



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAS
EXTRACTIVAS

**ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE
EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES
DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ**

Tesis para obtener el título de:
INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL.

PRESENTA:

ROSA DANIELA VÁZQUEZ SAMPERIO

ASESOR:

BIOLOGO ARTURO CHILPA NAVARRETE



México D,F Noviembre 2009



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto Politécnico Nacional y a la ESIQIE por brindarme las armas para realizar este trabajo y terminar mi carrera satisfactoriamente.

A mis padres por su amor, por su apoyo y comprensión que me brindaron en todo momento.

Al Biólogo Arturo Chilpa Navarrete por su apoyo, por guiarme durante la investigación y formación del trabajo.

A mis familiares y amigos por el gran apoyo, y por estar conmigo en las buenas y en las malas.



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



INDICE

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | I |
| INDICE DE TABLAS | II |
| INDICE DE FIGURAS | III |
| OBJETIVOS | IV |
| MÉTODO DE TRABAJO | V |
| FUNDAMENTACIÓN | VI |
| CAPITULO 1 | |
| GENERALIDADES | |
| 1.1 Compuestos Orgánicos Volátiles | 5 |
| 1.2 Efectos de los Compuestos Orgánicos Volátiles. | 7 |
| 1.3 Pintura automotriz. | 12 |
| 1.4 Aplicación de la pintura automotriz. | 14 |
| 1.5 Marco legal en materia de emisiones a la atmósfera. | 19 |
| CAPITULO 2 | |
| ALTERNATIVAS DE MÉTODOS PARA DISMINUIR LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES. | |
| 2.1 Tecnología para el control de Compuestos Orgánicos Volátiles. | 25 |
| 2.1.1 Oxidación térmica. | 26 |
| 2.1.2 Oxidación catalítica. | 29 |
| 2.1.3 Adsorción. | 30 |
| 2.1.4 Absorción. | 32 |
| 2.1.5 Condensación. | 34 |
| 2.1.6 Biofiltración. | 35 |
| 2.1.6.1 Biofiltro de lecho fijo | 35 |
| 2.1.6.2 Biofiltro de lecho escurrido | 36 |
| 2.1.6.3 Biolavadores | 37 |
| 2.1.7 Tecnología de membrana. | 38 |



2.1.8 Oxidación ultravioleta.

39

CAPITULO 3

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA DISMINUIR LOS COV´s DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ.

| | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | Cabinas de pintado automotriz. | 40 |
| 3.2 | Aplicación de biofiltros para el control de emisión de COV´s durante la aplicación de pintura automotriz. | 50 |
| 3.3 | Diseño de un sistema de biofiltración de lecho fijo para el tratamiento de COV´s durante la aplicación de pintura automotriz. | 57 |
| 3.4 | Implementación de un sistema para el control de emisión de COV´s a la atmósfera provenientes del proceso de pintado. | 60 |
| 3.5 | Metodología propuesta para la administración de emisiones a la atmósfera | 62 |

CAPITULO 4

ANSLISIS DE RESULTADOS.

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Análisis de resultados de acuerdo a la NOM-121-Ecol-1997. | 66 |
| 4.2 | Comparación de alternativas. | 67 |
| 4.3 | Comparación de alternativas de acuerdo a su proceso. | 68 |
| 4.4 | Estudio de alternativas de acuerdo a su eficiencia. | 70 |
| 4.5 | Comparación de las alternativas de acuerdo a sus ventajas y desventajas. | 74 |
| 4.6 | Comparación de alternativas de acuerdo a las tecnologías utilizadas | 76 |
| 4.7 | Comparación de las alternativas de acuerdo a sus precios. | 77 |
| 4.8 | Comparación de las alternativas de acuerdo a sus factores que afectan sus rendimientos. | 79 |

CONCLUSIONES 82

BIBLIOGRAFIA 84



INDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabla 1.1 | Clasificación de contaminantes orgánicos según sus puntos de ebullición. | 5 |
| Tabla 1.2 | Emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz (no fabricas) en la ZMCM | 17 |
| Tabla 1.3 | Emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz en el Estado de México. | 19 |
| Tabla 2.1 | Parámetros normales de operación para un equipo de oxidación térmica | 27 |
| Tabla 2.2 | Parámetros normales de operación para un equipo de oxidación catalítica. | 30 |
| Tabla 3.1 | Características generales de una cabina. | 48 |
| Tabla 3.2 | Tipos de contaminantes que se generan. | 64 |
| Tabla 4.1 | Fuentes Existentes en el recubrimiento de carrocerías. | 66 |
| Tabla 4.2 | Características de la pistola marco CANE. | 70 |
| Tabla 4.3 | Datos utilizados para la grafica 4.1. | 71 |
| Tabla 4.4 | Ventajas y desventajas de las cabinas de pintado. | 74 |
| Tabla 4.5 | Ventajas y desventajas de biofiltros. | 75 |
| Tabla 4.6 | Ventajas y desventajas de la alternativa del Corporativo Chrysler | 76 |
| Tabla 4.7 | Elementos básicos a controlar. | 79 |



INDICE DE FIGURAS.

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1.1 | Representación de la producción de una molécula de ozono. | 10 |
| Figura 1.2 | Efecto de invernadero. | 12 |
| Figura 1.3 | Aplicación de pintura automotriz en hojalatería y pintura. | 14 |
| Figura 1.4 | Aplicación en ensambladoras. | 15 |
| Figura 1.5 | Emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz en la ZMCM | 17 |
| Figura 1.6 | Emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz en el Estado de México. | 18 |
| Figura 2.1 | Esquema de un equipo de oxidación térmica | 26 |
| Figura 2.2 | Incinerador catalítico | 30 |
| Figura 2.3 | Sistema de adsorción en dos camas con desorción a partir de vapor. | 31 |
| Figura 2.4 | Diagrama de una torre de absorción. | 33 |
| Figura 2.5 | Condensador de superficie para condensar COV's | 34 |
| Figura 2.6 | Biofiltro de lecho fijo | 36 |
| Figura 2.7 | Biofiltro de lecho escurrido. | 37 |
| Figura 2.8 | Tecnología de membrana | 39 |
| Figura 3.1 | Tipos de cabinas | 42 |
| Figura 3.2 | Lámpara en una cabina. | 43 |
| Figura 3.3 | Filtros | 44 |
| Figura 3.4 | Ventilador centrífugo de alta eficiencia. | 45 |
| Figura 3.5 | Moto- ventilador. | 45 |
| Figura 3.6 | Tipos de quemadores | 46 |
| Figura 3.7 | Panel de control. | 46 |
| Figura 3.8 | Partes de una cabina de pintura automotriz | 47 |
| Figura 3.9 | Utilización de sustratos en un proceso microbiano y flujo de carbono. | 51 |
| Figura3.10 | Sistema de Extracción Propuesto. | 59 |
| Figura3.11 | Biofiltro de Lecho Fijo Propuesto. | 60 |
| Figura3.12 | Áreas, procesos y puntos específicos de generaciones de emisiones a la atmósfera en las actividades de la empresa. | 63 |
| Figura 4.1 | Funcionamiento de cabina de pintado automotriz | 68 |
| Figura 4.2 | Funcionamiento de un sistema de biofiltración. | 68 |
| Figura 4.3 | Sistema utilizado por Chrysler. | 69 |
| Figura 4.4 | Representación de picos de las emisiones | 71 |
| Figura 4.5 | Comparación de precios entre cabinas y biofiltros. | 77 |
| Figura 4.6 | Numero de elementos a controlar de cada alternativa | 80 |



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto Politécnico Nacional y a la ESIQIE por brindarme las armas para realizar este trabajo y terminar mi carrera satisfactoriamente.

A mis padres por el apoyo, por su amor y comprensión que me brindaron en todo momento.

Al Biólogo Arturo Chilpa Navarrete por su apoyo, por guiarme durante la investigación y formación del trabajo.

A mis familiares y amigos por el gran apoyo, y por estar conmigo en las buenas y en las malas.



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



BIBLIOGRAFIA



RESUMEN:

El presente trabajo, da a conocer las diferentes alternativas para el control de la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles durante la aplicación de pintura automotriz, debido a que son una aportación para la contaminación atmosférica junto con los NO_x al reaccionar forman el ozono troposférico, causa efectos perjudiciales en la salud humana, en el medio ambiente como en las especies vegetales y en los cultivos.

Por lo cual, se encontraron diferentes alternativas para el control de las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles, para cualquier tipo de emisiones, como la oxidación catalítica y oxidación térmica pueden ser destructivas o de recuperación, adsorción y absorción son de recuperación, tecnología de membrana, biotecnología y otras tecnologías que están por desarrollarse.

De las anteriores alternativas, unas son de recuperación y otras son de transformación, las tecnologías que se utilizan para el control de las pinturas automotrices son las de adsorción, la biotecnología y la oxidación térmica regenerativa.

La adsorción es aplicada en las cabinas de pintado automotriz las cuales su principio de operación es hacer pasar aire limpio sin ninguna impureza y para ello se hace pasar por un filtro, posteriormente se calienta el aire y de nuevo se hace pasar por un filtro para eliminar las partículas extrañas de éste, el aire se alimenta por el techo de la cabina y arrastra los residuos de pintura mientras los gases que se desprenden, estos se dirigen hacia las rejillas que se encuentran en el piso de la cabina, pasa por filtros que retienen las partículas de la pintura, posteriormente pasan por una cama de carbón activado que adsorben a los Compuestos Orgánicos Volátiles dejando pasar el aire sin contaminante.

En la biotecnología se utilizan biofiltros o biorreactores, no es una nueva tecnología en México para la reducción de Compuestos Orgánicos Volátiles y eliminación de malos olores, consiste en hacer pasar el aire contaminado por humidificador para posteriormente introducirlo a un lecho donde se encuentran microorganismos que van a degradar este contaminante produciendo agua y dióxido de carbono. Esta tecnología es económica y se podría utilizar en talleres de pintado automotriz, y en un lugar cerrado, con un sistema que alimente aire, y lo extraiga para llevarlo al lecho, en el cual los microorganismos harán la tarea de los filtros y carbón activado.

La tecnología utilizada por el Corporativo de Chrysler SA de CV es un sistema mucho más grande donde se utiliza la metodología de oxidación térmica regenerativa por los grandes volúmenes a pintar.



OBJETIVO GENERALES:

Proponer alternativas para el control de emisión de los compuestos orgánicos volátiles durante la aplicación de las pinturas automotrices.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Analizar las diferentes alternativas para el control de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles durante la aplicación de las pinturas automotrices para ensambladoras, hojalatería y pintura entre otros.
- Describir las alternativas (material, proceso, eficiencia, etc).
- Comparar entre dichas alternativas ventajas y desventajas.



METODOLOGIA:

El método de trabajo para llevar a acabo esta tesis consiste en las siguientes etapas:

- Investigación documental para la disminución de COV's durante la aplicación de pintura automotriz.
- Selección de información necesaria para encontrar las alternativas para disminuir los COV's durante la aplicación de pintura automotriz.
- Análisis de las alternativas, así como, de mecanismos de su funcionamiento del equipo a utilizar, elementos para su funcionamiento, ventajas y desventajas.
- Comparación de alternativas y verificar si con estas alternativas se apegan a los límites máximos permisibles de emisión de COV's durante la aplicación de pintura automotriz de acuerdo a la norma NOM-121-ECOL-1997.
- Propuesta de alternativas para la disminución en la emisión de COV's.



FUNDAMENTACIÓN:

La disminución de la calidad del aire, debido a la contaminación atmosférica en zonas urbanas es producto de un conjunto de factores, como la cantidad y calidad de los combustibles utilizados por los distintos procesos industriales, servicios como el transporte, las actividades productivas de la propia población y por las condiciones meteorológicas (locales y globales) y fisiográficas que modifican la química atmosférica.

La importancia del control de la contaminación atmosférica, tiene que ver no sólo con los daños directos que causa a la salud del ser humano, a la flora y la fauna, o las alteraciones al medio ambiente, sino también con los impactos negativos sobre la economía como resultado de las pérdidas derivadas de los efectos directos e indirectos, así como por los gastos relacionados con la aplicación de medidas para controlar dicha contaminación.

Una de las industrias que contribuye a la contaminación atmosférica y que casi no hay mucho control de esta, es la industria de pintado automotriz. De acuerdo a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Ecología, el pintado de carrocerías está dentro de las categorías de fuentes de área, siendo la principal industria que contamina por medio de COV's evaporados por el alto uso de solventes con un porcentaje del 46 % ,siendo el resto de los sectores industriales.

Se buscan alternativas para disminuir o controlar esas emisiones, que aunque están controladas por las normativas de cada país, es muy importante no agrandar el problema ambiental. Algunas alternativas ya se utilizan, mientras otras están en pruebas pero se presume que tiene mayores y mejores resultados.

La reducción de las emisiones de los COV's requiere de una estrategia combinada de previsión y de control. Por ello, es posible reducir la magnitud de las emisiones de estos compuestos, su toxicidad y su efecto sobre la formación de ozono, mediante la racionalización de su consumo y la reformulación o sustitución de los solventes.

En México se están utilizando y desarrollando nuevas tecnologías para captar estos COV's, como la biotecnología o biofiltración que son alternativas nuevas en la cual la oxidación de los COV's se lleva a cabo por medio de microorganismos y estos contaminantes se transforman a compuestos menos dañinos, en cuanto a las cabinas, consisten en un recinto cerrado en el cual se introduce el vehículo a pintar, y por el que circula el aire desde el techo de la cabina hacia el vehículo y arrastra los restos de partículas. Otra alternativa utilizada en sistemas industriales hace tiempo es la incineración.

VI



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ





CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV'S).

Un Compuesto Orgánico Volátil es todo aquello compuesto orgánico que tenga a 293.15 °K una presión de vapor de 1 atm o más, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

Con respecto a lo anterior, se establece una clasificación para los COV's con base en su rango de puntos de ebullición, lo cual depende de la presión de vapor. Para las condiciones estándar, en el límite inferior se encuentran compuestos orgánicos con puntos de ebullición entre 50 °C y 100 °C; en el límite superior el rango es entre 240 °C y 260 °C. El valor mayor de cada rango se refiere a compuestos más polares. En la Tabla 1.1 se muestra como se clasifican los compuestos orgánicos según sus puntos de ebullición.¹

Tabla 1.1 Clasificación de compuestos orgánicos según sus puntos de ebullición.

| DESCRIPCIÓN | SIGLAS EN INGLES | RANGO EN P.E °C |
|--|------------------|-------------------|
| Compuestos orgánicos muy volátiles (gaseosos). | VVOC | 0 a 50-100 |
| Compuestos orgánicos volátiles. | VOC | 50-100 a 240-260 |
| Compuestos orgánicos semivolátiles. | SVOC | 240-260 a 380-400 |
| Compuestos orgánicos asociados con materia particulada o materia orgánica particulada. | POM | 380-400 |

Valores a condiciones estándar (20 °C y 760 mmHg). Fuente: Ref. (26), Morton Lippman, pag. 634)



Los Compuestos Orgánicos Volátiles son hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente o que son muy volátiles a dicha temperatura. Suelen presentar una cadena con un número de carbonos inferior a doce y pueden contener otros elementos tales como: oxígeno, fluor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno.

Estos contaminantes se pueden clasificar en dos tipos los cuales son biogénicos (naturales) y antropogénicos.

Los biogénicos son los de origen natural generados en procesos biológicos, actividad geotérmica, yacimientos de hulla, gas natural y petróleo. El isopreno es un ejemplo de los biogénicos y se elabora de forma natural en plantas y animales, es generalmente el hidrocarburo más encontrado en el cuerpo humano, se encuentra en bajas concentraciones en algunos alimentos. El limoneno es una sustancia natural que se extrae de los cítricos y son las que dan el olor característico a las naranjas y limones. El pineno se obtiene a partir del aceite de trementina donde está presente en un 58 – 65 % y es utilizado en la manufactura de alconfor, insecticidas, solventes, plastificantes, bases para perfume, aceite de pino artificial, etc.²

Las fuentes fijas y móviles de emisiones de origen antropogénicas son:

- Uso de disolventes(pinturas, quita esmaltes, remoción de pintura, manufactura de jabón, adhesivos, etc.
- Industria del petróleo.
- La industria de química orgánica.
- Fuentes de combustión a pequeña escala como pueden ser el calentador doméstico, estufas en la cocina y calentador industrial.
- En la industria alimenticia.
- La industria del hierro y el acero.
- El manejo y tratamiento de desperdicios.
- La agricultura.
- Transporte.

Algunos ejemplos de sustancias que liberan COV's pueden ser: benceno, tolueno, nitrobenzono, gasolinas, gas LP, gas natural, etc. Los más



abundantes en el aire son metano, tolueno, n-butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno.³

Los representantes mas conocidos de este gran grupo son los llamados solventes orgánicos, su transporte, uso y almacenaje; son la mayor fuente de contaminación del aire en cuanto a COV's.⁴

1.2 EFECTOS DE LOS COV'S.

En la década de los 70, muchas personas comenzaron a darse cuenta de los cambios que estaba sufriendo la Tierra. Al estudiarlos, pudieron observar cuán frágil es el medio ambiente, y lo mucho que los seres humanos dependen de él. Poco a poco, se dieron cuenta de que no era posible seguir contaminando el agua, la tierra y el aire: la contaminación no va a desaparecer por sí sola.

Hoy en día, la contaminación atmosférica es un problema ambiental muy importante, cuya toma de conciencia se ha incrementado en los últimos años, y con el avance de la tecnología se puede prevenir cada vez mayores emisiones de contaminantes a la atmósfera que alteran el equilibrio natural existente entre los distintos ecosistemas, afectan la salud de los humanos y a los bienes materiales o, incluso, provoquen cambios catastróficos en el clima terrestre (Semarnat, 2003).

Los COV's forman la mayor parte de las emisiones de los procesos industriales; de los 187 compuestos regulados bajo la "Clean Air Act Amendement" (Es la ley que define las responsabilidades de la EPA para proteger la nación y la mejora de la calidad del aire y la capa de ozono estratosférico), 154 de esos compuestos son COVs.

El impacto de los COV's en el medio ambiente se pueden clasificar como directos e indirectos.

Los efectos directos son aquellos que:

- Son nocivos sobre la salud humana y sobre los ecosistemas naturales debido a su toxicidad, efectos carcinógenos y otros efectos



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



psicológicos adversos. Algunos de estos efectos están fundamentalmente originados por inhalación: dolor de cabeza, dificultad para respirar, mareos, fatiga, etc.

- Son nocivos sobre el medio, como desperfectos sobre los materiales, olores, etc.
- Por sus efectos sobre los ecosistemas naturales, interfieren en la actividad fotosintética, en el crecimiento y el metabolismo general de las plantas, además de aumentar la sensibilidad de los árboles a las heladas, al calor y la sequía, etc. Todos estos efectos también son causados por las sustancias que derivan de los COV's.

Los riesgos para la salud asociados a la emisión de COV's a partir del uso de disolventes, se derivan de sus propiedades volátiles, liposolubles, tóxicas e inflamables.

- Volatilidad: El carácter volátil de estos compuestos hace que se evaporen rápidamente a la atmósfera, alcanzando concentraciones importantes en espacios confinados. El riesgo más importante para el ser humano se produce por la absorción de estos por la piel y por inhalación. El contacto directo a través de la piel permite el paso del disolvente a la sangre causando efectos inmediatos y a largo plazo. La inhalación por su parte, constituye la vía de exposición más peligrosa, ya que a través de los pulmones la distribución por el organismo es muy eficaz, lo que puede provocar que pasen al organismo concentraciones muy elevadas en plazos breves de tiempo. Además esta vía es particularmente difícil de controlar, ya que no puede saberse con exactitud el punto de inicio del contacto.⁵
- Propiedades liposolubles: Los disolventes orgánicos son liposolubles, es decir una vez que se introducen en el organismo presentan afinidad por los tejidos grasos y no suelen disolverse en agua, aunque algunos productos resultantes de su metabolismo si presentan un carácter hidrosoluble. Tras la inhalación, el



contaminante pasa a la sangre, distribuyéndose por los distintos órganos, donde tiende a acumularse. Esta circunstancia, provoca que, con el paso del tiempo, las concentraciones alcancen niveles que representen riesgos para la persona y, en particular, para el feto en el desarrollo embrionario.⁵

- Toxicidad: Algunos estudios de toxicidad, relacionan lesiones neurológicas con la exposición crónica a los disolventes, además de otros efectos psiquiátricos significativos como la irritabilidad y dificultades de concentración, afectación visual, verbal o motora, memoria, etc.⁵
- Inflamabilidad: La mayoría de estas sustancias presentan un carácter inflamable y explosivo. Algunos no arden necesariamente con facilidad, pero si tienden a descomponerse a altas temperaturas dando lugar a otros compuestos altamente tóxicos. Tal es el caso de los disolventes halogenados que se convierten en fosgeno, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, etc. El peligro de explosión varía con el tipo de disolvente, por lo que además es necesario conocer en cada caso, las condiciones de concentración, presión, temperatura, entre otras, con el fin de evitar el riesgo.⁵

Entre los efectos indirectos está la formación de oxidantes fotoquímicos troposféricos (ozono troposférico). El principal problema medioambiental de estas sustancias es que al mezclarse con otros contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno (NO_x) (contaminante atmosférico primario) que se forma cuando se queman los combustibles fósiles que empleamos en la vida diaria como la gasolina, el gas natural, el fuel-oil o el carbón, y reaccionan con la luz solar, puede formar ozono a nivel del suelo (troposférico), el cual contribuyen a la formación de oxidantes fotoquímicos como el smog fotoquímico. Los COV's y NO_x por lo tanto se denominan contaminantes precursores del ozono.

