencia del postquemador de 90%
 (2).- Desahogado a la atmósfera de los ductos de las fuentes de rociado
 (3).- Postquemador Serivado.
 (4).- Una lámina equivalente a aproximadamente 35 latas.
 (5).- Líneas continuas, revestido de base para rociado interior, N M significa no medido.

TABLA H
INVENTARIO DE EMISIONES DE DISOLVENTES ESTIMADAS POR CMI*, 1976.

RECIPIENTES Y TERMINADOS	215.2 x 10 ⁶ lb/ano**
TOTAL DE PLANTAS DE LATAS EN E. U.	482
No. DE PLANTAS (CALIFORNIA)	69
% EN CALIFORNIA	14
EMISIONES DE SOLVENTE TOTALES (CAL.)	30.1 TON/DIA

		TOTAL EN E. U.
EMISIONES POR TIPO DE EQUIPO	%	MILLONES DE LIBRAS
REVESTIMIENTO DE ROLLOS	39	11.7
ROCIADO INTERIOR	38	11.4
OPERACION DE IMPRENTA	9	2.7
PARTE DE UNION (INT. Y EXTERIOR)	4	1.2
SELLADO DE ORILLA	10	3.1.

* Instituto de Fabricantes de Latas (Can Manufacturers Institute)

** Dato de la Asociación Nacional de Pintura y Revestimientos --
(National Paint and Coatings Association), 1975.

TABLA I

ESTIMACION DE REDUCCION DE EMISIONES DE COV DE REVESTIDORES DE ROLLOS Y LATAS CON REVESTIMIENTOS EQUIVALENTES SOPORTADOS CON AGUA

CATEGORIA DE REVESTIMIENTOS	GRAMOS DE COV/LITRO DE REVESTIMIENTO (SIN-AGUA)	EMISIONES CORRIENTES ESTIMADAS (TON/DIA)	REDUCCION DE EMISIONES ESTIMADAS (TON/DIA)	PORCIENTO DE REDUCCION DE EMISIONES
ROCIADO DE CUERPO DE LATAS DE 2 y 3 PIEZAS Y ACABADO EXTERIOR DE LATAS DE 2 PIEZAS	510	15.90	10.40	65
REVESTIDO DE LA BASE DE LAMINA (EXTERIOR E INTERIOR)	180	2.30	1.90	83
REVESTIDO DEL EXTERIOR DE LA BASE DE LATAS DE 2 PIEZAS Y ACABADO DE BARNIZ.	340	5.00	3.40	68
REVESTIMIENTO DE ROLLOS	180	0.43	0.31	72
ROCIADO DE LA PARTE DE UNION	660	0.61	0.23	38
COMPUESTO SELLADOR DE ACABADO	440	10.00	5.90	59
TOTALES O (PROMEDIO)		34.2	22.14	(64)

Con respecto a los controles de líneas de revestimiento de rollos y revestido de las bases de hoja de lámina, podemos decir que prácticamente se utilizan postquemadores. Un típico postquemador para una línea de rociado de cuerpo interior utiliza 1.26×10^6 Kcal/hora. En Estados Unidos actualmente cuesta \$ 2.00 dólares el 2.52×10^5 Kcal, para gas natural, lo que serían \$ 10.00

dólares en total por hora. Los costos promedios para un revestimiento soportado con agua es de \$ 2.70 por hora. El costo-efectividad, por consiguiente dará un ahorro de aproximadamente \$ 7.30 por 41 libras o \$ 0.18 por libra. El costo efectividad, es el costo para controlar cierta cantidad de contaminante.

- REVESTIMIENTOS CON ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS.-

Los costos de los revestimientos con alto contenido de sólidos por litro son un poco más altos que las alternativas convencionales, pero cuando traducimos el costo por metro cuadrado, los costos del revestimiento con alto contenido de sólidos son comparables o hasta menos costosos, debido a la alta cobertura asociada con el alto contenido de sólidos. Sin embargo, otros costos asociados con la aplicación de este tipo de revestimiento, tiende a hacer su uso más costoso para la mayor parte de los fabricantes. Estos otros costos son por investigación, desarrollo y probado de los revestimientos para eliminar problemas de aplicación, necesidad de modificaciones de equipo por la alta viscosidad de los materiales con alto contenido de sólidos y por otros refinamientos necesarios para cumplir con las especificaciones del cliente. El costo-efectividad para partidas de revestimientos con alto contenido de sólidos en líneas de rociado interior, en consecuencia, es igual a los revestimientos soportados con agua, \$ 0.18 dólares por libra de emisiones controladas.

