

**TECNOLOGÍAS Y MEDIDAS DE CONTROL PARA DISMINUIR LA  
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR LAS EMISIONES EN  
PLANTAS TRITURADORAS Y DE ASFALTO**

**DIANA CAROLINA ORTEGA BOHÓRQUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2010**

**TECNOLOGÍAS Y MEDIDAS DE CONTROL PARA DISMINUIR LA  
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR LAS EMISIONES EN  
PLANTAS TRITURADORAS Y DE ASFALTO**

**DIANA CAROLINA ORTEGA BOHÓRQUEZ**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DIRECTOR**

**ING. CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme fuerzas y sabiduría en los momentos más difíciles, a mis padres y mi hermano por su apoyo incondicional, al Doctor Crisóstomo Barajas Ferreira, Ingeniero Químico, Coordinador de la Especialización en Ingeniería Ambiental de la Universidad Industrial de Santander y Director de la Monografía por su colaboración y orientación, a mis amigos y compañeros por su paciencia.

## CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN .....  | 12 |
| 1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA .....  | 13 |
| 1.1. GENERALIDADES.....   | 13 |
| 1.1.1. Definición de mezcla asfáltica .....   | 13 |
| 1.1.2. Clasificación de las mezclas asfálticas.....   | 13 |
| 1.1.3. Definición de planta de trituración .....  | 14 |
| 1.1.4. Definición de planta de asfalto.....   | 14 |
| 1.1.5. Clasificación de las plantas de asfalto.....   | 14 |
| 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRITURACIÓN Y PRODUCCIÓN<br>DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.....                | 16 |
| 1.2.1. Proceso de trituración.....  | 16 |
| 1.2.2. Procesos de producción de mezcla asfáltica en caliente .....   | 18 |
| 2. MARCO JURÍDICO COLOMBIANO.....   | 25 |
| 2.1. Normas sobre el recurso aire .....   | 25 |
| 2.2. Resolución 909 del 5 de Junio de 2008 — Ministerio de Ambiente,<br>Vivienda y Desarrollo Territorial ..... | 29 |
| 2.3. Ley 1333 del 21 de Julio del 2009 — Congreso de la República de<br>Colombia.....                           | 31 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 3.   | CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR LAS EMISIONES EN PLANTAS TRITURADORAS Y DE ASFALTO ..... | 34 |
| 3.1. | Emisiones en plantas trituradoras .....   | 34 |
| 3.2. | Emisiones en plantas de asfalto .....   | 35 |
| 3.3. | Impactos sobre la salud humana.....   | 42 |
| 4.   | MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS PARA CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN.....                          | 45 |
| 4.1. | Medidas Preventivas y de Mitigación .....   | 45 |
| 4.2. | Medidas Correctivas .....   | 48 |
| 5.   | NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA DISMINUIR LAS EMISIONES CONTAMINANTES.....                              | 56 |
| 6.   | CONCLUSIONES .....  | 59 |
| 7.   | RECOMENDACIONES .....   | 61 |
|      | BIBLIOGRAFÍA.....   | 62 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1. Esquema de una planta de trituración. ....   | 18 |
| Figura 1.2. Esquema de una planta de producción discontinua. ....                                      | 20 |
| Figura 1.3. Vista lateral de la torre de mezcla.....   | 21 |
| Figura 1.4. Esquema de una planta de producción continua. ....   | 23 |
| Figura 3.1. Contaminación atmosférica de una planta trituradora.....                                   | 35 |
| Figura 3.2. Determinación de las fuentes de emisiones en una planta de<br>producción discontinua. .... | 37 |
| Figura 3.3. Determinación de las fuentes de emisiones en una planta de<br>producción continua. ....    | 38 |
| Figura 3.4. Contaminación atmosférica de una planta de asfalto. ....                                   | 39 |
| Figura 4.1. Medidor “ <i>Hi-Vol</i> ” para muestreos de partículas suspendidas totales...              | 46 |
| Figura 4.2. Medidor para muestreos isocinéticos.....   | 47 |
| Figura 4.3. Cubrimiento de la planta trituradora con geotextil.....                                    | 47 |
| Figura 4.4. Irrigadores de agua en plantas trituradoras. ....  | 49 |
| Figura 4.5. Filtro de mangas lisas. ....   | 50 |
| Figura 4.6. Filtro de mangas plegables. ....   | 51 |
| Figura 4.7. Ciclón.....  | 52 |
| Figura 4.8. Precipitador Electrostático. ....  | 54 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1.1. Clasificación de las plantas de asfalto. ....  | 15 |
| Tabla 2.1. Principales normas jurídicas colombianas sobre el recurso aire.....  | 26 |
| Tabla 2.2. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25°C y 760mm Hg) con oxígeno de referencia del 11%..... | 29 |
| Tabla 3.1. Emisiones de vapor de agua y material particulado en la etapa de secado para plantas discontinuas. ....  | 36 |
| Tabla 3.2. Emisiones de contaminantes anuales estimadas para las diferentes plantas de producción de asfalto.....   | 40 |