El ozono es una molécula formada por tres átomos de oxígeno, altamente reactiva por lo que puede ser destruida formando oxígeno bipolar y liberando un átomo de oxígeno en solitario.⁶ En la Figura 1.1 se representa la producción de una molécula de ozono.

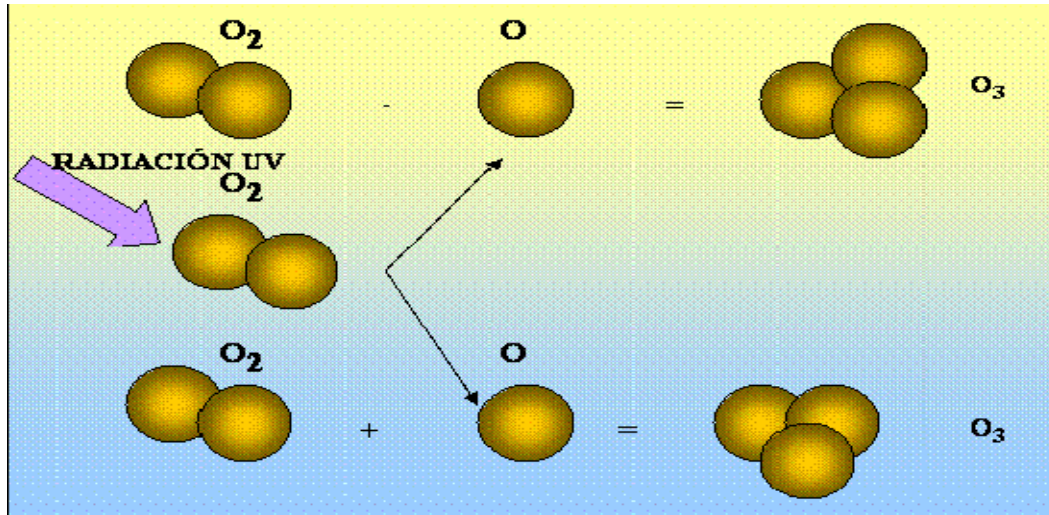
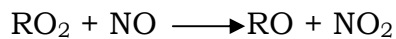
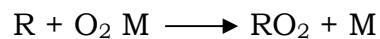
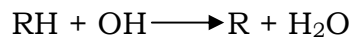


Figura 1.1 Representación de la producción de una molécula de ozono.

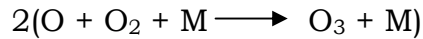
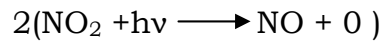
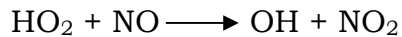
El ozono se encuentra tanto en la troposfera como en la estratosfera, en la primera capa es un contaminante de criterio secundario, es decir no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma a partir de reacciones algo complejas en las que participan los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos o COV's y la radiación solar.

En la troposfera contaminada la producción de ozono ocurre vía oxidación de los COV's y CO iniciada por radicales libres en presencia de NOx (NO + NO₂) y luz solar. La siguiente secuencia muestra de manera simple el proceso:





ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



Sin embargo, el ozono troposférico puede llegar a ser un problema cuando se provoca un aumento de su concentración por medios artificiales: la contaminación.

Se ha notado que durante la primavera y el verano se alcanzan las máximas concentraciones de ozono troposférico, debido a que son las épocas del año donde se presenta mayor calor.

La contaminación por ozono troposférico causa efectos perjudiciales en la salud humana, en el medio ambiente como en las especies vegetales y en los cultivos. Debido a su gran variedad, no se conocen completamente los efectos de la emisión COV's, pero se sabe que algunos son tóxicos y carcinógenos como el benceno (EPA, 1990).

El ozono troposférico afecta las vías respiratorias provocando: irritación en los ojos, tos, dolor de cabeza así como dolor de pecho; y en concentraciones elevadas puede provocar la inflamación de los pulmones afectando la función respiratoria.

Los COV's en conjunto con los NOx, ozono troposférico y nitrato de peroxiacetilico (PAN este es formado cuando los COV's se alteran por otros químicos por fotodisociación combinada por bióxido de nitrógeno) que son sustancias químicamente reactivas que forman el smog fotoquímico. Tienen a tener mal olor y degradan materiales.⁷

Son esenciales para la formación de contaminantes secundarios como el ozono y las partículas finas, y por sus características tóxicas y cancerígenas que varios de ellos poseen y pueden presentar un peligro potencial para la salud.

Se producen daños en la vegetación como lesiones foliares, reducción del crecimiento y reducción de las cosechas. Las plantas sufren alteraciones cuando la exposición al ozono supera determinado nivel que varía



dependiendo de las especies. La reducción del crecimiento y de la cosecha se asocian, sobre todo, con la exposición a largo plazo de este contaminante.⁸

Los COV's como contaminante forman parte de los gases de invernadero, provocando así el efecto de invernadero que se puede observar en la figura 1.2

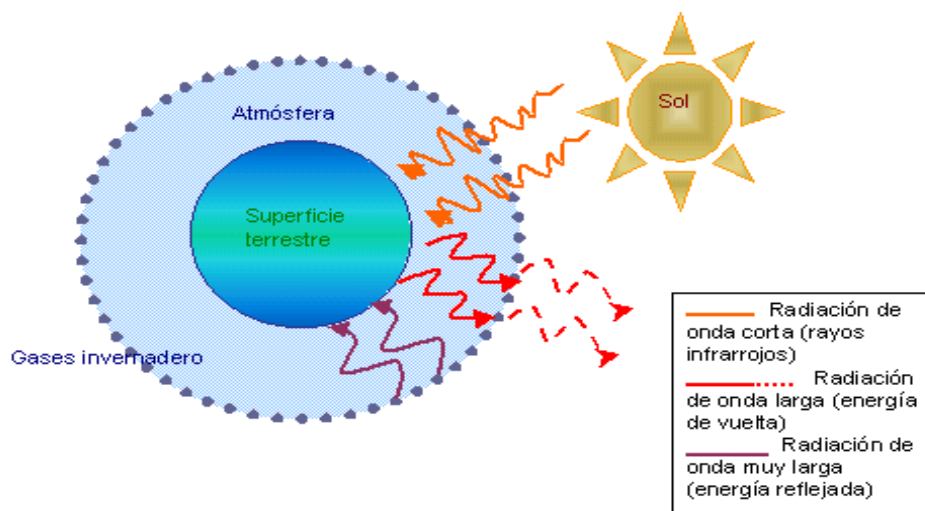


Figura 1.2 Efecto de invernadero.

Este efecto de invernadero provoca un calentamiento de la tierra por lo cual los polos se derriten y las consecuencias de esto será la desaparición de ciertas playas.

1.3 PINTURA AUTOMOTRIZ.

Una pintura es una mezcla viscosa que se encuentra constituida por dos partes que hacen posible la función del recubrimiento en superficies, tales partes son conocidas como vehículo y el pigmento.

El pigmento es la parte decorativa y permite además, mejorar la estructura de la película contra los efectos de las radiaciones ultravioletas de la luz solar.



El vehículo es la parte líquida de la pintura y se encuentra constituida de una sustancia que forma la película de adelgazadores o solventes, y de agentes modificadores que se utilizan para mejorar las características de los mismos.

Una mezcla de pintura convencional lista para el uso, está compuesta por un 25% de sólidos (partículas y pigmentos de pintura) y por un 75% de disolventes, incluyendo el medio en el que se encuentran los sólidos y el adicionado, al realizar la mezcla de pintura para alcanzar la viscosidad adecuada de aplicación.

Los disolventes que más se utilizan en las pinturas son el thinner, acetona, metil etil cetona, nafta, cloruro de metileno, etc. El más común en las pinturas automotrices es el thinner.

Teniendo en cuenta que la totalidad de los disolventes salen a la atmósfera por evaporación y que la tasa de transferencia o efectividad media de pistola convencional de aplicación apenas alcanza el 35%, se deduce que el aire de salida de las cabinas de pintado y secado, contiene un importante nivel de partículas de pintura y de vapores orgánicos, (COV's procedentes de los disolventes), que conviene evitar mediante la utilización de filtros y depuradoras adecuadas.

Los solventes que contienen las pinturas, son adicionados con el objetivo principal de modificar temporalmente las propiedades de viscosidad, una vez que se han aplicado, dichos solventes tienden a volatilizarse provocado por su presión de vapor que es relativamente grande, representando esto, el punto de partida de emisión de COV's.⁹

La industria de Recubrimientos Orgánicos y Pinturas, por décadas ha representado uno de los sectores industriales más importantes ya que no solo preservan edificios, equipo industrial entre otras superficies, si no también dan una buena apariencia a las superficies.



1.4 APLICACIÓN DE LA PINTURA AUTOMOTRIZ.

El repintado de vehículos se define como: toda reparación, conservación o decoración fuera de la línea de producción del fabricante del vehículo, y contempla todo trabajo de repintado de vehículos. Los recubrimientos originales con materiales para el acabado, por ejemplo: la construcción de las carrocerías de los vehículos comerciales, también se encuentran contemplados, aún cuando sea llevado a cabo en la línea de producción o el vehículo sea un remolque o la cantidad de disolvente empleada sea inferior a 15 toneladas anuales.

Actualmente existen varios lugares donde se pintan los automóviles; uno de estos lugares es donde son ensamblados, aunque también existen lugares llamados de hojalatería y pintura los cuales pintan una parte del automóvil cuando este es arreglado por un golpe, por cambio de alguna parte, etc. Como se puede mostrar en la Figura 1.3 la forma de aplicación de pintado en una hojalatería y pintura.



Figura 1.3 Aplicación de pintura automotriz en hojalatería y pintura.

En los lugares donde se ensamblan para aplicar la pintura automotriz utilizan una cámara de pintado como se muestra en la Figura 1.4, que da



una mejor apariencia y lo primordial es que impide que gran cantidad de COV's sean emitidos.



Figura.1.4 Aplicación en ensambladoras.

Las operaciones de pintura automotriz que emiten COV's durante la aplicación de pintura pueden ser: el recubrimiento primario, secundario, ó terminal. El factor de emisión para la Z.M.C.M. es de 0.1369 Kg/Hab/ Año (Factor Nacional).

En un futuro se pueden utilizar los programas y estrategias de control tales como: porcentaje de cumplimiento de normas, regla de penetración, eficiencia de controles, etc. Actualmente existe una sugerencia de control para ser utilizado como equipo, que son las casetas de pinturas, las cuales confinan los vapores desprendidos.

Los resultados que se presentan a continuación fueron obtenidos con factores per cápita únicamente para fuentes de área, utilizando un factor de emisión de 0.1369 Kg/Persona.¹⁰

La Tabla 1.2 que a continuación se presenta las emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz (no fabricas) en la ZMCM.¹⁰



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



Tabla 1.2 Emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz (no fabricas) en la ZMCM.

| Area | COV's | |
|---------------------|---------|---------------|
| | Ton/Año | Ozono(Kg/día) |
| Distrito Federal | | |
| Alvaro Obregon | 88 | 318 |
| Azcapotzalco | 65 | 235 |
| Benito Juárez | 55.8 | 202 |
| Coyoacan | 87.6 | 317 |
| Cuajimalpa | 16.4 | 59 |
| Cuahutemo | 81.6 | 295 |
| Gustavo A Madero | 173.6 | 628 |
| Iztacalco | 61.4 | 222 |
| Iztapalapa | 204 | 738 |
| Magdalena Contreras | 26.7 | 97 |
| Miguel Hidalgo | 55.7 | 201 |
| Milpa Alta | 8.7 | 32 |
| Tlahuac | 28.3 | 102 |
| Tlalpan | 66.4 | 249 |
| Venustiano Carranza | 71.1 | 257 |
| Xochimilco | 29.7 | 107 |
| Total | 1120 | 4050 |

En la Figura 1.5 se puede observar gráficamente los valores que anteriormente se mostraron de las emisiones precursoras de ozono por la pintura automotriz, en la cual se puede ver que en las delegaciones Iztapalapa y la Gustavo A Madero que son las que tienen mayor población, por lo tanto cuentan con un mayor numero de fuentes fijas; mientras que las delegaciones Cuajimalpa y Milpa Alta son las que menor población y por lo tanto menor numero de fuentes fijas.



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ

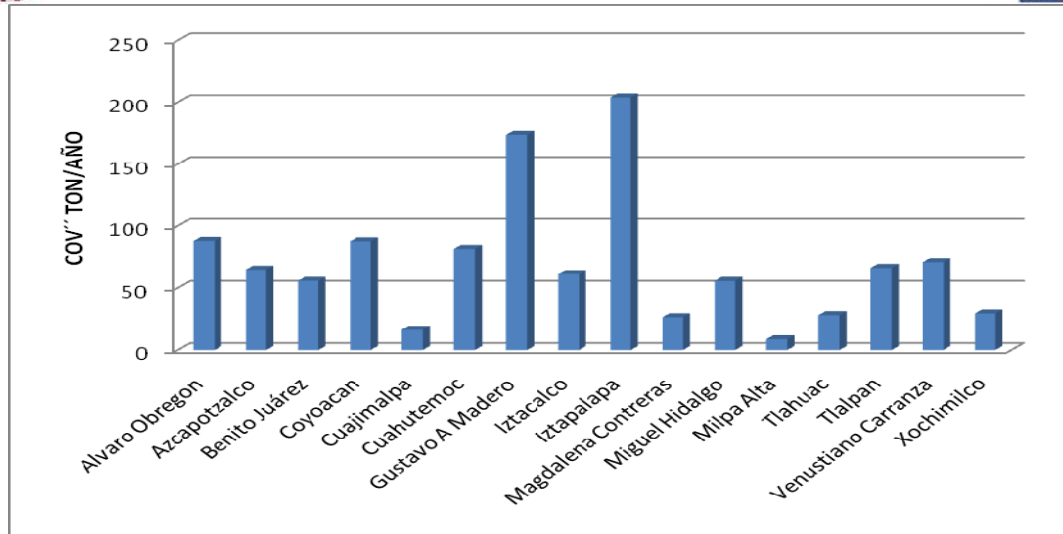


Figura 1.5 Emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz en la ZMCM.

La Tabla 1.3 que a continuación se presenta, suma las emisiones provenientes de los COV's.

Tabla 1.3 Emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz en el Estado de México.

| Area Estado de México | COV's | |
|--------------------------|---------|---------------|
| | Ton/Año | Ozono(Kg/día) |
| Acolman | 5.4 | 21 |
| Atenco | 2.4 | 11 |
| A. zaragoza | 43.1 | 156 |
| Coacalco | 20.8 | 75 |
| Chalco | 38.7 | 140 |
| Chimalhuacan | 33.2 | 120 |
| Ecatepec | 603 | 166.8 |
| Huixquilucan | 18.1 | 65 |
| Ixtapaluca | 18.8 | 68 |
| Chicoloapan | 7.8 | 28 |
| Jaltenco | 3.1 | 11 |
| Melchor Ocampo | 3.6 | 13 |
| Naucalpan | 107.7 | 389 |



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



| | | |
|-------------------|--------|--------|
| Nezahualcoyotl | 172 | 622 |
| Nextlalpan | 1.5 | 5 |
| Nicolas Romero | 25.2 | 91 |
| La Paz | 18.5 | 67 |
| Tecamac | 16.4 | 61 |
| Teoloyucan | 5.7 | 21 |
| Tepozotlan | 5.0 | 18 |
| Texcoco | 14.2 | 69 |
| Tlalnepantla | 96.2 | 348 |
| Tultitlan | 33.7 | 122 |
| Zumpango | 9.8 | 35 |
| Cuautitlan Izcali | 44.7 | 162 |
| Total | 1355.1 | 2884.8 |

En la Figura 1.6 se puede ver las emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz en el Estado de México. En la cual se puede ver que en los municipios de Ecatepec, Naucalpan, Nezahualcoyotl y Tlalnepantla son los que mas emiten COV's a la atmosfera, debido a que cuentan con mayor población y se encuentran mayor numero de parques industriales.

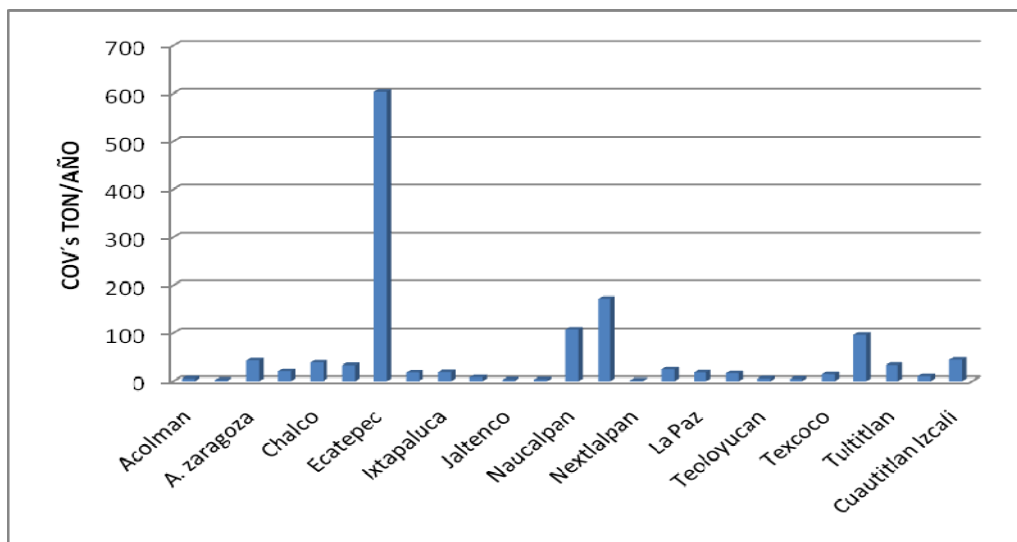


Figura 1.6 Emisiones de precursores de ozono de pintura automotriz en el Estado de México durante al 2000.



1.5 MARCO LEGAL EN MATERIA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

En cuanto al marco jurídico mexicano, éste ha desarrollado diversos lineamientos que se enfocan en controlar, reducir o evitar la contaminación atmosférica, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Existe legislación federal y estatal, que regula la cantidad y calidad de emisiones a la atmósfera.

Las agencias automotrices son empresas de servicios mercantiles, por lo que sus obligaciones principales son de competencia estatal o local.

A continuación se presenta las obligaciones ambientales para una concesionaria que genera emisiones contaminantes a la atmósfera.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente existe:

Título 4°, Cap. II, Art. 112. En materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, los gobiernos de los Estados, del Distrito Federal y de los Municipios, de conformidad con la distribución de atribuciones establecida en los artículos 7°, 8° y 9° de esta Ley, así como con la legislación en materia.

Fracción III. Requerirán a los responsables de la operación de fuentes fijas de jurisdicción local, el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes, de conformidad con lo dispuesto en el reglamento de la presente Ley y en las normas oficiales mexicanas respectivas;

Fracción IV.integrarán y mantendrán actualizado en inventario de fuentes de contaminación;



Y por ultimo dentro de este podemos encontrar Título 2°, Cap. II, Art. 113. No deberán emitir contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmosfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría.

El reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera de la Agenda Ecológica Federal 2009 se rescatan los siguientes artículos:

Artículo 10. Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y de las normas técnicas ecológicas que de él se deriven, las personas físicas o morales, públicas o privadas que pretendan realizar o que se realicen obras o actividades por las que se emitan a la atmosfera olores, gases o partículas sólidas o líquidas.

Artículo 16. Las emisiones de olores, gases, así como de las partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generan por fuentes fijas, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que para tal efecto explica la Secretaría de salud, con base en la determinación de los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente que esta ultima determina.