- REVESTIMIENTOS EN POLVO.-

En las industrias de revestimiento de latas y rollos se tiene poca experiencia con los revestimientos en polvo. Estos revestimientos son aplicados como un rociado en los bordes de las juntas en latas de tres piezas. Ya que los revestimientos en polvo aprovechan el 100% del contenido de sólidos, con su uso la reducción de emisiones es substancial. El costo del equipo para aplicación de polvos puede ser significativo. Los costos de equipo, para cambiar una línea existente de revestimiento

en líquido a polvo, puede demandar un gasto de hasta \$ 200,000.00 dólares. Sin embargo, para líneas nuevas, los costos para equipo son proyectados para competir con nuevas líneas de revestimiento líquido.

Los costos de revestimiento en polvo, compiten con otros revestimientos con poco disolvente en capas de revestimiento uniforme. El costo promedio de la mayor parte de los polvos es de \$ 2.00 dólares por libra, aunque para ciertas aplicaciones el costo puede ser de \$ 3.00 dólares por libra. Actualmente, los polvos no parecen ser una alternativa práctica para todas las aplicaciones en la industria de latas y rollos, pero seguramente es la alternativa más prometedora en término de reducción de emisiones y ahorro de gas natural en un futuro.

-POSTQUEMADORES.-

La más común forma de control de emisiones orgánicas en las líneas de revestimiento de latas y rollos es la incineración. En la mayoría de los casos, la recuperación de calor no se emplea. Los incineradores, o postquemadores, tienen una efectividad promedio de 90% en el control de emisiones, pero hay un gran desperdicio en calor, perdido a la atmósfera que podría ser recuperado y usado para ahorrar gas natural. Este desperdicio puede minimizarse empleando de alguna forma de recuperación de calor y/o sistema de reciclado de calor. Los ahorros, en valor actual del combustible, son de \$ 2.00 dólares por 2.52×10^5 Kcal economizadas.

Es posible canalizar las emisiones fugitivas de las líneas de revestimiento a un postquemador, en donde pueden ser destruidas. Las líneas de rociado de cuerpo interior también pueden controlarse de esta manera. Esto implica encerrar las líneas y propulsar las emisiones al postquemador. Para llevar a cabo este proyecto para una línea de revestimiento de 25 metros de longitud se necesita una inversión de \$ 85,000.00 dólares. Con

TABLA J. ESTIMACIONES DE COSTO-EFECTIVIDAD PARA CUATRO DIFERENTES LINEAS DE REVESTIMIENTO, SEGUN EL MODELO DE REGLA PROPUESTO.

LINEAS DE REVESTIMIENTO DE LATAS	GRAMOS DE COV/LITRO DE REVESTIMIENTO (SIN AGUA).	COSTO-EFECTIVIDAD (\$/lb)*	METODO DE CONTROL MAS COMUN
REVESTIMIENTO DE LA BASE DE HOJA DE LAMINA (EXTERIOR E INTERIOR) Y ACABADO DE BARNIZ.	180	0.00 (1)	POSTQUEMADOR
REVESTIDO DE BASE EXTERIOR DE LATAS DE DOS PIEZAS Y ACABADO DE BARNIZ.	250	- 0.85 (2)	REVESTIMIENTO CON POCO SOLVENTE
ROCIADO DE CUERPO INTERIOR DE LATAS DE DOS Y TRES PIEZAS; TERMINADO EXTERIOR DE LATAS DE DOS PIEZAS POR ROCIADO O REVESTIDO CON RODILLO	510	- 0.18 (2)	REVESTIMIENTO CON POCO SOLVENTE.

LINEAS DE REVESTIMIENTO DE ROLLOS	GRAMOS DE COV/LITROS DE REVESTIMIENTO (SIN AGUA)	COSTO-EFECTIVIDAD (\$/lb)*	METODO DE CONTROL MAS COMUN
REVESTIDO CON PRIMERA CAPA Y OTRA SOBRE ESTA U OPERACION DE REVESTIMIENTO SIMPLE.	180	0.00 (1)	POSTQUEMADOR

* Dólares por libra

(1) No hay diferencia de la presente operación

(2) El número negativo indica reducción en el costo.

una línea promedio de 25 metros desde el rociado al postquemador, es adecuado un costo-efectividad de \$ 0.44 dólares por libra de emisiones reducidas.