## RESUMEN

**TÍTULO:** TECNOLOGÍAS Y MEDIDAS DE CONTROL PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR LAS EMISIONES EN PLANTAS TRITURADORAS Y DE ASFALTO.\*

**AUTOR:** DIANA CAROLINA ORTEGA BOHÓRQUEZ.\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Contaminación atmosférica, Plantas trituradoras y de asfalto, Producción de mezcla asfáltica en caliente, Medidas preventivas y correctivas, Recurso aire, Material Particulado, Emisiones, Tecnologías.

**DESCRIPCIÓN:** El crecimiento acelerado de las ciudades incrementó el desarrollo de nuevas vías terrestres que permitan acortar las distancias, mejorando los servicios prestados con óptimas condiciones. Esta monografía pretende demarcar los impactos negativos de un problema real como lo es la contaminación atmosférica generada por las emisiones en plantas trituradoras y de asfalto que cada día aumenta más, debido a la creación de nuevas plantas, para poder fabricar mezclas asfálticas en caliente de excelente calidad abarcando con la demanda actual.

Este documento comienza con la definición de los parámetros que involucran el proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente, seguidamente de la recopilación de las normas jurídicas colombianas que tienen como objetivo la protección del recurso aire, permitiendo establecer los niveles de emisiones contaminantes para la industria de mezclas asfálticas.

Se realiza una revisión bibliográfica sobre las medidas preventivas para controlar las emisiones contaminantes en cortos tiempos y a costos accesibles como por ejemplo monitoreos periódicos, contratación de personal capacitado, mantenimiento de equipos, entre otros, y se determinan las medidas correctivas para lograr producciones con bajos niveles de emanaciones contaminantes como por ejemplo el uso de filtros de mangas, ciclones, lavadores húmedos y precipitadores electrostáticos.

Finalmente se presentan nuevas tecnologías que están siendo implementadas por diversas empresas a nivel mundial para llegar a obtener fabricaciones de mezclas asfálticas con cero contaminación atmosférica.

---

\* Monografía de Grado.

\*\* Facultad de Ciencias Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Crisóstomo Barajas Ferreira.

## SUMMARY

**TITLE:** TECHNOLOGIES AND MEASURES OF CONTROL TO DIMINISH THE AIR POLLUTION GENERATED BY THE EMISSIONS IN CRUSHING AND ASPHALT PLANTS.\*

**AUTHOR:** DIANA CAROLINA ORTEGA BOHÓRQUEZ.\*\*

**KEY WORDS:** Air pollution, Crushing and asphalt plants, Production of hot mix asphalt, Preventive and corrective measures, Resource air, Particulate material, Emissions, Technologies.

**DESCRIPTION:** The accelerated growth of cities increased the development of new terrestrial routes that allow to shorten distances, allowing rendering of services in optimal conditions. The objective of this monograph is to demarcate the negative impacts of air pollution generated by the emissions of crushing and asphalt plants that every day increase in number in order to satisfy demand for hot asphalt mixtures of excellent quality.

This document starts with the definition of the parameters that involve the process of production of hot asphalt mixtures, followed by a the compilation of the Colombian legal norms which have as objective the protection of the resource air, allowing to establish the levels of polluting emissions for the industry of asphalt mixtures.

A bibliographical revision is performed on the preventive measures to control the polluting emissions in short times and accessible costs as for example periodic monitoring, qualified personnel recruitment, maintenance of equipment, among others, and corrective measures are determined to achieve productions with low levels of polluting emanations, as for example the use of filters of sleeves, cyclones, humid washers and electrostatic precipitators.

Finally new technologies being implemented by diverse companies at world-wide level to achieve manufacture of hot asphalt mixtures with zero air pollution are presented.

---

\* Degree Monograph.

\*\* Faculty of Physicochemical Sciences. School of Chemical Engineering. Specialization in Environmental Engineering . Director Crisóstomo Barajas Ferreira.