Así mismo, y tomando en cuenta la diversidad de tecnologías que presentan las fuentes, podrán establecerse en la norma técnica ecológica diferentes valores al determinar los niveles máximos permisibles de emisión o inmisión, para un mismo contaminante o para una misma fuente, según se trate de:

- I. Fuentes existentes,
- II. Nuevas fuentes, y
- III. Fuentes localizadas en zonas críticas.



La Secretaría en coordinación con la Secretaría de Salud, y previos los estudios correspondientes, determinará en la norma técnica ecológica respectiva, las zonas que deben considerarse críticas.

Artículo 17. Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligada a:

I Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera, para que estas no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas correspondientes;

II Integrar un inventario de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la Secretaría;

III Instalar plataformas y puertos de muestreo;

IV Medir sus emisiones contaminantes a la atmosfera, registrar los resultados en el formato que determine la secretaria y remitir a ésta los registros, cuando así lo solicite;

V Llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmosfera, cuando la fuente de que se tárate se localice en zonas urbanas o suburbanas, cuando colinde con áreas naturales protegidas, y cuando por sus características de operación o por sus materias primas, productos y subproductos, puedan causar grave deterioro a los ecosistemas, a juicio de la Secretaría;

VI Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de proceso y de control.

VII Dar aviso anticipado a la Secretaría del inicio de operación de sus procesos, en el caso de paros programados, y de inmediato en el caso de que estos sean circunstanciales, si ellos pueden provocar contaminación;



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



VIII Dar aviso de inmediato a la secretaría en el caso de falla del equipo de control, para que ésta determine lo conducente, si le falla puede provocar contaminación; y

IX Las demás que establezcan la Ley y el Reglamento.

Artículo 19. Para obtener la licencia de funcionamiento a que se refiere en el artículo 18, los responsables de las fuentes, deberán presentar a la Secretaría; solicitud por escrito acompañada de la siguiente información y documentación:

I Datos generales del solicitante;

II Ubicación;

III Descripción del proceso;

IV Distribución de maquinaria y equipo;

V Materias primas o combustibles que se utilicen en su proceso y forma de almacenamiento.

VI Transporte de materias primas o combustibles al área de proceso;

VII Transformación de materias primas o combustibles;

VIII Productos, subproductos y desechos que vayan a generarse;

IX Almacenamiento, transporte y distribución de productos y subproductos;

X Cantidad y naturaleza de los contaminantes a la atmósfera esperados;

XI Equipos para el control de la contaminación a la atmósfera que vayan a utilizarse; y



XII Programa de contingencias, que contenga las medidas y acciones que se llevarán a cabo cuando las condiciones meteorológicas de la región sean desfavorables; o cuando se presenten emisiones de olores, gases; así como de partículas sólidas y líquidas extraordinarias no controladas.

La información a que se refiere este artículo deberá presentarse en el formato que determine la Secretaría, quien podrá requerir la información adicional que considere necesaria y verificar en cualquier momento, la veracidad de la misma.

Artículo 21. Los responsables de fuentes fijas de jurisdicción federal que cuenten con licencia otorgada por la secretaría, deberán presentar ante ésta, una Cedula de Operación Anual dentro del periodo comprendido entre el 1° de enero y el 30 de abril de cada año, los interesados deberán utilizar la Cédula de Operación Anual a que se refiere el artículo 10 del reglamento de la Ley General del Equilibrio ecológico y la Protección al ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.(DOF 03/06/04)

Artículo 23. Las emisiones de contaminantes atmosféricos que se generen por las fuentes fijas de jurisdicción federal, deberán canalizarse a través de ductos o chimeneas de descarga.

Cuando por razones de índole técnica no pueda cumplirse con lo dispuesto por el artículo, el responsable de la fuente deberá presentar a la Secretaría un estudio justificativo para que esta determine lo conducente.

Artículo 24. Los ductos o las chimeneas a que se refiere el artículo anterior, deberán tener la altura efectiva necesaria, de acuerdo con la norma técnica ecológica correspondiente, para dispersar las emisiones contaminantes.

Artículo 27. Sólo se permitirá la combustión a cielo abierto en zonas de jurisdicción federal, cuando se efectúe con permiso de la secretaría para adiestrar y capacitar al personal encargado del combate de incendios.



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



Para obtener el permiso a que se refiere el párrafo anterior, el interesado deberá presentar a la Secretaría solicitud por escrito, cuando menos con 10 días hábiles de anterioridad a la fecha en que se tenga programado el evento, con la siguiente información y documentación:

I Croquis de localización del predio, indicando el lugar preciso en el que se efectuarán las combustiones, así como las construcciones y colindancias más próximas y las condiciones de seguridad que imperan en el lugar;

II Programa calendarizado, en el que se precise la fecha y horarios en los que tendrán lugar las combustiones; y

III Tipos y cantidades de combustible que se incinerará.

La Secretaría podrá suspender de manera temporal o definitiva el permiso a que se refiere este artículo, cuando se presente alguna contingencia ambiental en la zona.

También en México esta la norma Proyecto de Norma Ambiental para el Distrito Federal PROY-NADF-011-AMBT-2007 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de compuestos orgánicos volátiles en fuentes fijas de jurisdicción del Distrito Federal que utilizan solventes orgánicos o productos que los contienen.¹¹



CAPITULO II

ALTERNATIVAS DE MÉTODOS PARA DISMINUIR LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES.

2.1 TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE COV´s.

Actualmente las tecnologías existentes para el control de emisión de COV's son bastante amplias unas son algo complejas, otras parecidas entre si, pero todas con el propósito de disminuir estas emisiones de COV's. En este capitulo se mencionan las tecnologías existentes y las mas utilizadas actualmente:

- 2.1.1 Oxidación térmica.
- 2.1.2 Oxidación catalítica.
- 2.1.3 Adsorción.
- 2.1.4 Absorción.
- 2.1.5 Condensación.
- 2.1.6 Biodegradación o biofiltracion.
 - 2.1.6.1 Biofiltro de lecho fijo.
 - 2.1.6.2 Biofiltro de lecho escurrido.
 - 2.1.6.3 Biolavadores.
- 2.1.7 Tecnología de membrana.
- 2.1.8 Tecnología de oxidación ultravioleta.

Los equipos de oxidación térmica y catalítica, así como los condensadores y los adsorbedores son los métodos más populares de control de COV's. Los oxidadores son alternativas destructivas en donde los COV's son quemados y se reducen o destruyen de alguna manera sin poder ser recuperados, pero también pueden ser recuperativos. Los adsorbedores y condensadores son alternativas de recuperación donde los COV's pueden ser utilizados nuevamente. Para seleccionar el tipo de alternativa ya sea de destrucción o de recuperación depende o se basa normalmente en los beneficios económicos de recuperación de COV's presentes en la corriente, aunque también interviene los aspectos medioambientales.



A continuación se presenta una breve descripción de cada alternativa mencionada y sus características más importantes.¹²

2.1.1 OXIDACIÓN TÉRMICA.

La oxidación térmica es uno de los métodos de control de emisiones más frecuentemente utilizados cuando la concentración de vapores orgánicos es generalmente 50% menor al límite inferior de explosividad.

Es un proceso en el cual, una corriente que contenga una mezcla de COV's- aire se precalienta, es mezclada completamente y quemada a altas temperaturas para formar dióxido de carbono y agua.

Una unidad típica de oxidación térmica consiste de varias piezas como: un ventilador que se encarga de mover la corriente gaseosa; un filtro y un mezclador estático para homogeneizar la corriente aire-COV's; otro ventilador para que suministre aire de combustión; una unidad de combustión y uno o más quemadores; equipo de recuperación de calor y una chimenea para la liberación a la atmosfera la corriente tratada.

El sistema consiste en una cámara (recubierta en su interior por material refractario) en la que se encuentran algunos quemadores, los cuales son utilizados para calentar la corriente gaseosa hasta la temperatura necesaria para la oxidación de los compuestos, generalmente entre 700 °C y 1,000 °C. En algunos casos una porción del gas a tratar se utiliza en dichos quemadores para proporcionar el oxígeno necesario para la combustión. El combustible utilizado puede ser gas natural, propano o butano y su consumo puede ser disminuido mediante la utilización de sistemas de recuperación o generación de calor. El proceso de oxidación térmica es generalmente rápido (ocurre en menos de un segundo) aunque puede variar dependiendo de la temperatura y de las condiciones de mezclado en cámara.¹³ En la figura 2.1 se muestra un esquema de un equipo de oxidación térmica, donde se puede ver gráficamente su funcionamiento.

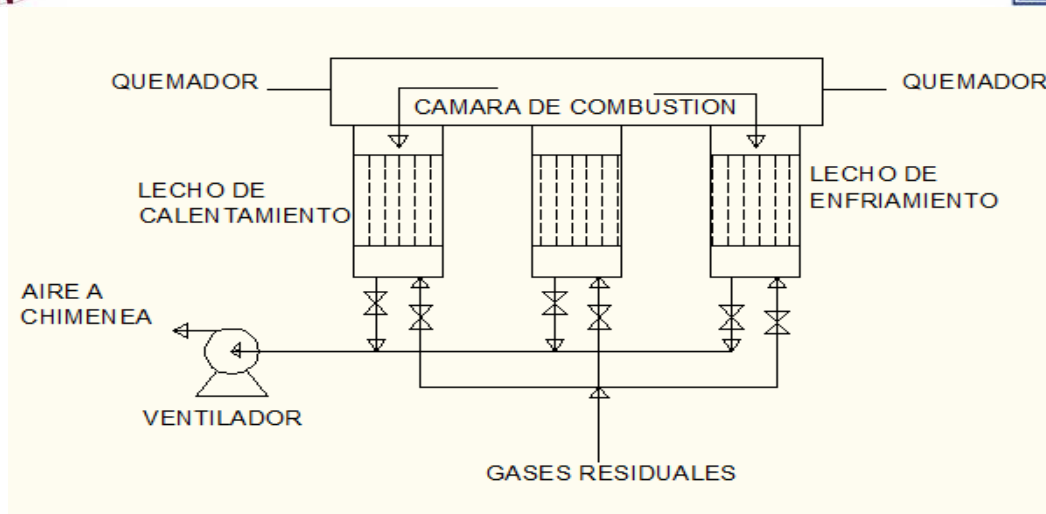


Figura 2.1 Esquema de un equipo de oxidación térmica.

Las características principales de estos equipos son:

- Mínimo consumo de combustible, ya que permite eficacias de recuperación de calor muy elevadas.
- Muy bajos costos de explotación y mantenimiento.
- Alta eficacia de depuración.
- Larga duración del equipo.
- Gran fiabilidad, por ser equipos muy probados.¹³

En la tabla 2.1 se presentan los parámetros de operación normales para este tipo de tecnologías, los cuales se tomaron de la página de la empresa BLUER, S.L. se ha especializado en instalaciones industriales dedicadas a la depuración de gases contaminados con compuestos orgánicos volátiles (COV's).

Tabla 2.1 Parámetros normales de operación para un equipo de oxidación térmica.

| PARAMETRO | VALORES NORMALES |
|----------------------|--------------------------------|
| Temperatura | 650 – 870 °C |
| Capacidad | 25 – 14000 m ³ /min |
| Concentraciones | 100 – 2000 ppmv |
| tiempo de residencia | 0.5 – 1.0 seg |
| Eficiencia | 95 – 99% |



En la técnica de oxidación térmica existen dos tipos de sistemas que son:

OXIDACIÓN TÉRMICA RECUPERATIVA: Consiste en someter los gases a una temperatura suficientemente alta durante el tiempo necesario para producir la oxidación de los contaminantes. Por tanto, para conseguir una depuración eficaz es necesario combinar temperatura (entre 750 y 1200 °C), durante un tiempo mínimo para completar la reacción de oxidación y con una turbulencia en los gases que permita una mezcla perfecta de todos sus componentes.

Estas condiciones se consiguen en el interior de una cámara de oxidación diseñada para tal fin y que está equipada con un quemador que utiliza como aire comburente el propio gas a depurar. Se consigue así disminuir al máximo la energía necesaria para el proceso de depuración.

Como la temperatura de los gases que salen de la cámara de oxidación es muy elevada, se hace necesario recuperar su energía por procedimientos como el precalentamiento del gas a depurar, la generación de vapor o el calentamiento de aceite térmico. Si la concentración de contaminantes orgánicos es elevada, estas instalaciones son convenientes porque permiten aprovechar en el proceso industrial el calor de oxidación de los contaminantes.

Estos sistemas se caracterizan por tener una eficacia muy elevada y ofrecen la posibilidad de valorización energética de los residuos gaseosos. Por el contrario, si las concentraciones de contaminantes son bajas, resulta un alto coste energético de operación.¹³

OXIDACIÓN TÉRMICA REGENERATIVA: Se caracteriza por incluir dispositivos, llamados regeneradores, que recuperan el calor de los gases depurados. Estos regeneradores son unos elementos de material cerámico que acumulan el calor de los gases que salen de la cámara de oxidación. Mediante un sistema de válvulas se establecen ciclos de funcionamiento consecutivos por los cuales los gases depurados, que están a una temperatura elevada (unos 800 °C), ceden su calor a las masas cerámicas para que los gases contaminados que entran fríos tomen de ellas este calor en el ciclo siguiente.

Con estos equipos se consigue un mínimo consumo de combustible, ya que permite eficacias de recuperación de calor muy elevadas y sus costes



de explotación y mantenimiento resultan muy bajos. Cabe destacar también la alta eficacia de depuración, la fiabilidad y duración del equipo.

La oxidación térmica está considerada como una de las mejores tecnologías disponibles (MTD) para el tratamiento de estos efluentes gaseosos y muy adecuada para la reducción de COV's en corrientes de gases con una alta concentración de hidrocarburos, ya que se obtiene una eficacia de depuración muy elevada con un consumo aceptable de energía. Por efecto de la temperatura, los COV's se combinan con el oxígeno para formar CO₂, vapor de agua y los óxidos de los elementos que forman parte de la molécula.¹³

2.1.2 OXIDACIÓN CATALÍTICA.

La oxidación catalítica es similar a la oxidación térmica, sin embargo, un catalizador dentro del sistema disminuye la energía de activación requerida para la oxidación total, por lo que ésta ocurre a temperaturas menores. Estos sistemas se utilizan cuando la concentración de los vapores orgánicos es menor del 25% de su límite inferior de explosividad, ya que con concentraciones mayores se pueden alcanzar altas temperaturas y dañar el catalizador.

Los catalizadores empleados en la incineración catalítica de COV's gaseosos son usualmente preparados a base de metales preciosos o sus sales. Ellos pueden ser soportados en portadores inertes, tales como alúmina o porcelana; pero también se presentan no soportados. Los catalizadores a base de óxidos de metales preciosos son menos frágiles y más costosos que los preparados a base de metales no preciosos, y son usados en menor cantidad por unidad de volumen de gas residual. Los óxidos de platino-paladio son los preferidos. Otros incluyen rodio, níquel, y oro. El dióxido de manganeso es el óxido de metal no precioso más común empleado como catalizador de incineración.

Los sistemas de oxidación catalítica no son efectivos para corrientes que contengan plomo, arsénico, fósforo, bismuto, antimonio, mercurio, óxidos de hierro, estaño, zinc u otro desactivador del catalizador. Estos sistemas se emplean para corrientes con bajas concentraciones de COV's, ya que a altas concentraciones de estos compuestos y su elevado contenido de calor asociado, pueden generar demasiado calor de combustión y desactivar el catalizador.¹⁴



En la tabla 2.2 se muestran las condiciones típicas de operación para los equipos de oxidación catalítica.

Tabla. 2.2 Parámetros normales de operación para un equipo de oxidación catalítica.

| PARAMETRO | VALORES NORMALES |
|---------------|-------------------------------|
| Temperatura | 250 – 500 °C |
| Capacidad | 25 – 2850 m ³ /min |
| Concentración | 100 – 2000 ppmv |

En la figura 2.2 se muestra un incinerador catalítico para la conversión de COV's en sustancias menos dañinas.¹⁵

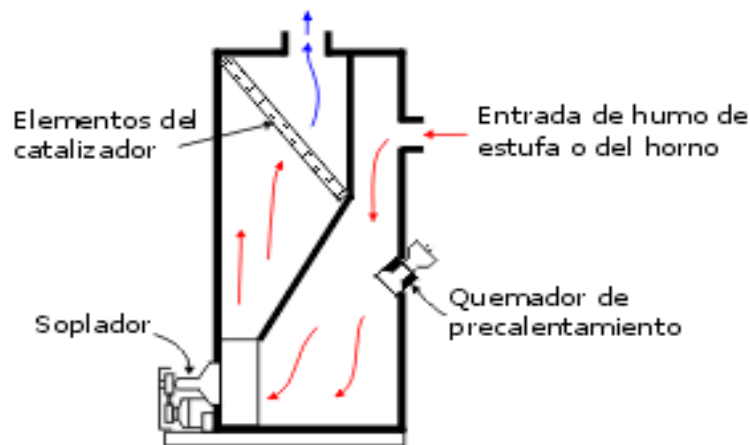


Figura 2.2 Incinerador catalítico.

2.1.3 ADSORCIÓN.

La adsorción se refiere a procesos donde las moléculas de los COV's son removidas de la corriente gaseosa al transferirse a la superficie sólida del adsorbente. Existen dos tipos de procesos de adsorción: adsorción química y adsorción física. La adsorción química no es utilizada en sistemas de control de contaminantes gaseosos por la dificultad que implica su regeneración. En la adsorción física, la molécula del contaminante es ligeramente retenida en la superficie del adsorbente por débiles fuerzas



electrostáticas, de manera que el material puede ser fácilmente regenerado.

El carbón activado es el adsorbente más común y más utilizado para el tratamiento COV's. Otros adsorbentes incluyen sílica gel, alumina y zeolita.

El carbón puede ser derivado de la madera, el carbón mineral y otras materias primas carbonáceas como pueden ser las cascavas de coco, y se pueden encontrar como activado granular, activado en polvo y fibra. El que actualmente es el más común es el adsorbente en gránulos ya que presentan una gran área de contacto disponible y los COV's adsorbidos pueden recuperarse fácilmente.¹⁵

Se hace pasar los gases con contenido de COV's por la parte inferior de una columna rellena de carbón activo. Los gases circulan por el interior de la columna, en contacto con el carbón activo que actúa de filtro donde se quedan adsorbidos los COV's, finalmente el gas limpio se expulsan al exterior por un conducto situado en la parte superior de la columna. Como se puede ver en la figura 2.3 donde se representa un sistema de adsorción en dos camas con desorción a partir de vapor.

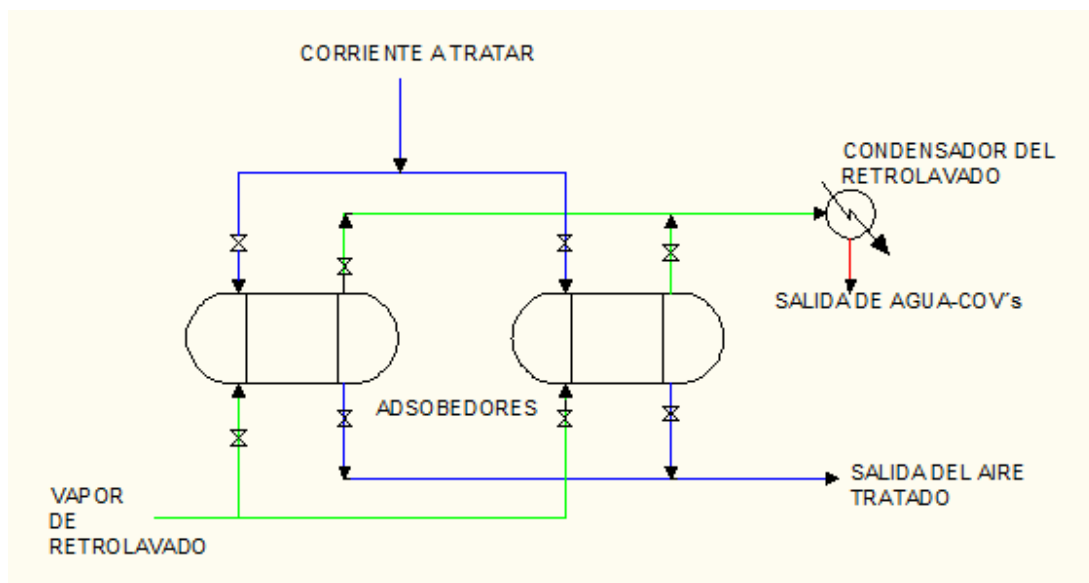


Figura 2.3 Sistema de adsorción en dos camas con desorción a partir de vapor.
Fuente: Ref (28), Mukhopadhyay, N., pag 17.



En la corriente de salida se puede instalar un detector de COVs para asegurar el buen funcionamiento de la columna y ver cuando es necesaria una regeneración del carbón activo.