IMPACTOS EN LA INDUSTRIA

Los revestimientos para latas basados en disolventes, con grandes cantidades de emisiones fugitivas, deben cesarse, También, con el incremento de revestimientos, bajos en disolventes, los fabricantes tienen que gastar más en investigación y desarrollo para ir a la par con la nueva tecnología. El uso de materiales que le permitan a los revestidores no utilizar postquemadores ahorrando gas y dinero, es atractivo, así existe un beneficio para el fabricante de pintura, quien puede suministrar revestimientos que estén de acuerdo con los límites propuestos y propiedades de funcionamiento adecuados.

En la Tabla J se indica el costo-efectividad de controles para alcanzar los varios límites propuestos por ARB, la cual -- presenta reducciones significativas de emisión.

PROPUESTA DE MODELO DE REGLA

Después de esta investigación y con toda la información -- recabada se llegó hasta el siguiente modelo de regla:

- 1.- Una persona no usará o aplicará cualquier revestimiento o cualquier línea de revestimiento del tipo designado abajo, el cual emita o pueda emitir cualquier compuesto orgánico volátil en exceso de los siguientes -- límites:

TAMPA

LATAS LINEAS DE REVESTIMIENTO	GRAMOS DE COV/LITRO* DE REVESTIMIENTO (SIN AGUA)
REVESTIDO DE LA BASE DE LAMINA (EXTERIOR E INTERIOR) Y ACABA- DO DE BARNIZ.	180
REVESTIDO Y ACABADO DE BARNIZ- DE LA BASE EXTERIOR DE LATAS - DE DOS PIEZAS.	250
ROCIADO DEL CUERPO INTERIOR DE LATAS DE DOS Y TRES PIEZAS, RO CIADO O TERMINADO EXTERIOR DE- LATAS DE DOS PIEZAS	519
ROCIADO DEL BORDE DE LA COSTU- RA DE LATAS DE TRES PIEZAS.	660
COMPUESTOS SELLADORES DE TERMI NADO.	440

CARRETES O ROLLOS LINEAS DE REVESTIMIENTO	GRAMOS DE COV/LITRO* DE REVESTIMIENTO (SIN AGUA)
REVESTIDO CON LA PRIMERA CAPA Y OTRA ENCIMA POR UNA OPERA CION DE REVESTIDO SIMPLE.	180

* Según la distribución del aplicador de revestimiento COV significa compuestos orgánicos volátiles.

- 2.- Los límites de misiones prescritas anteriormente serán logrados por:
- a) El uso de revestimientos con baja cantidad de disolvente; o
 - b) Cualquier otro proceso de control de emisiones, - tal como incineración o adsorción determinado por Air Pollution Control Officer, que sea capaz de - conseguir la reducción de emisiones requeridas -- por este patrón de regla.
- 3.- Se recomienda que la investigación de las dos categorías se logran, los límites de emisiones en el modelo de regla deberán ser modificados para exigir de estos nuevos revestimientos donde sea adecuado. Las dos categorías de revestimiento de latas sea continuada, y que, si nuevos desarrollos en estas categorías se logran, los límites.
- a) Rociado interior de latas; un nuevo revestimiento en polvo esta siendo actualmente probado por una-compañía cervecera (Coors Container Company's), - en la línea de revestimientos de latas en Colorado.
 - b) Compuestos selladores de terminado; un compuesto-soportado con agua, que no contenga COV está en - las etapas finales de probado.
- 4.- Se recomienda que las operaciones de revestimiento - de latas de rollos, que estén de acuerdo con los límites de emisiones del modelo de regla sean exentas de las reglas actualmente existentes de compuestos orgánicos. Esto permitirá a los operadores interrumpir, - el uso de postquemadores de muchas de sus líneas de revestimiento y resultará en ahorros considerables - en consumo de energía y costos de operación.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

VI.- CONCLUSIONES

En forma generalizada, se ha tratado de presentar todas las alternativas posibles con que se cuentan actualmente para el control o reducción de las emisiones de los diferentes procesos que utilizan o manejan de una manera u otra disolventes orgánicos. Este trabajo llega a su fin, pero el problema seguirá vigente. Pueden ser los disolventes orgánicos o los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre o los polvos, pueden ser fuentes estacionarias o móviles, al fin todo esto está contaminando nuestro ambiente en forma muy acelerada y se necesita apresurar el paso en contra de este problema para alcanzarlo e ir a la par.