## INTRODUCCIÓN

El gran desarrollo que han tenido las principales ciudades del país en el último siglo, ha conllevado al progreso de los sectores económicos, sociales y culturales, razón por la cual se ha podido observar como actualmente se ha incrementado el intercambio de productos entre municipios y ciudades forzando a que el Gobierno aumente notablemente la adecuación y el mantenimiento de las vías terrestres y a su vez, la búsqueda de nuevos caminos que logren acortar cada vez más las distancias con el fin de lograr la prestación de un servicio en los menores tiempos posibles y con óptimas condiciones.

Se crea entonces la necesidad de tener nuevas plantas trituradoras y de producción de mezclas asfálticas para poder suplir las demandas que se presentan con el desarrollo vial. Sin embargo, estudios ambientales evidencian un aumento significativo en los niveles de material particulado y gases debido a las emisiones generadas por las plantas durante los procedimientos de fabricación de las mezclas. Estas emisiones afectan considerablemente no solo el medio ambiente y el entorno donde se desarrollan las actividades diarias de trabajo, sino que adicionalmente tienen efectos directos en la salud humana a corto y largo plazo.

Este trabajo de grado pretende realizar un estudio bibliográfico de las tecnologías y medidas de control para mitigar la contaminación atmosférica generada por las emisiones de las plantas trituradoras y de asfalto, estudiando detalladamente los factores contaminantes, seguidamente de una evaluación sobre el marco jurídico colombiano que rige y protege el recurso aire. Finalmente se realiza una revisión bibliográfica de técnicas y alternativas que permitan la disminución de dichas emisiones contaminantes, sin afectar las metas de producción, logrando la optimización de los procesos.

## **1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA**

Durante los últimos años se han incrementado los estudios e investigaciones dirigidos a la búsqueda de mejores estructuras de pavimento que permitan soportar las grandes cargas que transitan por los principales corredores viales, por tal motivo, en el mercado actual se pueden encontrar diferentes clases de mezclas asfálticas, cada una de ellas con características que les permiten funcionar bajo ciertas condiciones especiales, garantizando un servicio óptimo y aumentando la vida útil del pavimento.

### **1.1. GENERALIDADES**

#### **1.1.1. Definición de mezcla asfáltica**

La mezcla asfáltica consiste en la combinación de tres elementos básicos: asfalto, agregados y aire. Algunas veces son incorporados a la mezcla aditivos con el fin de mejorar sus propiedades. El asfalto es un material cementante formado principalmente por bitumen, y los agregados como la grava, arena o piedra, constituyen entre el 90 y el 95% del peso total de la mezcla, estableciendo su estructura.

#### **1.1.2. Clasificación de las mezclas asfálticas**

Existen dos tipos de mezclas según su temperatura de puesta en obra:

- A. Mezcla asfáltica en caliente: posee una temperatura de almacenamiento y de aplicación entre los 130-150°C. Puede ser transportada en volquetas hacia el sitio de pavimentación. Esta mezcla se caracteriza por su alta calidad y agregado bien gradado.

B. Mezcla asfáltica en frío: su temperatura de almacenamiento y aplicación es la misma que la temperatura ambiente. Se caracteriza por la pérdida de agua que presenta durante el proceso de curado.

### **1.1.3. Definición de planta de trituración**

Corresponde a una planta procesadora de minerales que reciben el producto de la explotación mineral y lo reducen hasta tamaños en los cuales, una vez clasificado, el mineral se puede someter a un siguiente proceso o se puede emplear en la aplicación seleccionada<sup>1</sup>.

### **1.1.4. Definición de planta de asfalto**

Es una planta o fábrica, cuyo producto es la mezcla asfáltica para pavimentación, en diferentes fórmulas o composiciones, obtenidas a través de ensayos de laboratorio, que se encargan de garantizar que el producto obtenido cumpla con todos los elementos que demanda el servicio y a su vez se encuentre dentro de los rangos exigidos por las normas establecidas para su correcta funcionalidad.