La zeolita es un material que se está desarrollando como una alternativa para sustituir al carbón activado. Las zeolitas son silicatos hidratados que se forman de manera natural en roca volcánica y también pueden ser producidas sintéticamente. Las zeolitas son más efectivas que el carbón para tratar corrientes de baja concentración y flujo elevado, debido a su mayor capacidad adsorbente.¹⁶

2.1.4 ABSORCIÓN.

Los procesos de absorción son métodos de transferencia de masa desde la corriente de aire que contiene la carga de COV's hasta un líquido absorbente, impulsados por un gradiente de concentración. Las soluciones absorbentes incluyen agua, sosa cáustica, aminas y algunos hidrocarburos. El absorbente empleado dependerá de las características de solubilidad del COV a remover. Todos los sistemas de absorción buscan mejorar la transferencia de masa, forzando el contacto de la fase líquida con la fase gaseosa, ya sea en paralelo o a contra corriente. Estos sistemas están diseñados para operar en un amplio rango de eficiencias de remoción entre 70 y 99 %. El factor más importante que afecta la eficiencia de remoción es la solubilidad del contaminante en el líquido, seguido por la temperatura y el pH. Algunos sistemas que operan bajo este principio incluyen configuraciones tales como las torres de aspersion, torres empacadas o lavadores húmedos.

Las torres empacadas están rellenas con materiales plásticos o cerámicos en cuya superficie ocurre la absorción. El líquido absorbente se introduce por la parte superior del equipo, de donde fluye hacia el fondo para formar una película delgada sobre el material del empaque. Mientras que la corriente aire – COV's se introduce por el fondo del sistema y fluye a la parte superior para entrar en contacto con el empaque en donde los COV's son absorbidos por la película del líquido.

En las cámaras de rocío la corriente aire – COV's se pone en contacto con gotas muy pequeñas del líquido adsorbente, las que maximizan el área de contacto para que ocurra la absorción. Las gotitas son generadas mediante aspersores que están colocados en la parte superior del equipo, pero un inconveniente de este equipo es que no es adecuado para la mayoría de los COV's.



Los lavadores Venturi usan un flujo líquido para remover partículas sólidas. En el lavador Venturi, el gas cargado con material particulado pasa por un tubo corto con extremos anchos y una sección estrecha. Esta constricción hace que el flujo de gas se acelere cuando aumenta la Presión. El flujo de gas recibe un rocío de agua antes o durante la constricción en el tubo. La diferencia de velocidad y presión que resulta de la constricción hace que las partículas y el agua se mezclen y combinen. La reducción de la velocidad en la sección expandida del cuello permite que las gotas de agua con partículas caigan del flujo de gas. Los lavadores Venturi pueden alcanzar 99% de eficiencia en la remoción de partículas pequeñas. Sin embargo, una desventaja de este dispositivo es la producción de aguas residuales.¹⁷

El mecanismo por el que un contaminante es eliminado del gas por medio de un absorbedor consta de tres etapas: 1) difusión de las moléculas de los contaminantes a través del gas hasta la superficie del líquido absorbente, 2) difusión en el líquido existente en la superficie de separación de las dos fases, y 3) difusión del contaminante disuelto desde la superficie de separación hasta la masa del líquido. A continuación se muestra en la figura 2.4 un diagrama de una torre de absorción.

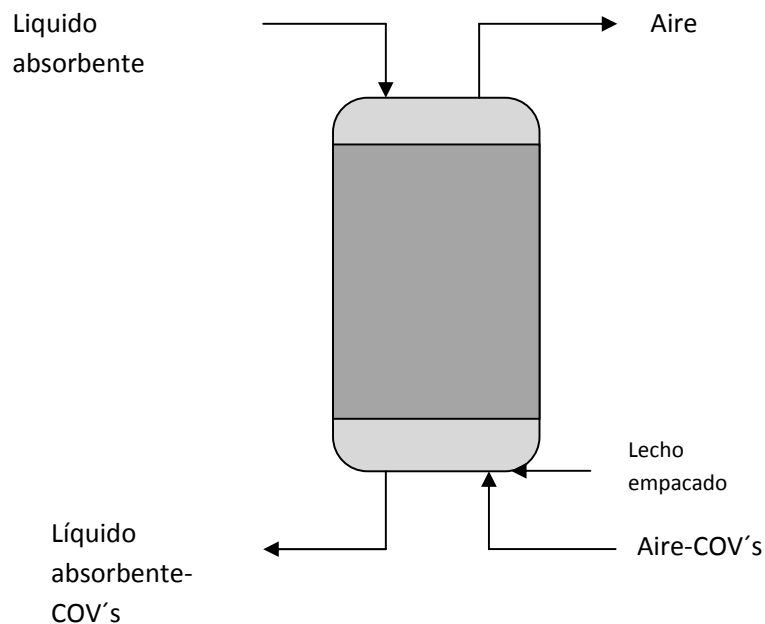


Figura 2.4 Diagrama de una torre de absorción.



2.1.5 CONDENSACIÓN.

Los condensadores remueven contaminantes gaseosos mediante la reducción de la temperatura del gas hasta un punto en el que el gas se condensa y se puede recolectar en estado líquido. Un ejemplo sencillo del proceso de condensación son las gotas de agua que se forman en la parte exterior de un vaso con agua fría. La temperatura fría del vaso hace que el vapor de agua del aire circundante pase al estado líquido en la superficie del vaso. La condensación se puede lograr mediante un incremento de la presión o la extracción de calor de un sistema. La extracción de calor es la técnica que más se emplea.

Existen dos tipos de condensadores como:

Los condensadores de superficie son intercambiadores de calor de tubos y coraza por donde el flujo enfriador circula por dentro de los tubos para que se condensen los COV's que están presentes en la corriente gaseosa que fluye por fuera de los tubos como se muestra en la figura 2.5.

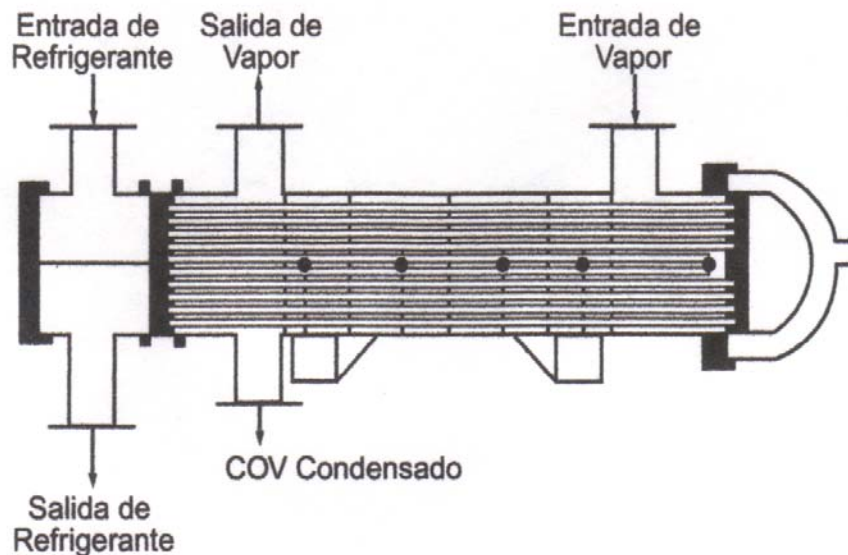


Figura. 2.5 Condensador de superficie para condensar COV's.



Los condensadores de contacto son los que operan rociando un líquido enfriador directamente a la corriente gaseosa a fin de enfriar y condensar los COV's.¹⁸

2.1.6 BIOFILTRACIÓN.

Se puede definir a la biofiltración como el proceso biológico utilizado para controlar o tratar COV's presentes en fases gaseosas. En este proceso de biofiltración los responsables de la degradación de los contaminantes volátiles contenidos en una corriente gaseosa son los microorganismos.

La biofiltración es sin duda alguna la tecnología de tratamiento biológico de gas más utilizada. Está caracterizada por el uso de un soporte orgánico (aserrín, turba, composta, etc.) que provee los nutrientes necesarios para el crecimiento de los microorganismos, transformando el soporte orgánico en un filtro biológicamente activo. Al pasar el aire contaminado a través del lecho, los microorganismos presentes en la superficie del soporte degradan los contaminantes.¹⁹

Los equipos que pueden ser empleados para la purificación biológica de gases se subdividen en tres tipos:

- Biofiltro de lecho fijo (BLF).
- Biofiltro de lecho escurrido (BLE).
- Biolavadores.

2.1.6.1 BIOFILTRO DE LECHO FIJO.

El filtro de lecho fijo consta de un lecho empacado por un material filtrante que puede ser sintético u orgánico, que sirve como soporte para los microorganismos y fuente de nutrientes para el crecimiento microbiano. Algunos materiales filtrantes utilizados en este tipo de filtros son rocas porosas, tierra de diatomeas, perlita, tierra, trozos de maderas, diferentes tipos de compostas, residuos orgánicos tales como cáscaras de cacahuate, de arroz o de coco, fibra de caña de azúcar, entre otros.

El principio de los biofiltros de lecho fijo consiste en hacer pasar la corriente gaseosa saturada de humedad que contiene al contaminante a través del lecho en donde los contaminantes son degradados por los microorganismos. En la figura 2.6 se muestra un esquema de un biofiltro de lecho fijo. Una característica importante de los biofiltros de lecho fijo es la ausencia de la fase acuosa móvil que los hace convenientes para tratar contaminantes muy poco solubles en agua. Es importante mencionar que la huella física de los biofiltros de lecho fijo es mayor con respecto a los otros tipos de biofiltros.

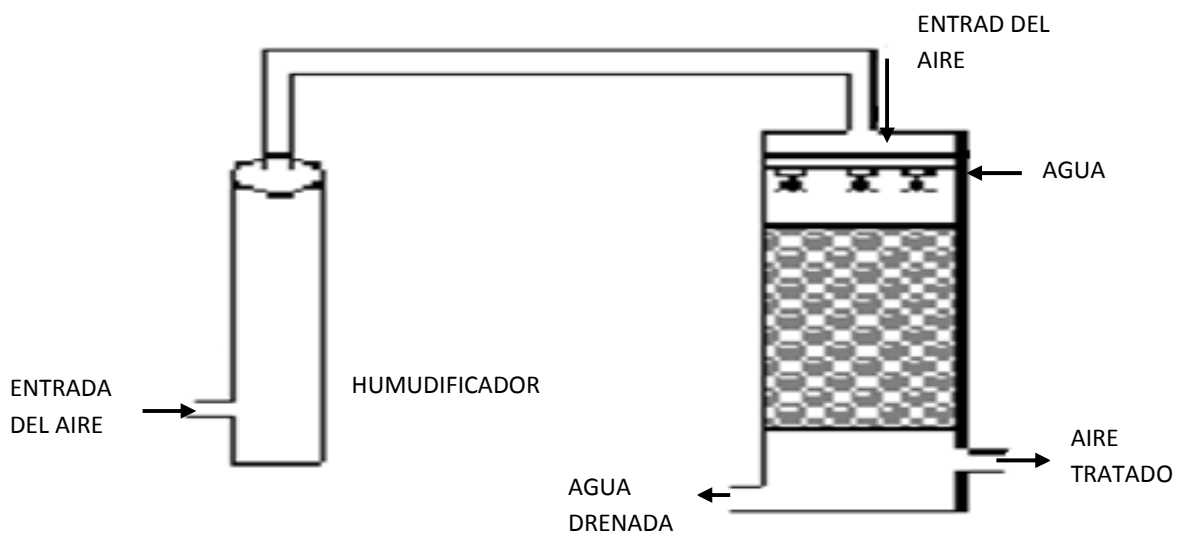


Figura 2.6 Filtro de lecho fijo (BLF)

2.1.6.2 BIOFILTRO DE KECHO ESCURRIDO

El biofiltro de lecho escurrido consiste de una columna empacada con un soporte inerte (usualmente de material cerámico o plástico) donde se desarrolla la biopelícula. A través del lecho se alimenta una corriente gaseosa que contiene al sustrato por biodegradar y una corriente líquida que es comúnmente reciclada a través del lecho y que tiene la función de aportar nutrientes esenciales a la biopelícula, así como de remover los productos de degradación de los microorganismos. Estos sistemas se recomiendan para compuestos solubles en agua. El diagrama de operación de este sistema se muestra en la figura 2.7. Los biofiltros de lecho escurrido tienen similares ventajas que los biolavadores, ya que la



recirculación del líquido facilita la eliminación de los productos de reacción así como un mayor control sobre el proceso biológico a través del control del pH y la composición del medio líquido. La operación de absorción y biodegradación del contaminante en los biofiltros de lecho escurrido se lleva a cabo en un solo reactor, lo cual los pone en ventaja sobre los biolavadores respecto a la huella física y la operación del mismo. Se ha reportado que en ambos sistemas el principal problema de operación es la solubilización del gas en la fase acuosa, aunque es menos crítico en los biofiltros de lecho escurrido.²⁰

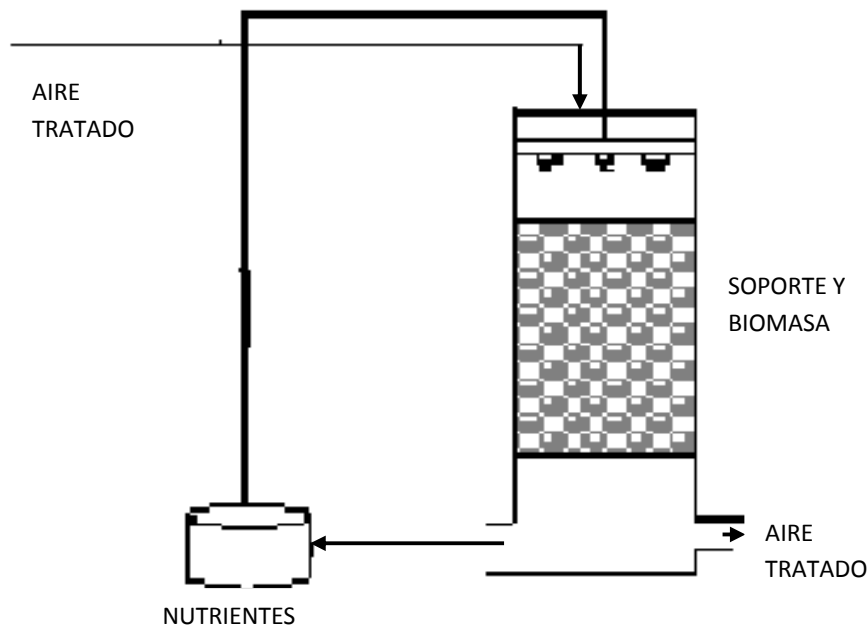


Figura 2.7 Biofiltro de lecho escurrido (BLE)

2.1.6.3 BIOLAVADOR

A diferencia de los biofiltros, en los biolavadores el compuesto a degradar primero es absorbido en la fase líquida localizada en una torre de absorción llena de líquido. La operación consiste en hacer fluir el gas a contracorriente a través del líquido, donde los contaminantes y el O_2 son absorbidos. Posteriormente el líquido es alimentado a un reactor empacado de un material inerte cubierto de la película biológica encargada de degradar al contaminante. Los biolavadores son los sistemas más



adecuados para el tratamiento de compuestos muy solubles en agua. Las principales ventajas de los biolavadores son:

- a) La recirculación del líquido que favorece la no acumulación de productos que pudieran tener efectos nocivos para los microorganismos.
- b) La facilidad de control del proceso biológico a través de la composición del medio líquido.

Sin embargo, el requerimiento de dos equipos, uno para la absorción y otro para la biodegradación del contaminante, los hace poco convenientes con respecto a los biofiltros de lecho escurrido.²¹

2.8 TECNOLOGÍA DE MEMBRANA.

En esta tecnología se usa una membrana semipermeable para separar los COV's presentes en una corriente gaseosa de desecho. Las membranas se han usado por años para tratar agua potable, su uso como tecnología para controlar COV's en las corrientes gaseosas han ocurrido recientemente. Esta tecnología ha probado ser efectiva para la recuperación de algunos COV's que son difíciles de recuperar por métodos tradicionales.

Las membranas que se utilizan son semipermeables y están hechas de polímeros sintéticos que envuelven a un tubo central perforado colector; mallas espaciadoras rodean a la membrana para proveer soporte y permitir el flujo de aire por la membrana hacia el tubo colector. La fuerza impulsora para el flujo de aire es la caída de presión a través de la membrana.²² Esta membrana es permeable a los COV's pero no al aire, por tanto los COV's cruzan la membrana pero el aire purificado se manda a la atmosfera. Su funcionamiento esquemático se puede mostrar en la figura 2.8.

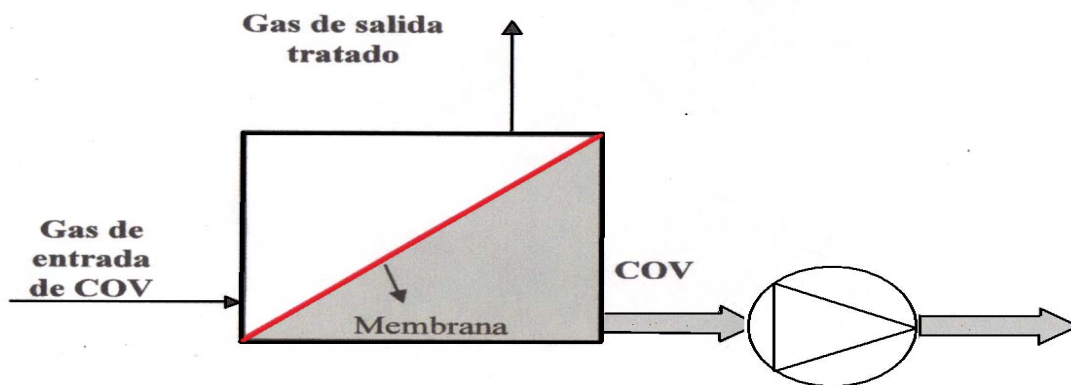


Figura 2.8 Tecnología de membrana.

2.9 OXIDACIÓN ULTRAVIOLETA.

Esta tecnología que es de oxidación ultravioleta se usan oxidantes basados en oxígeno como el ozono, peróxidos y radicales O^{\cdot} para convertir los COV's en dióxido de carbono y agua, en presencia de luz ultravioleta (UV). Esta tecnología hace la simulación de la química atmosférica que produce y subsecuentemente reduce la formación del smog.

En la tecnología de oxidación ultravioleta se recolecta el gas de desecho que es el que transporta los COV's en un cabezal; posteriormente pasa por un filtro el cual está diseñado para la remoción de partículas. La corriente gaseosa es enviada a un reactor donde la luz ultravioleta reacciona con uno o varios de los oxidantes mencionados para convertir los COV's a dióxido de carbono y agua. La frecuencia de la luz ultravioleta debe seleccionarse cuidadosamente para alcanzar la máxima remoción basada en las propiedades de los COV's presentes en la corriente gaseosa.

Es común que la corriente que abandona el reactor de ultravioleta se alimente a otro dispositivo de control para COV's como un absorbedor o un absorbedor de carbón, con la finalidad de que se efectúe una remoción adicional de COV's. Después de estas múltiples etapas de aire purificado se libera a la atmósfera.²³



CAPITULO III.

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA DISMINUIR LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURAS AUTOMOTRICES.

3.1 CABINAS DE PINTADO AUTOMOTRIZ.

La cabina automotriz es un componente fundamental en el taller de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para un repintado de calidad. Pero no solo aporta beneficios para un acabado perfecto si no que desde el punto de vista medio ambiental, ya que retienen la mayoría de las partículas de pintura y de COV's, también desde el punto de vista para prevenir riesgos laborales, para que el pintor trabaje en condiciones controladas.

FUNCIONAMIENTO.

El aire captado del exterior, se hace pasar por un filtro para eliminar las principales impurezas, después puede ser calentado mediante una caldera que eleva su temperatura hasta el punto óptimo de aplicación que es de unos 20 – 22°C. Antes de entrar a al cabina se hace pasar por unos filtros que eliminan las partículas. Las salidas de este aire se realizan por el suelo enrejillado, filtrando el aire mediante los denominados “paint - stop”, los filtros que se encuentran debajo de las rejillas y que retienen los restos de la pintura en suspensión. Estos filtros deberán ser renovados después de un periodo de horas de operación de la cabina, ya que se van cargando y esto dificulta la circulación del aire en la cabina y crea sobrepresión que perjudica el pintado.

Los filtros “paint – stop” sólo retienen la pintura sólida, de manera que los los COV's serían expulsados a la atmosfera. Para poder retener estos contaminantes, las cabinas pueden contar con un sistema de filtración de vapores orgánicos, se trata de un filtro de carbón activado que también debe ser renovado cada cierto tiempo para que este sea eficaz.