Por otro lado, enfocado a nuestro tema, dando un repaso a los puntos tratados, en resumen analizamos métodos y técnicas de control, sistemas de control para procesos industriales con sus ventajas, costos, reglamentación y algunas formas de su aplicación. Solo nos falta dar un punto de vista más concluyente.

Ya tratado el tema, se puede hablar de la necesidad de una investigación más profunda, que nos conlleve a una óptima solución. Una manera de llevar un control real de problemas como este, es elaborando cuestionarios en donde se solicite información con carácter confidencial de las industrias, de manera que nos de una idea más clara de la potencialidad de las emisiones de cada una de ellas. Se debe procurar que estos cuestionarios lleguen a sus destinos y que de la manera más breve, además de fiel, los contesten y los remitan al grupo o empresa investigadora. Además, se les debe crear la obligación y costumbre de reportar cada año dicha información, con todas las variantes realizadas en los procesos.

Es difícil relocalizar plantas industriales, pero si se puede realizar un estudio para crear un parque industrial idóneo que haga la función de controlador de emisiones en forma-

indirecta, localizándolo en un punto donde afecte lo menos posible a la salud y el bienestar humano, además de que, de esa manera, el control industrial en ese lugar sería absoluto y facilitaría el trabajo de las autoridades en cuestión de cualquier inventario de emisiones, al igual de que podría poner como requisito, para llevar a cabo un proyecto de construcción de una planta, justificar su ingreso mostrando sus sistemas de control de la contaminación del aire y demostrando su eficiencia con respecto al volumen manejado.

También es evidente que se deben intensificar los monitoreos ambientales en diferentes puntos de las ciudades que presentan mayor problema en nuestro país.

Claro que para lograr conjuntar todas las soluciones posibles y que se lleven a la práctica se requiere reglamentar el uso de solventes orgánicos, y publicarlos en el Diario Oficial para que sea del conocimiento de los interesados. Pero quizás antes de esto las autoridades correspondientes deberían preparar pláticas, cursos o asesorías, e invitar a los industriales implicados para introducirlos más al tema y a su importancia de solución.

CAPITULO VII
BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Robert M. Bethea
Air Pollution Control Technology
15a. Edición, Van Nostrand Reinhold Company,
New York, N. Y., E.U.A., 1978.
- 2.- Alan S. Foust
Principios de Operaciones Unitarias
8a. Edición en Español, Compañía Editorial
Continental, S. A., México, D. F.
Noviembre de 1975
- 3.- J. M. Smith
Ingeniería de la Cinética Química
2da. Edición, Compañía Editorial Continental, S. A.,
México, D. F., Febrero de 1977
- 4.- Kirk - Othmer
Enciclopedia de la Tecnología Química
1a. Edición en Español, Vol. 6, 12 y 14,
Unión Tipográfica Editorial Hispano - Americana
México, D. F., 1963.
- 5.- Control of Atmospheric Emissions from Paint and Vernish
Manufacturing Operations.
U. S. Department of Health, Education and Welfare, Cin-
cinnati 26, Ohio, June 1958.
- 6.- Control Techniques for Hidrocarbon and Organic Solvent-
Emissions form Stationary Sources
U. S. Department of Health, Education and Welfare.
National Air Pollution Control Administration
Washington D. C., March 1970

- 7.- Consideration of Model Rule for the Control of Volatile Organic Compound Emissions from Can and Coil Coating Operations
Air Resources Board
State of California, July 1978

- 8.- Compendios del Primer Congreso Nacional de Saneamiento-Ambiental en la Planeación del Desarrollo.
Secretaría de Salubridad y Asistencia

- 9.- Rules and Regulations. 1969
Los Angeles County. Air Pollution Control District.

- 10.- Annual Book of A.S.T.M. Standards (1977), part 27, 28, 29 and 30
U.S.A. A.S.T.M.