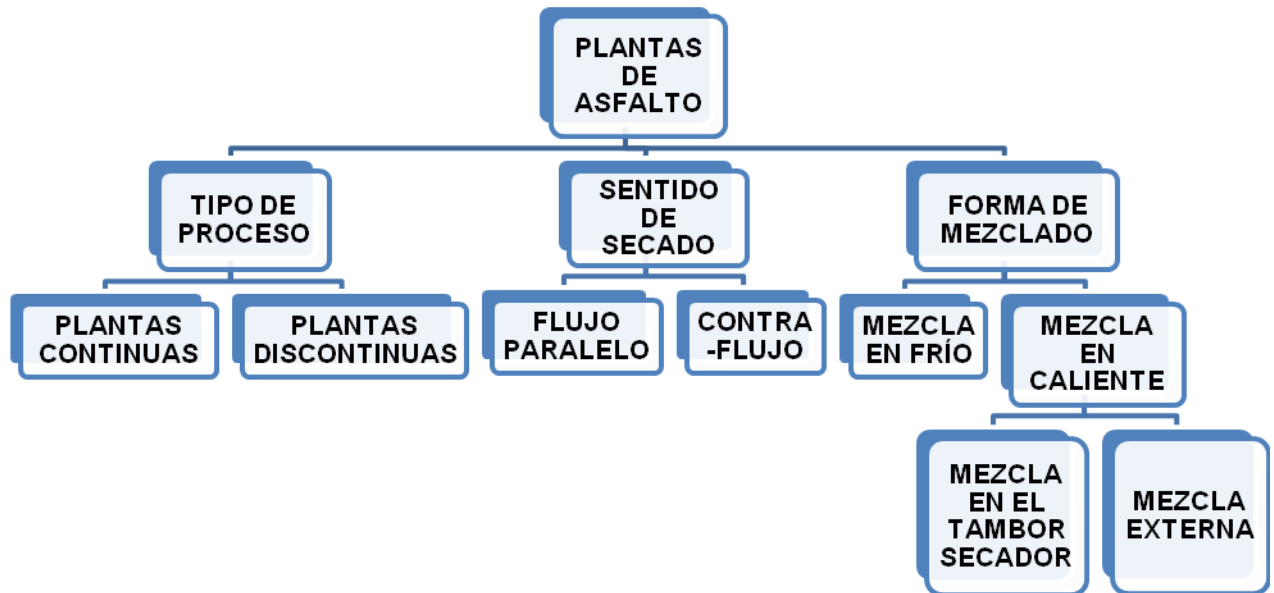
### **1.1.5. Clasificación de las plantas de asfalto**

Las condiciones del terreno a pavimentar, los tipos de vehículos que transitarán, los fenómenos naturales que se presentan en la zona, entre otros, son factores que determinan las características que debe tener la estructura del pavimento en esa área específica; con el fin de lograr un equilibrio en el costo – beneficio de la producción, se han desarrollado diferentes tipos de plantas para la elaboración de mezclas asfálticas, encontrando las siguientes clasificaciones:

---

<sup>1</sup> ABL INTERNACIONAL S.A.; Su mejor opción en plantas de asfalto, concreto y trituración;  
<http://www.ablisa.com/>

Tabla 1.1. Clasificación de las plantas de asfalto.



Fuente: El Autor.

A. Tipo de proceso:

- Continuas: en este tipo de plantas la mezcla se entrega de forma continua en la descarga, lo cual implica que cada etapa del proceso de producción es continuación de la anterior.
- Discontinuas: también conocidas como “*de cochadas*” (en inglés “*batch*”), se caracterizan porque los procesos de combinación y la descarga de la mezcla se realiza a través de cochadas, es decir, en paquetes de material.

B. Sentido de secado:

- Flujo paralelo: los materiales ingresan al tambor secador en el sentido de ingreso de la llama y fluyen en sentido paralelo al del tránsito de los gases.

- Contra-flujo: los agregados ingresan al tambor secador por el extremo opuesto a la llama y fluyen en contra sentido de los gases del sistema. Estos sistemas tienen la particularidad de permitir que el secado se realice a menores temperaturas y por ende consumiendo menor cantidad de combustible.

#### C. Forma de mezclado:

- Mezcla en frío: como se mencionaba anteriormente, su temperatura de almacenamiento y aplicación es la misma que la temperatura ambiente.
- Mezcla en caliente: posee una temperatura de almacenamiento y de aplicación entre los 130-150°C. Las mezclas en caliente en el tambor secador (conocidas también como “*drum-mix*”), combinan los agregados con el asfalto, mientras que las plantas de mezcla externa se caracterizan porque el proceso de combinación se realiza en una unidad independiente del tambor secador; al separar las operaciones se elimina el riesgo de oxidación del asfalto por contacto con la llama, problema muy común en las plantas tipo “*drum-mix*”.