El aire dentro de la cabina circula de arriba hacia abajo, creando un flujo vertical y descendente que garantiza la adecuada renovación de aire del interior de la cabina. El caudal de aire en la aplicación de pintura para una cabina típica es de unos 20000 m³/h aproximadamente, y con una



velocidad media de aire de unos .4 m/s en el diseño de la cabina asegura que en esta circulación de aire no se produzcan turbulencias para garantizar que los restos de pintura se dirijan a la zona de enrejillado del suelo.

El volumen del aire introducido es mayor al aire extraído, de manera que se crea una ligera sobrepresión en la cabina lo que trae como consecuencia una corriente de salida de aire de la cabina al exterior de esta.

La introducción y extracción de aire se puede realizar mediante un moto-ventilador o en todo caso dos moto-ventiladores y esto va a depender de las dimensiones de la cabina. En el caso de que se tuvieran dos moto-ventiladores, uno de ellos es el encargado de la aspersion del aire y el otro se encarga de la impulsión.²⁴

TIPOS DE CABINAS.

TIPO 1. SOBRE PISO.

El piso se encuentra levantado por rejillas especiales resistentes al peso del vehículo con áreas de filtros especiales para la pintura. El sobrepiso metálico es de un alto de 300mm con rampas exteriores.

TIPO 2. RAMPA NEUMATICA INTERIOR.

Es parecida a la de sobre piso, pero la rampa se encuentra en el interior de la cabina y se acciona neumáticamente.

TIPO 3.SOBRE PISO EMPOTRADA.

Toda la cabina se empotra en una fosa con un perímetro igual a la cabina y que tiene una profundidad de 30 cm. El vehículo entra directamente a la cabina y no requiere rampa. Esta es la composición ideal para talleres en construcción cuando aún no se ha echado el piso.



TIPO 4. CABINA RAS DE PISO.

Cabina sin piso. El piso es fabricado por el cliente en cerámica, pintado etc. La cabina se entrega con doble área de rejillas para el pasaje del aire y soportes para los filtros de extracción. El cliente debe fabricar una fosa de acuerdo a planos entregados por el fabricante. Es el modelo más económico al cual hay que agregar el costo de la fosa.

TIPO 5. CABINA SOBRE PISO EXISTENTE.

La extracción está en la pared posterior no requiere rampa ni obras civiles el flujo de aire es tipo positivo de circulación transversal. No requiere de rampa (modelo C750.)²⁴

En la figura 3.1 se muestran los diferentes tipos de cabinas.

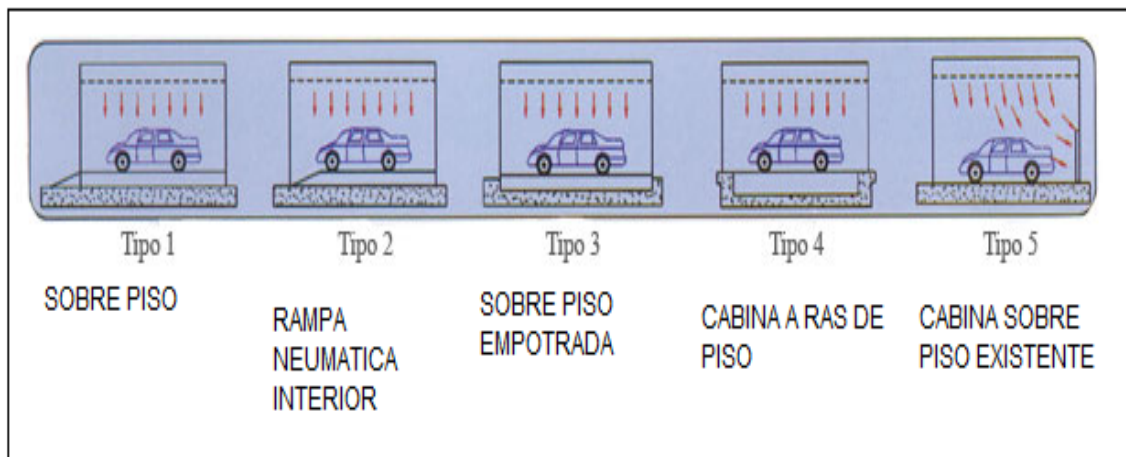


Figura 3.1 Tipos de cabinas



ELEMENTOS BASICOS DE UNA CABINA.

- ILUMINACIÓN.

Cada lámpara cuenta con cuatro tubos de 36 vatios cada uno, inclinados en el techo o ubicados en los paneles de la pared. Emite gran iluminación dentro de la cabina. En la figura 3.2 se muestra como es que quedan las lámparas ya instaladas en la cabina.²⁴



Figura 3.2 Lámpara en una cabina.

- FILTROS.

Las cabinas cuentan con cuatro (4) tipos de filtros que proporcionan un ambiente limpio dentro de ella. Estos filtros son fabricados por la empresa "Filtrair" de Holanda principalmente. Todos estos filtros cumplen con normas de protección ambiental dejando salir al exterior solamente los solventes gaseosos de la pintura. En casos extremos de protección ambiental consultar la posibilidad de filtros de carbón activado para evitar la presencia de olor en la zona cercana a la cabina y adsorber a los COV's.

La unidad de prefiltro situado externamente inyecta el aire hacia la parte superior de la cabina. Este filtro del tipo 200 permite filtrar las partículas sólidas gruesas existentes en el ambiente. Este filtro con una duración de 300 hrs se puede soplar y protege el filtro principal.²⁴



A nivel del plenum están los filtros principales del tipo CC600G con alta capacidad de filtrado reteniendo partículas de hasta 5 micrones. Es el filtro principal de la cabina y se debe cambiar cada 800 horas de uso.

Finalmente a nivel del piso y antes de la extracción están situados los filtros tipo fibra de vidrio. Estos filtros tienen como misión retener las partículas sólidas del fogueo de la pintura. Estos filtros no son lavables y se cambian en función de los litros de pintura que usa el taller. En la figura 3.3 se puede ver un típico filtro que se usa en cabinas.



Figura 3.3 Filtros.

- MODELOS DE EXTRACCIÓN DISPONIBLES.

Modelo I: Ventilador centrífugo de alta eficiencia transmisión del(los) motor(es) al ventilador por medio de correas en “V”. Se puede ver en la figura 3.4 un ejemplo de un ventilador centrífugo de lata transmisión.

Modelo II: Moto-ventilador que se encuentra inclinado montado sobre el eje impulsor del motor directamente, esto proporciona una mayor eficacia, ahorros de la energía y baja contaminación sonora. En la figura 3.5 se puede ver un moto-ventilador.²⁴



Figura 3.4 Ventilador centrífugo de alta eficiencia.



Figura 3.5 Moto- ventilador.

- SISTEMA DE CALEFACCIÓN.

El equipo que permite el intercambio de calor está fabricado en acero inoxidable. El quemador puede funcionar con Gasoil o Gas (Natural o Bombona). El 85 al 90% del aire de la cabina es reciclado gracias al sistema neumático que se encarga de dicho proceso. Las temperaturas son preestablecidas según el trabajo a realizar.

Estas temperaturas son controladas por un "Controlador Electrónico Variable", el cual ofrece en forma digital la configuración de la temperatura deseada.²⁴



La marca del quemador es Riello de Italia y la capacidad es de 220.000 Kcal/h. En la figura 3.6 se pueden ver los tipos de quemadores a utilizar.

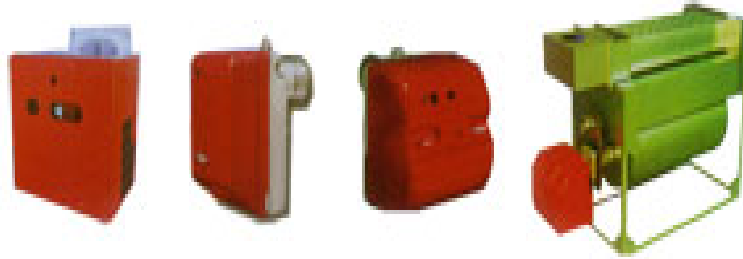


Figura 3.6 Tipos de quemadores.

• PANEL DE CONTROL.

Entre sus principales características podemos mencionar las siguientes:

- 1.- Lector de temperatura digital.
- 2.- Permite ajustar la temperatura del horno.
- 3.- Medidor inteligente de la presión de la temperatura interna con apagado automático o manual.
- 4.- Alarma sonora de temperatura.
- 5.- Indicadores de luces.
- 6.- Switch de parada de emergencia.
- 7.- Indicadores lumínicos.

En la figura 3.7 se presenta un panel de control usado en las cabinas.²⁴



Figura 3.7 Panel de control.

En la figura 3.8 se puede ver esquemáticamente los componentes ya juntos de la cabina de pintado automotriz.

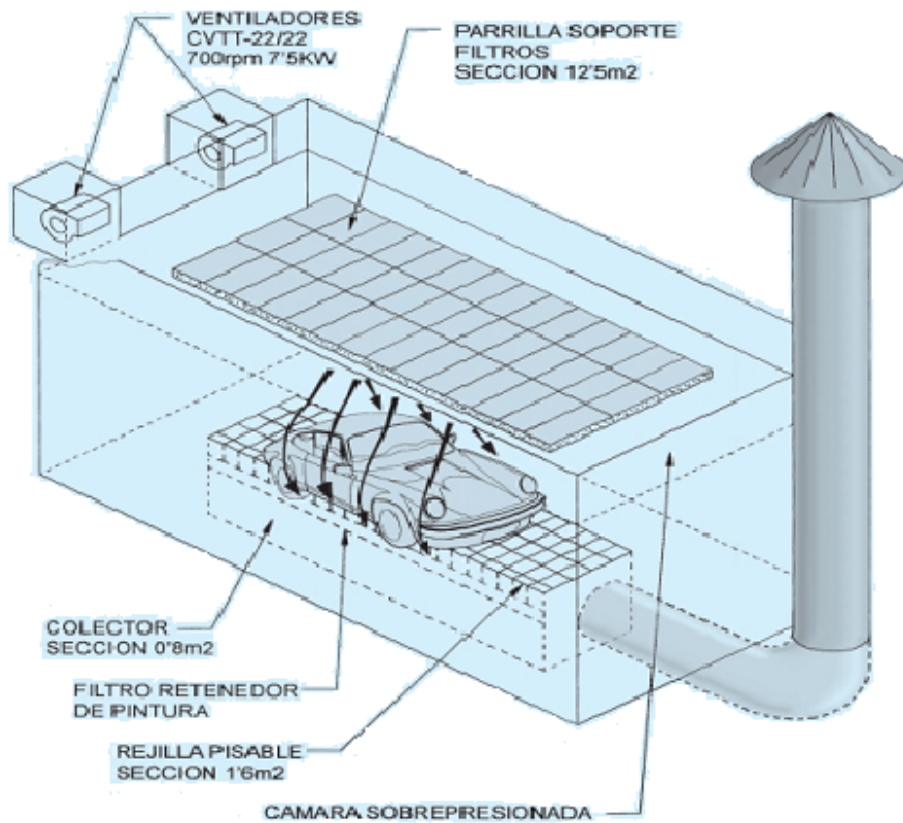


Figura 3.8 Partes de una cabina de pintura automotriz

En la tabla 3.1 se da una referencia de los rangos posibles que puede tener una cabina en general así como las unidades que se utilizarían.



Tabla 3.1 Características generales de una cabina.

| DISPOSITIVO | PARAMETROS Y VARIABLES | UNIDADES |
|--------------------------------|---|--------------------|
| Cabina(dimensiones) | Largo: 6 a 7.5 Ancho: 4 Altura: 2.5 | Metros |
| Extractor | De 5.5 a 9.2 | KW |
| Iluminación | De 1.25 a 1.49 | W |
| Horno | De 15000 a 18000 de potencia | Kcal/h |
| Capacidad de aire | De 18000 a 27000 de velocidad | m ³ /h |
| Temperatura | De 20 a 25 | °C |
| Temperatura de secado | De 60 a 80 | °C |
| Superficie filtrante del techo | De 20 a 25 | m ² |
| Presión interna | 60 | mmH ₂ O |

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO.

1. Desde el punto de vista constructivo, tiene una gran importancia el espacio y el diseño, del faso y de la salida de gases al exterior para asegurar la ausencia de turbulencias y de sobrepresiones. Por lo que la cabina debe ser modular pero solida.



2. En el momento de fabricar la cabina es fundamental el empleo de materiales aislantes térmicos y acústicos en los paneles que conforman el perímetro de recinto de pintura y en los paneles que conforman el grupo impulsor. Las cabinas deben de tener un acabado que garantice inalteradas las características de funcionamiento a lo largo de su vida (10/ 15 años) o 15/ 20000 horas de trabajo.
3. El nivel de iluminación debe ser uniforme y nunca inferior a 800 “lux” (lumen/m²) a la altura del piso.
4. La velocidad de aire en el interior de la cabina es una característica fundamental y debe ser suficiente para garantizar una correcta evacuación de gases. La ventilación de la cabina debe garantizar una sobre - presión constante y uniforme en el interior del habitáculo, y se debe ajustar al tiempo de pintura que se use. Tampoco hay que olvidar el caudal de aire debe estar de acuerdo al espacio.
5. El techo filtrante debe ser suficientemente amplio para garantizar la ausencia de corrientes contrarias al flujo vertical existente, cuya presencia determinaría la creación de remolinos, que terminarían afectando al acabado final.
6. La cabina debe de constar con un sistema de calefacción y de regulación que garantice una temperatura constante y uniforme en toda la superficie y todas las alturas con una diferencia máxima de 5°C.
7. Un buen control del nivel de saturación de los filtros del techo también es clave en una cabina.
8. Debe de contar con una buena superficie para pintura de expulsión, bien colocados en la zona de paso de aire que garanticen una retención no inferior al 85% / 90% de partículas de pintura que no se depositen.²⁵



3.2 APLICACIÓN DE BIOFILTROS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COV'S DURANTE LA APLICACION DE PINTURAS AUTOMOTRICES.

La biofiltración es una tecnología que se utiliza para el control de varios tipos de contaminantes como son los COV's y eliminación de malos olores, en este tratamiento se emplean microorganismos los cuales llevan acabo la degradación y absorción de las sustancias contaminantes y de los malos olores de las fuentes emisoras en una sola etapa. Prácticamente todas las sustancias son biodegradables, pero a la hora de elegir un tratamiento biológico, lo importante es estudiar si la velocidad de degradación de las sustancias contaminantes emitidas es lo suficientemente elevada como para que el proceso resulte verdaderamente eficiente.²⁶

PROCESO DE BIOFILTRACIÓN.

Los microorganismos han habitado la tierra desde el momento en que la Tierra se enfrió lo suficiente para permitir la existencia de cualquier forma de vida. Los microorganismos tienen un ciclo de vida: nacen, crecen, se reproducen y mueren. Su principal dieta se basa en compuestos que contienen carbón, agua y oxígeno para realizar reacciones aerobias.

La implementación y uso a escala industrial de la biofiltración está creciendo en forma exponencial. Comparado con las tecnologías físico-químicas, donde los componentes son algunas veces simplemente transferidos de una fase a otra, los tratamientos biológicos presentan la ventaja de degradar completamente los contaminantes a productos inocuos o menos contaminantes a una temperatura y presión normales, por lo que representa una tecnología eficiente cuando se compara con los tratamientos tradicionales, ya sean físicos y químicos.

El interés particular del uso de biofiltros es que no utilizan otro tipo de energía más que la capacidad de los microorganismos para metabolizar un variado rango de COV's.

Los catalizadores son especies microbianas heterotróficas (bacterias, hongos, levaduras) que son capaces de utilizar los COV's de dos formas:

- a) Utilizar los contaminantes como fuente de energía, estos se oxidan en el curso de la ruta catabólica (cadena respiratoria) generando ATP.



b) Los contaminantes son utilizados como fuente de carbono durante el proceso anabólico dando lugar al crecimiento celular.

Los microorganismos mas utilizados para el control de corrientes gaseosas pueden ser bacterias y hongos. Entre los microorganismos mas frecuentes podemos encontrar:

| BACTERIAS | HONGOS |
|--------------------------------|--------------------------|
| Actinomicetes | Actinomicetes |
| Micrococcus cephalosporium sp. | Penicillium sp. |
| Micromonospora vulgaris | Circinella |
| Bacillus cereus | Cephalotecium sp. |
| Streptomicetes sp. | Ovularia sp. |
| Pseudomonas putida | Stemphilium sp. |
| Pseudomonas fluorescens | Scedosporium apiospermun |

Fuente: García-Peña *et al.* 2001, Groenestijin y Hesselink 1993.

En la Figura 3.9 se puede mostrar esquemáticamente la eliminación de COV's mediante la oxidación biológica que se lleva acabo en el biofiltro.

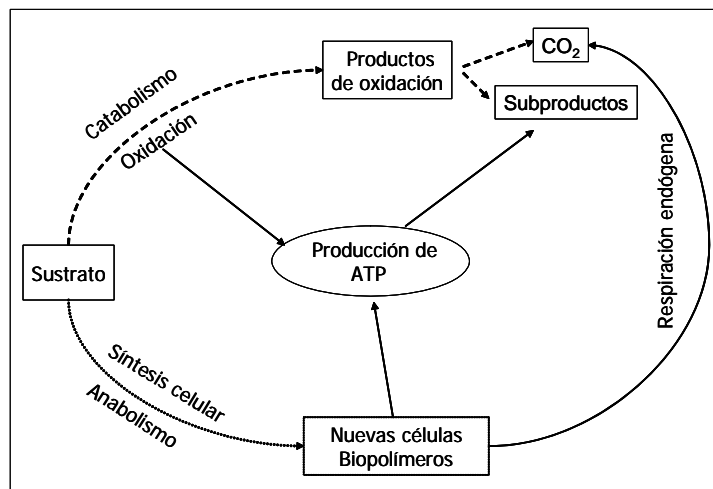
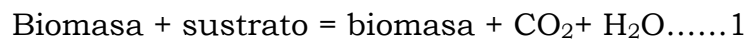


Figura 3.9. Utilización de sustratos en un proceso microbiano y flujo de carbono.



En los procesos biológicos para el control de aire contaminado no es posible considerar la esterilización del gas por motivos económicos. Por lo tanto, las poblaciones dentro de los equipos deben ser capaces de oxidar los contaminantes en condiciones altamente competitivas de no esterilidad.

La reacción bioquímica que describe el proceso de biofiltración se presenta a continuación, en donde el contaminante presente en fase gas sería el sustrato.



De los tipos de biofiltros que se mencionaron en el capítulo dos los que son más utilizados para corrientes gaseosas es el de lecho fijo y biolavador, estos son ideales para las corrientes emitidas durante la aplicación de las pinturas automotrices y sean enviadas al biofiltro.²⁷

COMPONENTES ELEMENTALES DE UN BIOFILTRO.

Los biofiltros constan de:

- Extractor.

El cual es utilizado para extraer el aire contaminado por COV's y las partículas de la pintura instalado en el cuarto de pintado.

- Filtros.

Se necesitan dos filtros, uno para retener las partículas de pintura resultantes del pintado y para que estas no lleguen al lecho empacado, ya que las partículas no son compatibles con los microorganismos a utilizar para la degradación de los COV's, mientras que el otro filtro de carbón activado para la adsorción temporal de los COV's y que posteriormente estos pasen al biofiltro.



➤ Un lecho empacado

Que se conoce como material filtrante y puede ser sintético u orgánico esto es en el caso de un biofiltro de lecho fijo, y sirve como soporte de los microorganismos para que degraden los contaminantes; los de tipo orgánicos sirven para el crecimiento microbiano, algunos ejemplos de materiales orgánicos podrían ser rocas porosas, tierra de diatomeas, perlita, tierra, trozos de maderas, diferentes tipos de compostas, residuos orgánicos tales como cáscaras de cacahuete, de arroz o de coco, fibra de caña de azúcar, entre otros. En cuanto para el biolavador el empaque es de un material inerte cubierto de película biológica que es la encargada de degradar al contaminante introducido al biolavador.

El material filtrante debe tener una buena capacidad de retención de agua, ya que los microorganismos requieren de una importante cantidad de este para crecer. El rango óptimo de humedad del material filtrante en sistemas de biofiltración se considera entre 40 y 60%.

➤ Aire contaminado.

En el biofiltro de lecho fijo es necesario que antes de que pase el aire por el biofiltro es necesario humedecerlo. Mientras que en el biolavador se necesita pasar aire en contra corriente a través de un líquido.

➤ Lecho.

Las profundidades del lecho de biofiltro oscilan de 1 a 1.5 metros. Con lechos más someros, hay fugas de gases, y lechos más profundos, son más difíciles de mantener uniformemente húmedos. El biofiltro ha mostrado ser efectivo en tratar olores asociados con el compostaje, incluyendo el amoníaco y una gama de compuestos orgánicos volátiles (sulfhídrico y aminas).

Son básicamente los componentes de un biofiltro ya sea lecho fluidizado o biolavador.²⁸



FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE UN BIOFILTRO: VARIABLES Y LIMITACIONES.

Dado que los biofiltros utilizan cultivos vivos, se ven afectados por muchas variables en su medio ambiente. A continuación se indican las variables y limitaciones que afectan el rendimiento de los biofiltros independientemente del tipo de proceso.³

➤ Temperatura.

Todas las variables son importantes. Sin embargo la variable más importante que afecta las operaciones de un biofiltro probablemente es la temperatura. Un chorro de aire caliente puede matar totalmente a la biomasa con mayor rapidez que otro accidente. La mayoría de los microorganismos pueden sobrevivir en un rango de temperaturas de 30 a 41 °C. Es importante monitorear la temperatura del lecho por lo menos una vez al día, pero cada ocho horas sería mas seguro. Una alarma de temperatura a la entrada de las emisiones es una buena precaución de seguridad.

Cuando las emisiones provenientes del proceso son demasiado calientes, por lo regular los operadores hacen pasar las emisiones por un humidificador, que enfría los gases por medio del enfriamiento evaporativo. Este es el método mas adecuado para enfriar las corrientes calientes.

Si bien el aire caliente es una variable letal para los microorganismos, el aire frio no los mata, pero interrumpe el crecimiento de los microorganismos. El aire frio puede reducir la actividad de los microorganismos al punto de que dejan de consumir los contaminantes. Incluso el congelamiento no mata a los microorganismos. Después de descongelarse pueden reaclimatarse en un periodo breve. Para lograr eficiencia óptima durante los meses de frio podría resultar necesario calentar la corriente por medios directos o indirectos.³

➤ Humedad.

La segunda variable más crítica es la humedad del lecho. Los microorganismos necesitan humedad para sobrevivir ya que esta crea una película que elimina (absorbe) contaminantes de una corriente de aire, de modo que pueden ser asimilados por los microorganismos. Los problemas



de baja humedad pueden corregirse al hacer pasar las emisiones a través de un humidificador. Al tener emisiones próximas a la saturación (100% de humedad relativa) resolverán la mayoría de los problemas de lecho seco. No es necesario que los humidificadores sean elegantes recipientes de proceso de acero inoxidable, comprado en una tienda. Puede construirse de un tanque viejo sobrante reforzado con fibra o bien se puede construir de paneles de fibra de vidrio con una estructura de madera.

Los biofiltros por lo regular operan húmedos, sin agua corriente no estancada. Una baja humedad durante periodos breves, no matará a los microorganismos, pero si reducirá en gran medida la eficiencia. La eficiencia será menos que la óptima mientras los microorganismos se recuperan después de un periodo de condiciones de lecho fijo.

Por otra parte la inundación de un biofiltro provoca un incremento en la caída de presión a través del lecho y podrá causar una pérdida de eficiencia debido a la canalización que se desvía de la biomasa. La canalización podría causar que se desplomen los medios de lecho. Para lograr una operación uniforme se tienen que evitar estas dos condiciones.³

➤ Calidad y alimentación.

Además de lograr una temperatura cómoda y un medio húmedo, los microorganismos necesitan una dieta de nutrientes balanceados para sobrevivir y propagarse. Los contaminantes proporcionan la fuente principal de alimento y energía, pero los microorganismos también requieren macronutrientes para sustentar su vida. La desintegración de los medios de un lecho orgánico puede proporcionar la mayoría de los macronutrientes. Sin embargo, si un lecho es deficiente en ciertos nutrientes, los microorganismos pueden dejar de crecer y podrán comenzar a morir.³

➤ Acidez.

La mayoría de los biofiltros funcionan mejor cuando el pH del lecho es cercano a 7 o neutro. Algunos ejemplos de estos compuestos son: sulfuro de hidrogeno, compuestos orgánicos de azufre, y alogenados (cloro, fluor, bromo e yodo). La producción de acido con el paso del tiempo disminuirá el pH y finalmente destruirá a los microorganismos. Si un proceso emite contaminantes que producen ácidos, se deberá desarrollar un plan para neutralizar estos ácidos.³



Existen varias técnicas disponibles para neutralizar los lechos. Algunas pueden incorporarse en la especificación para el material del lecho. Una de las técnicas más simples es mezclar conchas de ostras con los medios del lecho. Con el tiempo, las conchas se disolverán y deberán remplazarse. El remplazo de conchas dependerá de cuanto ácido se produzca. Otra técnica simple es instalar mangueras de remojo para jardines en los medios de empaque durante la construcción. Periódicamente, se puede introducir una solución diluida de ceniza de sosa en un lecho cuando el pH comience a bajar. Otra técnica es rociar una solución diluida de carbonato de sodio comercial sobre la parte superior del lecho. Sin embargo, esto probablemente resulte menos eficaz que humedecer el núcleo de un lecho con mangueras de remojo.³

➤ Población de microorganismos.

Algunos proveedores de equipos pueden simular la corriente de emisión de un cliente en su laboratorio y realizar pruebas de biofiltros, para determinar cuales cepas de microorganismos funcionan mejor en una mezcla particular de contaminantes. Pueden inocular los medios del lecho con dichas capas y arrancar con los microorganismos “correctos” en posición. Otros permiten que la naturaleza siga su curso comenzando con medios del lecho que contengan una gran variedad de microorganismos, tales como abono, turba o fangos municipales activados. Las cepas que prosperan en los contaminantes de una corriente de emisión terminarán por dominar el medio ambiente del lecho. El método natural denominará un poco mas de aclimatarse a fin de lograr una eficiencia optima, pero debido a la diversidad de las cepas de microorganismos, resultará más adaptable a largo plazo. Los microorganismos específicos que desarrollan en el laboratorio serán más susceptibles a cambios en el medio ambiente que los microbios generados de manera natural.³

Los periodos de tiempo de inactividad resultarán un cambio en la composición de una población de microorganismos. Estos cambios afectarán el rendimiento del biofiltro y se requerirá tiempo para que la población de microorganismos logre reaclimatarse.



El thinner es uno de los componentes de las pinturas automotrices ya que su función principal es diluir, disolver o adelgazar sustancias insolubles en agua como es el caso de la pintura.

En un trabajo realizado por el departamento de Biotecnología y Bioingeniería del CINVESTAV Unidad Zacatenco, aislaron un consorcio microbiano con capacidad de degradar thinner y utilizando técnicas microbiológicas encontraron que las cepas de este consorcio pertenecen a los géneros Bacillus, Micrococcus y Pseudomonas.

Este trabajo consiste en realizar una dinámica de poblaciones durante un estudio de degradación de thinner en medio sólido, para lo cual se está realizando la identificación molecular de las cepas del consorcio microbiano mediante el análisis del gen 16S Ribosomal. En conjunto el análisis de la dinámica de poblaciones y el seguimiento de la degradación de contaminantes por cromatografía proporcionó información para poder establecer parámetros importantes para el diseño y optimización del proceso de biofiltración.

Para el caso de la degradación del thinner una de la tecnología más utilizada es la biofiltración.²⁹

3.3 DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN DE LECHO FIJO PARA EL TRATAMIENTO DE COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ.

En Santiago de Chile en la Universidad Tecnológica Metropolitana el Alumno Ricardo Cristobal Ordenes Cáceres propone un biofiltro de Lecho Fijo, que está diseñado para tratar un caudal máximo de 23 m³/h de emisión con cuya concentración aproximadamente de 245 ppm en función del tolueno principalmente utilizado en las pinturas.³⁰

En donde el medio filtrante es un compost, ya que presenta las mejores características físico-químicas para degradar el contaminante. Fue diseñado para un tiempo de residencia de 90 segundos, 50% más de lo recomendado.

Se propone construirlo con material FRP (Polimérico Reforzado con Fibras) con un metro de altura para evitar las caídas de presión. Cuenta con un



sistema de aspersión para mantener la humedad del lecho en un 50% ideal para proporcionar el ambiente adecuado para el desarrollo de microorganismos.

Considerando los costos y la alta eficiencia del sistema, el Biofiltro de Lecho Fijo constituye una opción factible técnica y económicamente de ser implementada por las ensambladoras y hojalaterías pintado automotriz.³¹

Para el diseño se realizaron una serie de cálculos como son:

Caudal a tratar.

$$Q = A * V \dots\dots\dots ec. 1$$

Donde:

V= Velocidad de emisión.

A= Area de la sección.

Velocidad de Emisión.

$$V = .27 * K * \sqrt{H(T_m - T_e)} \dots\dots\dots ec. 2$$

Donde:

.27= Constante.

K=Constante (0.3 recomendable)

T_m= Temperatura media de la emisión.

T_e= Temperatura de salida de captación.

H= Altura del ducto de evacuación de la emisión.

Volumen del medio filtrante.

$$V = EBRT * Q \dots\dots\dots ec. 3$$

EBERT= Tiempo de residencia recomendado (90s)



FACTIBILIDAD TECNICA.

Considerando el Tiempo de Residencia recomendado, Caudal obtenido, Concentración y altura del Lecho; se diseña el Biofiltro de Lecho Fijo; además del Sistema de extracción figura 3.9 y equipamiento necesario para conducir las emisiones de COV's al Sistema. Mientras que en la figura 3.10 el Biofiltro de Lecho Fijo.³⁰

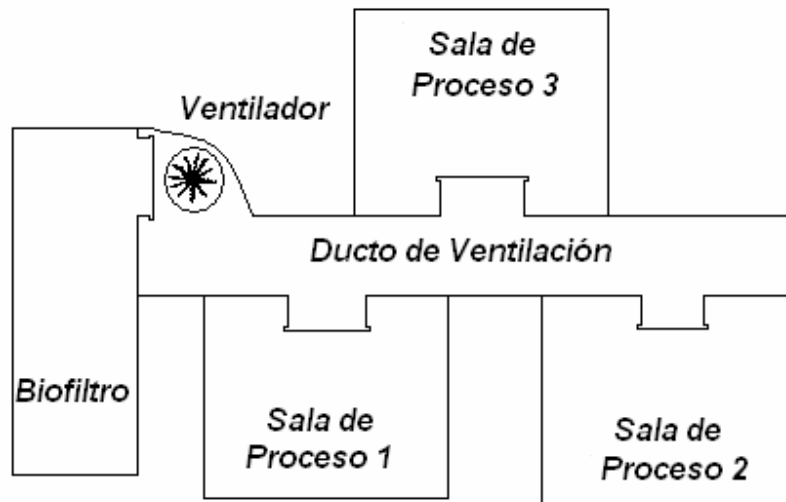


Figura 3.10 Sistema de Extracción Propuesto

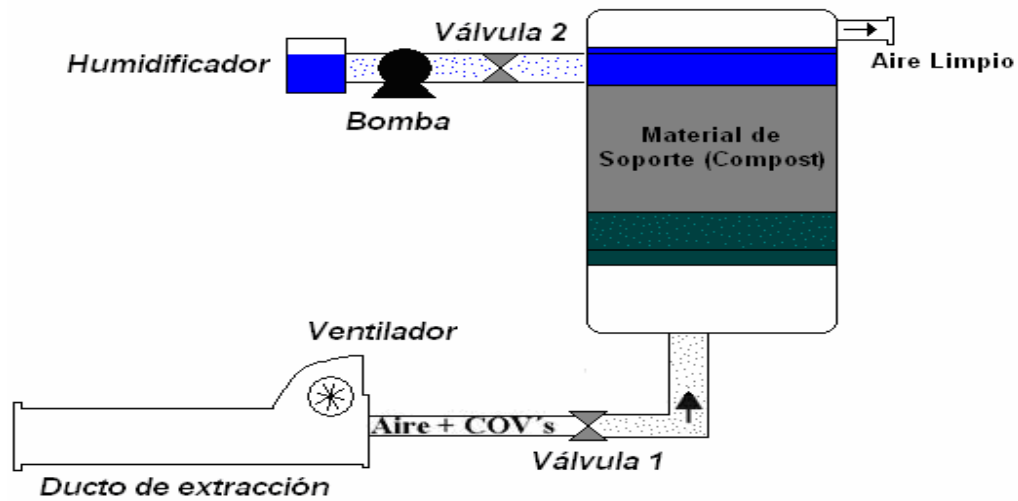


Figura 3.11 Biofiltro de Lecho Fijo Propuesto.

3.4 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COV'S A LA ATMOSFERA PROVENIENTES DEL PROCESO DE PINTADO.

En el corporativo Chrysler de México SA de CV Planta de Ensamble de Camiones en Tlalnepantla Estado de Mexico en el 2000 construyo una plataforma que soportará un equipo de control de COV's provenientes de los procesos de aplicación de pintura de cabinas de primer color y aplicación de recubrimiento antioxidante (primer) dicho sistema tiene una eficiencia de destrucción del 90 % de los COV's provenientes de la pintura de lago Abierto.

La inversión que se realizó en ese tiempo con construcción, material y mantenimiento fue de 4850000.00 dolares.



DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL.

- Dos ventiladores de 250 HP.
- Un modulo de filtración de partículas a través de tres paneles filtrantes, para la corriente proveniente de las casetas de pintura.
- Un rotor concentrador con carbón activado con una capacidad de concentrar la corriente proveniente de las líneas de pintura. Mediante la absorción y la concentración de los COVs en una corriente de aire más pequeña.
- Una cámara de oxidación con una capacidad máxima de 885.184 m³/min estándares y una eficiencia térmica de orden de 75-85%, operando a una temperatura del orden de 815 °C (1500°F) y una temperatura de diseño de 1200 °C (2200°F).

PROGRAMA DE OPERACIÓN.

La corriente de aire-COV's proveniente de las casetas de pintura se conducen hacia un modelo de filtración de partículas en donde a través de tres paneles de rejillas filtrantes se remueven las partículas con una alta eficiencia (aproximadamente un 99.99%) y se envía hacia un rotor concentrador el cual tiene un lecho de carbón activado en donde se adsorben los COV's y se separa el aire limpio, el cual es desviado hacia la chimenea de salida.

Al girar el rotor concentrador, se expone el lecho de carbón y una corriente de aire caliente, desorbiendo los COV's ya concentrados, los cuales posteriormente se mezclan con la corriente proveniente de los hornos de secado se conducen hacia las tres cámaras de oxidación regenerativa, las cuales trabajan secuencialmente, una oxida la otra precalienta los gases en un lecho de cerámica que funciona como un intercambiador de calor y la tercera se encuentra en espera.

La oxidación de los COV's se obtiene al calentar la corriente de aire contaminada con un quemador de gas natural a una temperatura aproximada de 800 °C, con un tiempo de residencia de 1 s, provocando



que los COV's tengan una reacción de oxidación espontánea, convirtiéndolos a dióxido de carbono y agua.

La corriente de aire limpio a la salida del proceso de oxidación se descarga a la atmósfera por una chimenea cuya altura será de 18.96 m y con un diámetro interior de 2.33 m, la chimenea cuenta con un difusor que permita la mezcla homogénea proveniente de la corriente del rotor y concentradores. Dirección General de Gestión e Información Ambiental fue el que permitió el no cumplimiento de la relación 8-2 altura-diámetro para la chimenea.

Como se señaló, el oxidador térmico regenerativo utiliza lechos múltiples de cerámica como intercambiador recuperando hasta un 95% de calor de combustión y enviando el resto del calor al ciclo de desorción para obtener la corriente concentrada a la salida del rotor concentrador, lo cual permite que el sistema de control opere con un mínimo de consumo de gas natural.³¹

3.5 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE EMISIONES ATMOSFERICAS.

En la figura 3.12 se muestra como determinar las áreas, procesos y puntos específicos de generaciones de emisiones a la atmósfera en las actividades de la empresa.

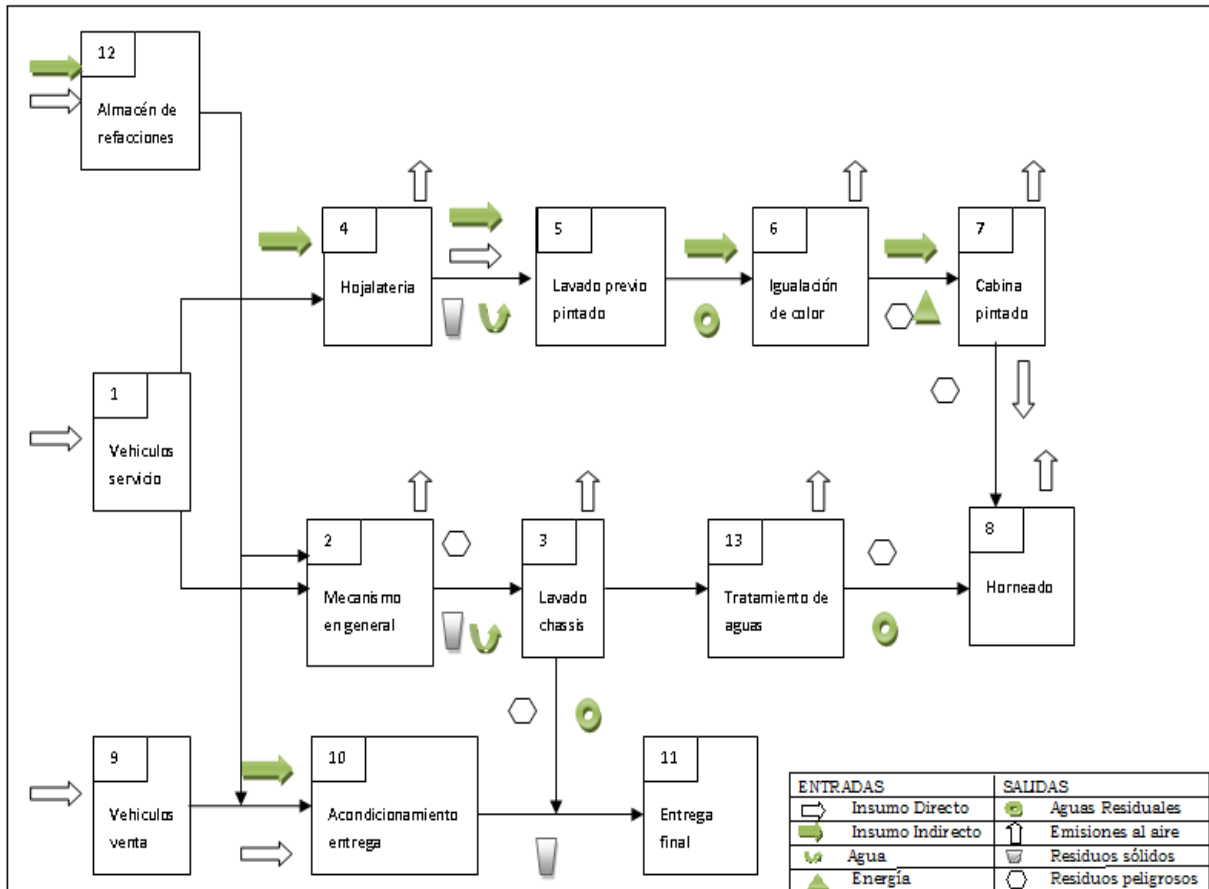


Figura 3.12 Áreas, procesos y puntos específicos de generaciones de emisiones a la atmósfera en las actividades de la empresa.

La contaminación del aire producida en la agencia automotriz generalmente proviene del exceso de sustancias tóxicas generadas durante el mantenimiento de los automotores.

Como se observa en la figura 3.12 esta contaminación se genera en las áreas de reparación y repintado de las carrocerías, mecánica en general, lavado y mantenimiento del sistema de aire acondicionado; además de áreas auxiliares como los sistemas de tratamiento de aguas residuales y almacenes de residuos.

El área de pintado en una agencia automotriz es una de las áreas que más contaminantes genera, en la tabla 3.2 se muestra el tipo de fuente y tipo de contaminante que generan en el área de pintado.



Tabla 3.2 Tipos de contaminantes que se generan en el área de pintado.

| Area | Actividad | Tipo de Fuente | Contaminante |
|---------|------------------------|----------------|---|
| Pintado | Igualación de colores | Fuente fija | Compuestos Orgánicos Volátiles |
| | Aplicación de pinturas | Fuente fija | Compuestos Orgánicos Volátiles y Partículas Suspendidas |
| | Horneado y pintura | Fuente fija | Gases de combustión |

Los métodos, técnicas y procedimientos de trabajo de un taller automotriz son muy variados. Las formas de trabajo están siempre relacionadas con la capacitación del personal, la tecnología existente, la maquinaria y equipo utilizados, y los productos empleados.

En consecuencia, el control de las emisiones atmosféricas al interior del taller, depende en gran medida de la disponibilidad de tecnología y la colaboración de todo el personal.

Se describe en este apartado las principales actividades generadoras de emisiones, los contaminantes presentes, la fuente específica de contaminación y se mencionará los medios para controlarlas.

En primer término se presenta el análisis de los parámetros normados para Fuentes Fijas: Partículas suspendidas totales, gases de combustión y, en algunos estados, Compuestos Orgánicos Volátiles.

En el área de pintado se utiliza una cabina para la aplicación de la pintura y los contaminantes que se emiten durante la aplicación son: compuestos orgánicos volátiles (uretano acrílico, thinner, xilol, toluol, metil etil isobutil cetona) y partículas solidas suspendidas (polvos y rebabas).

La aplicación de la pintura representa una fuente importante de afectación al ambiente, debido al elevado porcentaje de compuestos orgánicos volátiles en la pintura y durante la aplicación a presión de la misma, esparciéndose los vapores por toda el área.



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



El pintado de los automotores debe realizarse, de acuerdo con la normatividad ambiental actual, en áreas que permitan controlar, reducir o evitar las emisiones.

En la mayoría de los talleres esto se realiza al interior de una cabina de pintura permitiendo una mejor calidad del pintado y eficiencia en los trabajos.

Sin embargo, las leyes ambientales no estipulan como una obligación expresa la utilización de cabinas de pintura para el control de las emisiones. Este cumplimiento puede ser satisfecho con equipos equivalentes como un área de preparación, aunque la calidad de los recubrimientos será menor.³²



CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS.

4.1 ANALISIS DE RESULTADOS DE ACUERDO A LA NOM-121-ECOL-1997

Los límites máximos permisibles de emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV's) que deben cumplir los responsables de las fuentes existentes en el recubrimiento de carrocerías en planta son los establecidos en la tabla 4.1 de La NOM-121-ECOL.1997. Que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COV's) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles nuevas en plantas de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios; carga y camiones ligeros, así como el método.³³

Tabla 4.1 Fuentes Existentes en el recubrimiento de carrocerías.

| TIPO DE VEHICULO | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE COV's EN GRAMOS POR METRO CUADRADO (g/m ²), APLICABLES A PARTIR DEL DÍA SIGUIENTE DE LA PUBLICACIÓN DE ESTA NORMA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE COV's EN GRAMOS POR METRO CUADRADO (g/m ²), APLICABLES A PARTIR DEL 1o DE ENERO DE 1999. | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE COV's EN GRAMOS POR METRO CUADRADO (g/m ²), APLICABLES A PARTIR DEL 1o DE ENERO DEL 2006. |
|---|--|---|--|
| Automóviles | 110 | 85 | 55 |
| Unidades de uso múltiple para pasajeros y utilitarios | 120 | 90 | 60 |
| Unidades de uso múltiple para carga y camiones ligeros. | 130 | 100 | 75 |

NOM-121-ECOL.1997(QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN A LA ATMÓSFERA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV's) PROVENIENTES DE LAS OPERACIONES DE RECUBRIMIENTO DE CARROCERIAS NUEVAS EN PLANTA DE AUTOMÓVILES NUEVAS EN PLANTAS DE AUTOMÓVILES, UNIDADES DE USO MULTIPLE, DE PASAJEROS Y UTILITARIOS; CARGA Y CAMIONES LIGEROS, ASÍ COMO EL MÉTODO).



Estos parámetros o límites máximos permisibles de los cuales habla la NOM-121-ECOL-1997 Que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COV's) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles nuevas en plantas de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios; carga y camiones ligeros, así como el método deberán ser cumplidos por las alternativas estudiadas.

4.2 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.

Las alternativas que se encontraron son: cabinas de pintado automotriz, biofiltros y una implementada por el corporativo de Chrysler de México SA de CV.

Estas alternativas son diseñadas para el control de emisión de COV's durante la aplicación de pintura automotriz, pero para este sector de pintado automotriz hay varios lugares que se dedican a realizar esta labor como ensambladoras que pueden ser NISSAN, FORD, CHRYSLER, VOLKSWAGEN, etc; talleres de hojalatería y pintura, y concesionarias donde dan mantenimiento a los automóviles.

Para el caso de las ensambladoras se tiene el sistema que se implemento en le Corporativo de Chrysler de México SA de CV, que es un sistema para una mayor emisión de COV's debido a la gran cantidad de automóviles a pintar. Este sistema esta conformado por varios métodos que se describieron en el capítulo dos que son oxidación térmica regenerativa, condensación y absorción. Es un equipo mucho más grande comparado con una cabina o un sistema de biofiltración. Su eficiencia de destrucción de los COV's es del 90 al 95 %, y es aprobado por la SEMARNAT en su estudio de impacto ambiental.

En cuanto a las cabinas de pintado automotriz son utilizadas por las concesionarias que dan mantenimiento a los automóviles que son en su mayoría, mientras que los talleres de hojalatería y pintura son muy pocos los que utilizan cabinas de pintado automotriz por su costo o por falta de información, pero estos son los que están fuera de la normatividad mexicana. A estos talleres de hojalatería y pintura lo que es recomendable



serían los biofiltros, aunque esta es una tecnología nueva y en desarrollo en México es económica, en comparación con las dos alternativas anteriores.

4.3 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE ACUERDO A SU PROCESO.

El funcionamiento de estas tres alternativas encontradas se pueden observar en las siguientes figuras. En la Figura 4.1 se puede observar el funcionamiento de una cabina de pintado automotriz, en la Figura 4.2 el funcionamiento de un biofiltro y por ultimo en la Figura 4.3 la alternativa usada por la Crhysler.

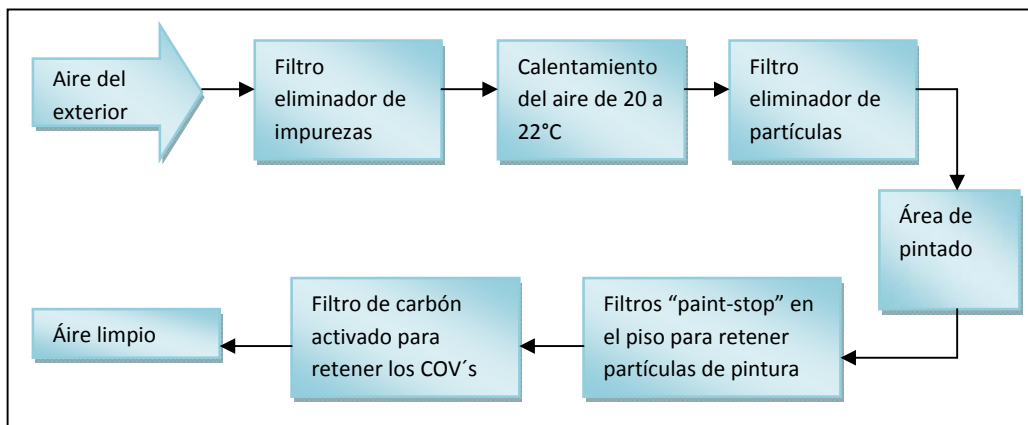


Figura. 4.1 Funcionamiento de cabina de pintado automotriz.

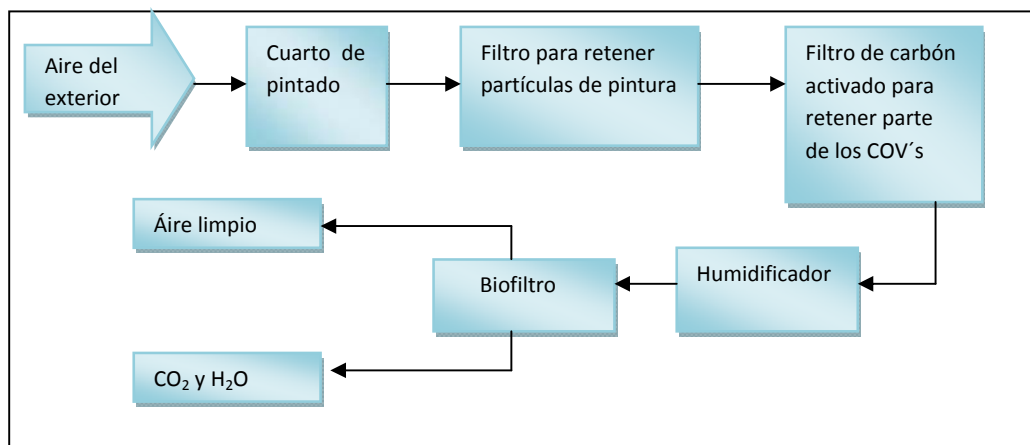


Figura. 4.2 Funcionamiento de un sistema de biofiltración.

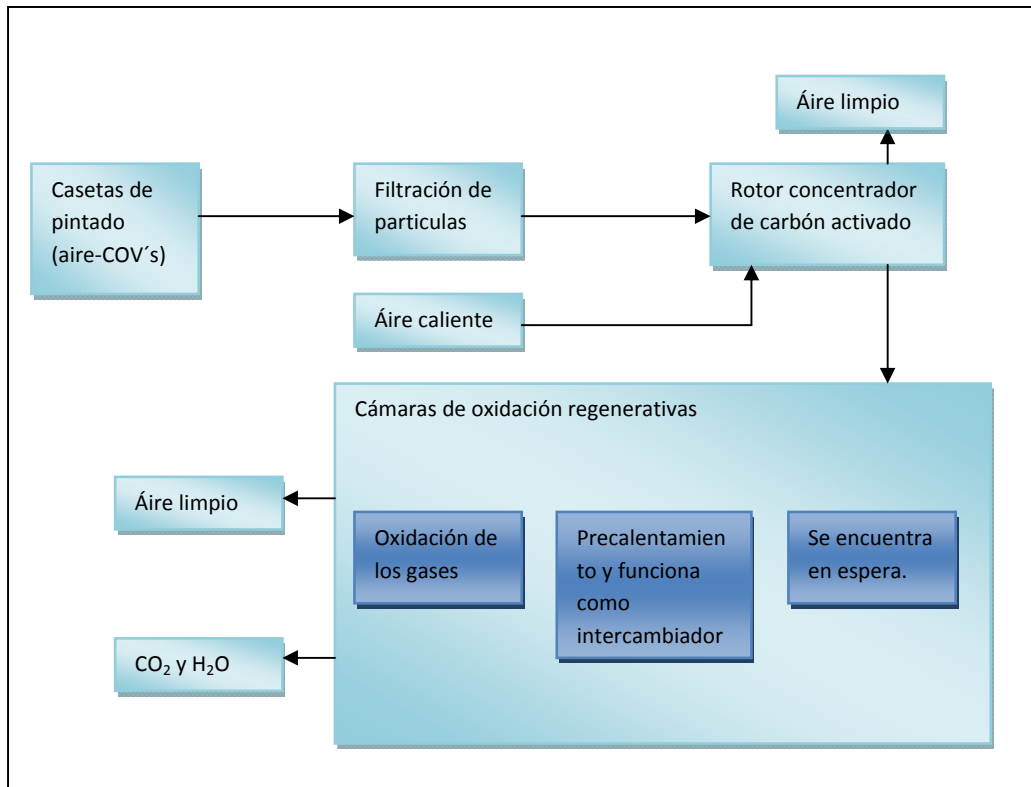


Figura. 4.3 Sistema utilizado por Chrysler.

Básicamente en las tres se puede ver que el objetivo final es obtener aire limpio, se puede observar que en la alternativa de biofiltros y en el sistema utilizado por el Corporativo Chrysler aparte de obtener aire limpio se obtiene CO_2 y H_2O por los procesos físico-químicos que se utilizan.

En el biofiltro la biodegradación de los COV's es realizada por los microorganismos que son soportados por el material filtrante se obtiene el CO_2 , H_2O y aire limpio.

Las cabinas de pintado utilizan un sistema donde por medio de adsorción, que se lleva a cabo con el uso de camas de carbón activado que adsorben a los COV's, y cuando estas camas se saturan el carbón activado deberá ser cambiado y regenerado.



En este aspecto la mejor alternativa que se podría decir son las cabinas debido a que su proceso no es muy complicado por que solo el aire pasa por filtros y a lo mucho es calentado para un ambiente idóneo dentro de la cabina.

4.4 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE ACUERDO A SU EFICIENCIA.

Las alternativas encontradas muestran diferentes eficiencias pero esto va a depender de la cantidad de emisión de los COV's y de el equipo a utilizar, al momento de ser pintados los automóviles, las emisiones son muy inestables y se presentan unas series de picos como se podrá ver en la Grafica 4.1, en esta grafica es un supuesto con la siguiente información:

- Las pinturas automotrices están conformadas por el 25% de sólidos (partículas y pigmento de pintura) y el 75 % de disolventes.
- Suponiendo que la pintura base solvente contiene 450 g de COV's por litro (ANAFAPYT 2003).
- Estimando un tipo de estudio de dos horas.
- Se utilizara una pistola de pintado maraca CANE modelo AJ-700 con las características que se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Características de la pistola marco CANE.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Pico de acero endurecido (diámetro) | .0018 m |
| Peso de la pistola. | 1250 g |
| Consumo de aire. | 330 L/min a 3.5185 Kg/cm ² |
| Poder cubritico. | 1.5 m ² /min |
| Compresor. | 3 HP |
| Consumo de producto. | 0.34 L/min a 3.5185 Kg/cm ² |
| Entrada de aire. | ¼" BSPP |



- Utilizando una pintura automotriz de marca Pintura Popular con una densidad de 916.67 Kg/m^3 .
- Se sabe que se evaporan todos los solventes.

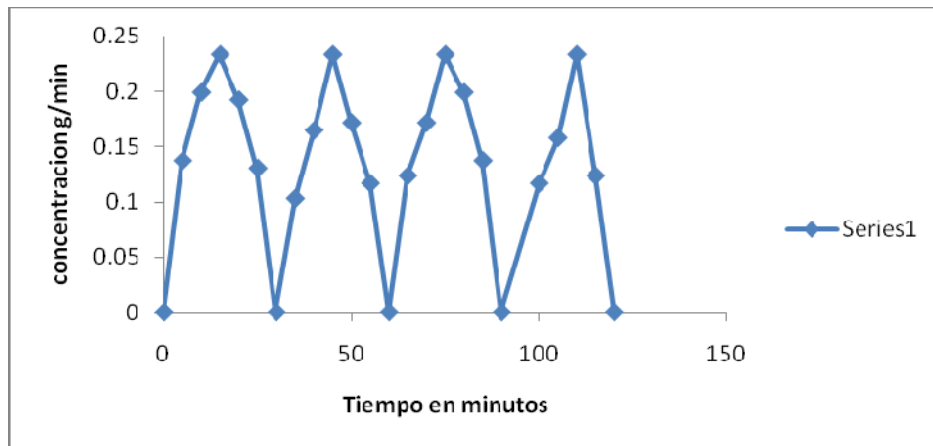


Figura 4.4 Representaci3n de picos de las emisiones.

La Figura 4.4 se construy3 con los datos que se representan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Datos utilizados para la grafica 4.1.

| Tiempo | Gasto volumetrico m3/min | Gasto masa kg/min | Evaporaci3n de solventes |
|--------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0.0002 | 0.183334 | 0.1375005 |
| 10 | 0.00029 | 0.2658343 | 0.199375725 |
| 15 | 0.00034 | 0.3116678 | 0.23375085 |
| 20 | 0.00028 | 0.2566676 | 0.1925007 |
| 25 | 0.00019 | 0.1741673 | 0.130625475 |
| 30 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 0.00015 | 0.1375005 | 0.103125375 |
| 40 | 0.00024 | 0.2200008 | 0.1650006 |



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



| | | | |
|-----|---------|-----------|-------------|
| 45 | 0.00034 | 0.3116678 | 0.23375085 |
| 50 | 0.00025 | 0.2291675 | 0.171875625 |
| 55 | 0.00017 | 0.1558339 | 0.116875425 |
| 60 | 0 | 0 | 0 |
| 65 | 0.00018 | 0.1650006 | 0.12375045 |
| 70 | 0.00025 | 0.2291675 | 0.171875625 |
| 75 | 0.00034 | 0.3116678 | 0.23375085 |
| 80 | 0.00029 | 0.2658343 | 0.199375725 |
| 85 | 0.0002 | 0.183334 | 0.1375005 |
| 90 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 0.00017 | 0.1558339 | 0.116875425 |
| 105 | 0.00023 | 0.2108341 | 0.158125575 |
| 110 | 0.00034 | 0.3116678 | 0.23375085 |
| 115 | 0.00018 | 0.1650006 | 0.12375045 |
| 120 | 0 | 0 | 0 |

El procedimiento que se realizó para obtener los datos mostrados en la Tabla 4.3 es el siguiente:

Si el gasto volumétrico de la pistola de pintado es de 340 cm³/min entonces:

$$Q = 340 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \left| \frac{1\text{m}^3}{(100\text{cm})^3} \right| = .00034 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \dots\dots\dots 1$$

Y la densidad de la pintura se considera de 3.47Kg/Gal y se convirtió a las unidades de Kg/m³.

$$\rho = 3.47 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}} \left| \frac{1\text{Gal}}{3.7854\text{L}} \right| \left| \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} \right| = 916.67 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \dots\dots\dots 2$$



Entonces con el gasto volumétrico y la densidad se puede calcular el gasto masa:

$$q^* = 0.00034 \frac{m^3}{min} * 916.67 \frac{Kg}{m^3} = 0.3116 Kg/min \dots\dots\dots 3$$

Como se ha mencionado el 25% de las pinturas es de sólidos, por lo tanto el 75% es de solventes y como el 100% de los solventes se volatilizan o se evaporan, entonces se le quita el 75% al gasto volumétrico para saber la cantidad que se va a evaporar como COV's para obtenerla en las unidades Kg/min.

Si 0.3116 Kg/min es el 100% entonces el 75% de este gasto másico es:

$$0.3116 \frac{Kg}{min} * .75 = 0.2337 \frac{Kg}{min} \dots\dots\dots 4$$

Analizando la Figura 4.4 que resultado de la anterior serie de cálculos, quedaron unos picos que son representativos solo durante la aplicación de la pintura a mayor velocidad que puede alcanzar las pistolas con las que se aplica la pintura, los picos son debido a que no siempre se esta pintando o sea no hay un pintado continuo.

Debido a los picos que se presentan en la Figura 4.4, es necesario la implementación de un filtro de carbón activado para que este adsorba a los COV's, en cuanto este se comience a saturar por los COV's, estos ya no serán retenidos por los filtros, por lo tanto, los COV's mezclados con aire son llevados al biofiltro para ser tratados, de acuerdo a la información proporcionada por el Dr. Sergio Revah de la División de Ciencias Naturales e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana. Por lo tanto su eficiencia es del 90%.



En cuanto a las cabinas de pintado automotriz los picos no son importantes ya que si utilizan los filtros para retener las partículas de la pintura, y otro filtro de carbón activado para la adsorción de los COV's pero este se satura y si no se cambia a un tiempo adecuado será incapaz de adsober y saldrán al ambiente los COV's, durante el tiempo que no se cambie este filtro aunque no en gran cantidad. Su eficiencia es del 90%.

En el sistema propuesto por el Corporativo Chrysler los picos se llegan a estimar muy pequeños debido a que el pintado es continuo y la emisión de COV's sería mayor, por lo cual se utiliza mayor equipo de control de emisión y de mayor eficiencia de 90%.

De acuerdo a su eficiencia no se podría decidir cual alternativa es la mejor debido a que todas las alternativas tienen eficiencias del 90%, pero si se podría decir que para tomar una decisión se puede tomar en cuenta el presupuesto y espacio.

4.5 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE ACUERDO A LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

De acuerdo a la información encontrada de cada alternativa, se presentaran las ventajas y desventajas de cada una. En la tabla 4.4 se muestran las ventajas y desventajas de las cabinas de pintado.

Tabla 4.4 Ventajas y desventajas de las cabinas de pintado.

| | |
|----------|---|
| VENTAJAS | <ul style="list-style-type: none">➤ Ambiente limpio.➤ Trabaja en atmosfera controlada.➤ Reduce tiempos de secado.➤ Pintando en una cabina se respeta el medio ambiente, ya que la mayoría de las partículas de pintura, los humos y los gases se retienen por una serie de filtrados.➤ Se ajustan a la ley, y pensando en la prevención de riesgos laborales, una instalación de pintura, junto a otros medios, permite al pintor y a sus ayudantes trabajar en un ambiente exento de toxicidad y otros |
|----------|---|



| | |
|-------------|--|
| | <p>elementos contaminantes.</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Diseño de medidas especiales.➤ Controla emisión de COV's. |
| DESVENTAJAS | <ul style="list-style-type: none">➤ Cambio continuo de filtros para retención de partículas de pintura.➤ Cambio o regeneración continua del carbón activado para el control de emisión de compuestos orgánicos volátiles y esto es muy costoso. |

En la Tabla 4.5 se muestran las ventajas y desventajas de los biofiltros utilizados para el control de emisión de COV's durante la aplicación de la pintura automotriz.

Tabla 4.5 Ventajas y desventajas de biofiltros.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Ambiente de trabajo limpio.➤ Control de emisión de COV's.➤ Previene riesgos laborales.➤ Su eficiencia es mayor con composta.➤ Con composta su duración es de 3 a 4 años sin cambiarla.➤ Filtra partículas de pintado.➤ Mantenimiento esporádico.➤ Fácil arranque y operación. | <ul style="list-style-type: none">➤ Necesita un filtro para eliminar partículas de la pintura ya que estas no son compatibles con los microorganismos de los biofiltros.➤ Necesita una sección de carbón activado debido a que sirve como reten de los COV's.➤ Generación de lodos (biolavador).➤ Necesidad de suministrar nutrientes (biolavador y lecho escurrido). |

En la Tabla 4.6 se pueden ver las ventajas y desventajas de la alternativa utilizada por el Corporativo Chrysler.



Tabla 4.6 Ventajas y desventajas de la alternativa del Corporativo Chrysler

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Es usado para automóviles más grandes como camiones.➤ Mayor control de COV's.➤ Eficiencia del 90 al 95% en cuanto a COV's.➤ Control de partículas de pintura.➤ Eficiencia del 90% con respecto a partículas de pintura. | <ul style="list-style-type: none">➤ Es muy costoso.➤ El equipo ocupa un espacio considerable del terreno.➤ El mantenimiento es costoso. |

4.6 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE ACUERDO A LAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS.

En las alternativas encontradas, se puede ver que se utilizan la adsorción, la oxidación térmica, la biofiltración y la absorción.

En la cabina de pintado automotriz, la tecnología utilizada es la adsorción, usando como adsorbato el carbón activado que es el filtro por donde pasa la mezcla aire-COV's ya sin partículas de pintura, este filtro se encuentra en la parte inferior de la cabina. Es muy sencillo ya que esta alternativa esta diseñada principalmente para un mejor acabado de pintado, un rápido secado y para el cumplimiento de la normatividad ambiental se implemento esta capa de carbón activado.

En el biofiltro, las tecnologías utilizadas son la biofiltración, que es la parte central del proceso de control de emisión de COV's, debido a que los microorganismos que son los responsables de degradar los COV's se encuentran en el biofiltro; se complementa de otras tecnologías como la humidificación en el caso de lecho fijo. Y en algunos de los casos también se utiliza la adsorción.



En la alternativa utilizada por el Corporativo Chrysler es la más compleja ya que utiliza la tecnología de adsorción y oxidación térmica regenerativa, apoyadas de otras como es la filtración. La adsorción es utilizada para que el aire salga ya descontaminado, mientras que la parte de la oxidación regenerativa es utilizada para recuperación del calor, y convertir los COV's en CO₂ y H₂O.

4.7 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE ACUERDO A SUS PRECIOS.

Otra forma de la cual podemos analizar, es con respecto a sus precios, como se puede ver en la Figura 4.5 para poder realizar una comparación entre los biofiltros y las cabinas por lo cual decidir con respecto a lo económico una opción.

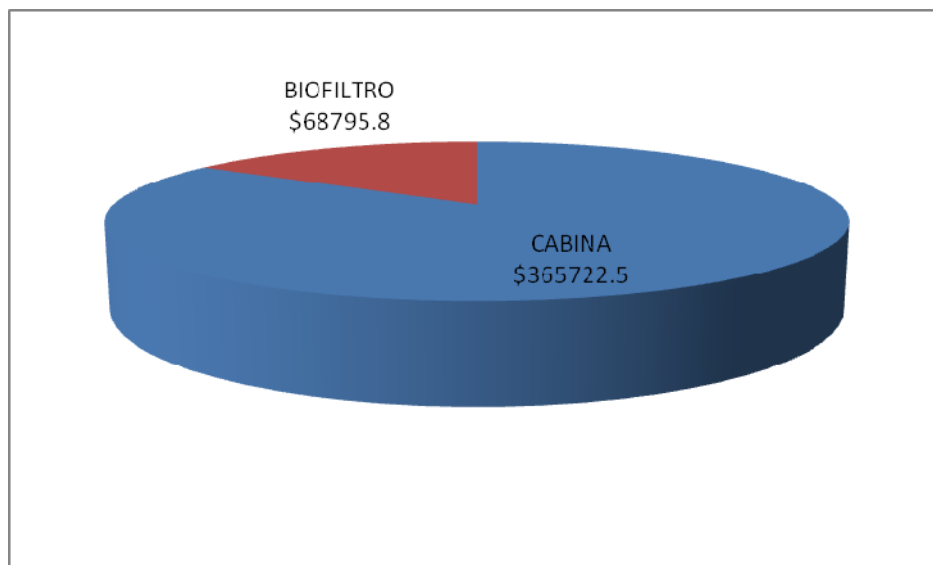


Figura 4.5 Comparación de precios entre cabinas y biofiltros.



En la Figura 4.8 no se presenta la alternativa utilizada por la Chrysler debido a que su precio es demasiado, este es 4850000.00 dólares y dentro de la grafica la comparación con las otras alternativas es muy grande.

La alternativa utilizada por el Corporativo Chrysler fue diseñada en 1997, en la actualidad, se utiliza cabinas de mayores dimensiones para camiones, tráiler, etc. Aunque el precio es mucho mayor debido a sus dimensiones, estas cabinas pueden tener las siguientes dimensiones : Internas 4,2672 m de ancho X 2.7432 m de altura X 8.2296 m de largo, y las externas 4.3942 m de ancho X 3.3528 m de altura X 8.3566 m de largo, estas son las dimensiones para una cabina para el pintado de un auto estándar.

Las cabinas utilizadas para el pintado de camiones, camionetas, tráiler, etc. Pueden existir combinaciones múltiples de ancho y largo que permiten extensiones desde 7.3152 m a longitudes ilimitadas.³¹

El precio de estas cabinas, es mucho mas elevado que las cabinas para autos pequeños, pero en comparación con la alternativa utilizada por el Corporativo Chrysler en 1997 es mucho más económica.

De acuerdo al precio se puede decir que la mejor alternativa son los biofiltros, no son muy costosos en su instalación ni en su mantenimiento, esto se debe en parte a que el material a utilizar para el lecho es muy fáciles de conseguir como la composta, astilla de madera, corteza de árbol, abono; este material es muy fácil de conseguir y de mantener.

El único material que su precio es alto es el fertilizante los cuales pueden ser nitrógenos, fosforo y potasio, se utilizan para adicionar nutrientes a los microorganismos, pero como su uso es mínimo este material dura un periodo considerable.



4.8 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE ACUERDO A SUS FACTORES QUE AFECTAN SUS RENDIMIENTOS.

Como todos los equipos tienen ciertos factores que afectan su rendimiento y por lo tanto su funcionamiento; esto provoca un mal funcionamiento así como una menor eficiencia, calidad de pintado, calidad del aire de salida, etc.

Como se puede ver en la Tabla 4.6 se pueden ver los elementos básicos a controlar de cada una de las alternativas que se están analizando. En la Figura 4.7 el número de elementos de controlar de cada alternativa para analizar el mayor control de cada uno.

Tabla.4.7 Elementos básicos a controlar.

| Elemento a controlar | Cabina | Biofiltro | Chrysler |
|----------------------|--------|-----------|----------|
| Temperatura | X | X | X |
| Rotor concentrador | | | X |
| Humedad | | X | |
| Nutrientes | | X | |
| Acidez | | X | |



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ

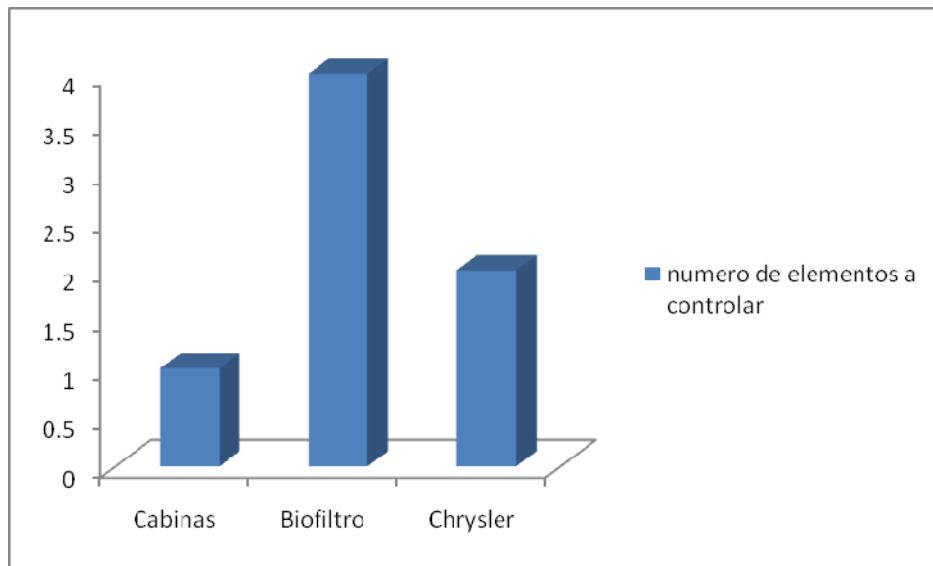


Figura 4.6 Numero de elementos a controlar de cada alternativa.

En esta comparación por medio de los elementos a controlar la alternativa con más elementos a controlar son los biofiltros, aunque estos no son difíciles de controlar ni costosos se necesita mayor atención para el mejor funcionamiento.

Para el control de algunos de estos elementos como la temperatura es cuestión de instalar un indicador de temperatura a la entrada de la mezcla aire-COV's para mayor precaución o monitorearla cada 8 horas.

La humedad de los biofiltros tampoco es difícil de controlar ni costoso ya que como se menciona en el capítulo tres se puede instalar un humidificador simple, no costoso y sencillo; ya que sin el control de una buena humedad los microorganismos no sobreviven.

En cuanto a los nutrientes y la acidez son elementos muy sencillos de controlar, por lo tanto los biofiltros si tienen muchos elementos a controlar pero no son elementos difíciles a controlar pero si muy importantes debido a que si estos elementos no son controlados la eficiencia del biofiltro no será la esperada.



En las cabinas solo se controla las temperaturas pero son varias temperaturas aunque unas conllevan a otras, como por ejemplo para entrar el aire a la cabina se necesita calentar o por lo menos que este a la temperatura de 20 a 22 °C, entonces se necesita controlar el quemador que aumentará esta temperatura, y controlará la temperatura de la cabina para secado y horneado según sea el caso.

Por lo anterior se puede decir que aunque es solo un elemento a controlar es mas pesado ya que se necesita controlar las demás temperaturas que como ya se mencionó depende entre si.

Así también la alternativa del Corporativo Chrysler SA. De CV su elemento a controlar es la temperatura de la cámara de oxidación regenerativa y se deberá controlar a rotor concentrador.

Por lo tanto se puede decir que la mejor alternativa son las cabinas por el control de un solo elemento que es la temperatura y aunque esta relacione a otras temperaturas de diferentes áreas de la cabina, con un detector o bien un indicador de temperaturas para así poder regularla.

Este control de temperatura es básico para la cabina ya que como se ha estado mencionando es solo para la calidad del acabado del pintado, debido a que estas necesitan una temperatura estándar pero la temperatura ambiente del lugar no se presta para poder pintar, entonces se puede regular la temperatura interna de la cabina así como el aire que es introducido del exterior.



CONCLUSIONES:

La presente tesis se enfocó a revisar y analizar alternativas para poder controlar las emisiones de COV's durante la aplicación de pintura automotriz, para que las ensambladoras y talleres de hojalatería y pintura se apeguen a los parámetros que se mencionan en la NOM-121-ECOL-1997 (Que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (cov's) provenientes de las operaciones de recubrimientos de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso multiple, de pasajeros utilitarios; carga y camiones ligeros, así como el método)

Se encontraron alternativas que pueden ser implementadas para mejorar la calidad del aire, de las emisiones del proceso de pintado, ya que al momento de la aplicación de la pintura se evapora en su totalidad el disolvente utilizado en la pintura y que a esta proporción que se evapora se le conoce como COV's.

Se encontraron tres alternativas las cuales son: cabinas de pintado en este caso automotriz, los biofiltros y otra alternativa mas grande que fue utilizada en el año de 1997 por el Corporativo Chrysler SA de CV Planta de ensamble de camiones.

Las cabinas de pintado automotriz son buenas, sin embargo son costosas aunque no son difíciles de mantener, su operación es sencilla, aunque no fueron diseñadas para el control de los COV's se les implemento un llamado filtro de carbón activado, que su función es adsorber dichos contaminantes, para así poder cumplir con la normatividad de emisión.

Lo biofiltración es una tecnología nueva, en la que hay grandes avances en muy poco tiempo, no es una tecnología muy costosa y se pueden implementar en los lugares desde hojalatería y pintura y en las ensambladoras de automóviles. Son fáciles de diseñar, instalar, de mantener. El único inconveniente es que no brindan el acabado de pintado como las cabinas, pero en cambio estas si fueron diseñadas para un mejor control de emisión de COV's. Aunque se podría hacer una fusión



ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES DURANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ



de una cabina de pintado con un biofiltro, pero esto económicamente no sería factible.

Los biofiltros son considerados como efectivos más no eficientes, debido a que el periodo en ser degradados los COV's por los microorganismos es un poco lento, por lo cual es necesario instalar un prefiltro de carbón activado.

En cuanto a la alternativa utilizada por el Corporativo Chrysler se puede decir que es una tecnología muy completa, donde utilizando adsorción gracias al carbón activado y la oxidación térmica regenerativa se llega a la misma eficiencia de las cabinas y de los biofiltros de un 90%. Es una técnica que se considera como una de las mejores tecnologías disponibles para la reducción de COV's, ya que se obtiene una eficacia de depuración muy elevada con un consumo aceptable de energía.

La mejor alternativa depende de las condiciones económicas, de espacio, así como las concentraciones de COV's que se tenga. A continuación se presenta una tabla comparativa de cada alternativa, poniendo en comparación puntos como eficiencia, costos y tecnología utilizadas en cada alternativa.

| ALTERNATIVA | PRECIO | EFICIENCIA | TECNOLOGÍAS UTILIZADAS |
|-------------|--------------------|------------|---|
| CABINAS | \$365722.50 | 90% | Adsorción |
| BIOFILTROS | \$68795.80 | 90% | Biofiltración y adsorción. |
| CHRYSLER | 4850000.00 dolares | 90% | Adsorción y oxidación térmica regenerativa. |

Para mí la mejor alternativa en cuanto al aspecto ambiental, económico, y de eficiencia es el de los biofiltros.



BIBLIOGRAFÍA

1. Chávez Gay V.G y Flores Ibarra C.N. *Control de de emisión de compuestos organicos volátiles (VOC's) en la producción de neumáticos y cámaras de la industria llantera*, Tesis, Ingeniería Química Industrial. IPN. México D,F 1995.
2. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/439/cap1.html>. 15 de Septiembre del 2008.
3. Margarita Salazar Peña, *Biodegradacion del metil terbutil éter por cometabolismo con hexano por biofiltros con alta densidad celular de pseudomonas aeroginosa*, Tesis, Ingeniería Química, UAM. México DF 2005.
4. Martinez Cerqueda H. *Implementación de un método para la determinación de compuestos orgánicos volátiles en la atmosfera*. Tesis, Ingeniería Química Industrial. IPN. México D.F 1996.
5. http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=88b782cb6b666110VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=a6ec901977004110VgnVCM1000000624e50aRCRD&lr=lang_es. 17 de Septiembre del 2008.
6. <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/calidaddelaire/Documentos/introduccion.pdf>. 18 de Septiembre del 2008.
7. La fuente de este material es *Windows to the Universe (Ventanas al Universo)*, en <http://www.windows.ucar.edu/> de [University Corporation for Atmospheric Research \(UCAR\)](#). © Los Regentes de la Universidad de Michigan.. 13 de Noviembre del 2008.
8. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=88b782cb6b666110Vg>



[nVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=a6ec901977004110VgnVCM1000000624e50aRCRD&lr=lang_es](http://www.vcm100000624e50aRCRD&vgnnextchannel=a6ec901977004110VgnVCM1000000624e50aRCRD&lr=lang_es). 17 de septiembre del 2008.

9. Díaz Campos R. *Estudio para el control de VOC's en la producción de pinturas y recubrimientos organicos*. Tesis. Ingeniería Química Industrial. IPN. México D.F 1998.
10. http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/inventario_de_emisiones_precursores_ozono_1995.pdf. 20 de Mayo del 2008.
11. <http://www.amdaslp.com/descargas/Fasciculo2.pdf>. 20 de Mayo del 2008.
12. Chávez Gay V.G y Flores Ibarra C.N. *Control de emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV's) en la producción de neumáticos y cámaras de la industria llantera*, Tesis, Ingeniería Química Industrial. IPN. México D,F 1995.
13. <http://www.bluer.es/Termregen.htm>. 14 de Agosto del 2008.
14. Spivey, J.J. Complete catalytic oxidation of volatile organics. *Ind.Eng. Chem. Res* 26, 2165-2180 (1987).
15. <http://www.cepis.org.pe/bvsci/e/fulltext/orienta2/prologo.html>. 20 de Agosto del 2009
16. Ch. Baerlocher, L.B. McCusker and D.H. Olson, *Atlas of zeolite framework types*, 6th edn., Elsevier, London, 2007.
17. S. Revah, J. M. Morgan-Sagastume, "Methods for odor and VOC control", *Biotechnology for Odour and Air Pollution*. Z. Shareefdeen, A. Singh, Eds. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 2005, p.29-64.



18. <http://www.cepis.org.pe/bvsci/e/fulltext/orienta2/cap8c.pdf>. 14 de Noviembre del 2008.
19. Erikson, D.G., *Organic Chemical Manufacturing Volume 5: Adsorption, Condensation, and Absorption Devices*, U.S. Environmental Protection Agency. Research TrianglePark, North Carolina, Publication No. EPA 450/3-80-027, December 1980.
20. <http://www.cinvestav.mx/Portals/0/Publicaciones%20y%20Noticias/Revistas/Avance%20y%20perspectiva/sepoct02/13%20Frederic.pdf>. 20 de Noviembre del 2008.
21. <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/imprimirss.asp?IDArticulo=732&CC=1>. 20 de Noviembre del 2008.
22. C. Kennes, M. C. Veiga, “Bioreactors for waste gas treatment”, Kluwer Academic Publishers The Netherlands, 2001, pp. 47-98, 215-254.
23. *Air pollution control engineering*. Noel de Nevers. 2nd edition, McGraw-Hill International editions, Civil Engineering Series, 2000.
24. Rosa – Brussin, Marcos. *Procesos para reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles*. Universidad de Venezuela Facultad de ciencias. Colombia 1998.
25. <http://www.socintec.com.ve/construccion.php>. 23 de Noviembre del 2008.
26. <http://html.rincondelvago.com/cabinas-de-pintura.html>. 23 de Noviembre del 2008.
27. <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/396/biofiltra.html>. 25 de Noviembre del 2008.



28. <http://www.emison.com/145.htm>. 25 de Noviembre del 2008.
29. www.itc.mx/educacion/maestrias/bioquimica/Cartel/CardenasManriquezMarcela/MoralesEstradaAliciaI.pdf. 25 de Noviembre del 2009.
30. <http://www.cedetema.cl/bajar/tesis5.pdf>. 25 de Noviembre del 2008.
31. Implementación de un sistema para el control de emisión de COV's a la atmósfera provenientes del proceso de pintad, Corporativo de Crysler de México SA de CV Planta de Ensamblaje de camiones. Impacto Ambiental. SEMARNAT. 2009.
32. *AMDA Fascículo 2 Emisiones Atmosféricas MAYO 2003.*
33. NOM-121-ECOL-1997. QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN A LA ATMÓSFERA DE COMPUESTOS ORGANICOS VOLÁTILES (COV's) PROVENIENTES DE LAS OPERACIONES DE RECUBRIMIENTO DE CARROCERIAS NUEVAS EN PLANTA DE AUTOMÓVILES NUEVAS EN PLANTAS DE AUTOMÓVILES, UNIDADES DE USO MULTIPLE, DE PASAJEROS Y UTILITARIOS; CARGA Y CAMIONES LIGEROS, ASÍ COMO EL MÉTODO).