## **1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRITURACIÓN Y PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

### **1.2.1. Proceso de trituration**

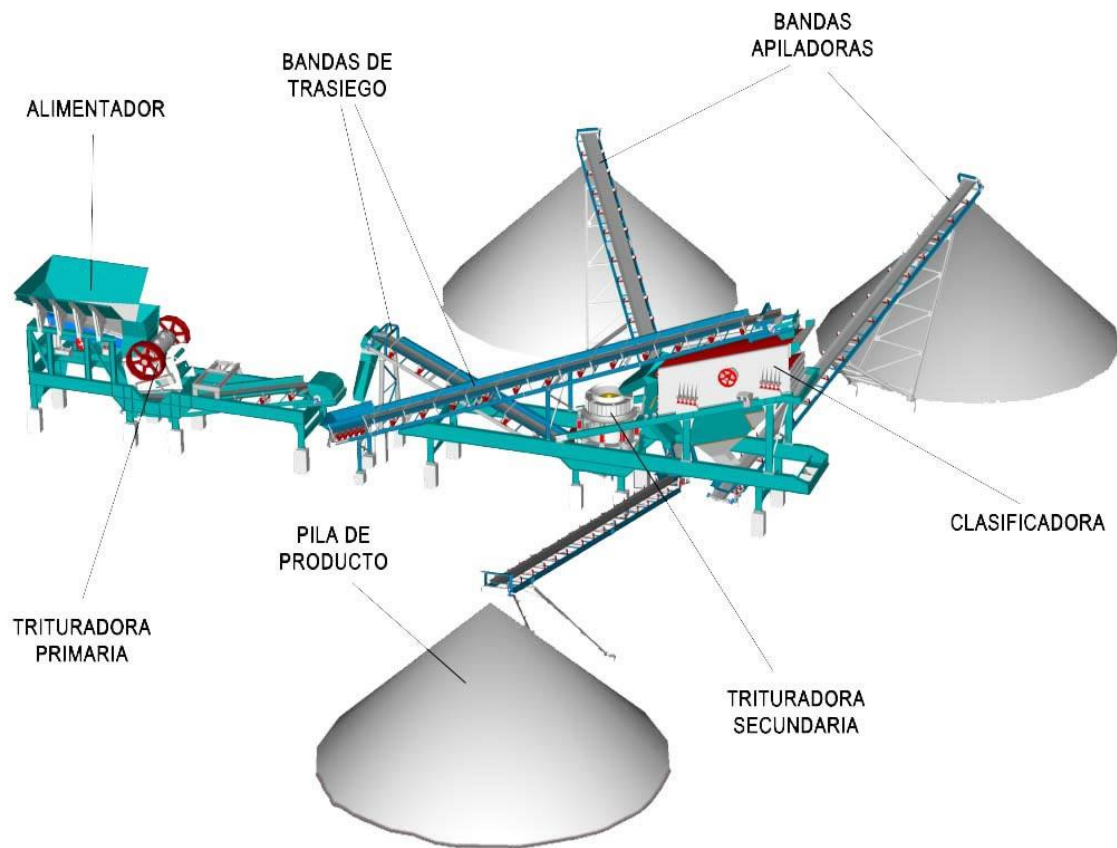
Las plantas de trituration constan básicamente de 4 equipos:

- A. Alimentador: se encarga de regular el flujo de ingreso del material bruto (piedras provenientes de la explotación mineral) a la planta de trituration. El material se introduce en la tolva de recepción a través de un cargador y

comienza a circular por un movimiento vibratorio o rotatorio de la mesa donde se encuentra descargado.

- B. Trituradoras: se catalogan como primarias, secundarias y terciarias. Ésta diferenciación se realiza de acuerdo a unos parámetros establecidos del producto final como lo son el tamaño del material a la salida, su dureza y su abrasividad. En general, las tres constan de una tolva de ingreso, una cámara de trituración y una tolva de salida, y entre las más comunes se encuentran las trituradoras de mandíbula, de cono, de impacto de eje vertical o de eje horizontal.
- C. Clasificadoras: a través de zarandas o cribas clasificadoras, el material triturado es seleccionado según los tamaños obtenidos y desplazado hacia una siguiente etapa de trituración o hacia los sitios destinados previamente para su almacenaje.
- D. Bandas: son las encargadas de trasladar el material de un punto a otro durante el proceso de trituración, se deben elegir según el tipo de planta y la cantidad de material que se debe movilizar. Se clasifican en bandas transportadoras, bandas apiladoras, bandas lanzadoras y elevadores.

Figura 1.1. Esquema de una planta de trituración.



Fuente: ABL Internacional S.A; <http://www.ablisa.com/>

### 1.2.2. Procesos de producción de mezcla asfáltica en caliente

Las plantas de producción de mezclas asfálticas en caliente, según su operación se clasifican en:

- A. Plantas de Producción Discontinua (*“Batch Mix Plants”*): fueron las primeras plantas en consolidarse como concepto mundial. Sus dos características principales son:

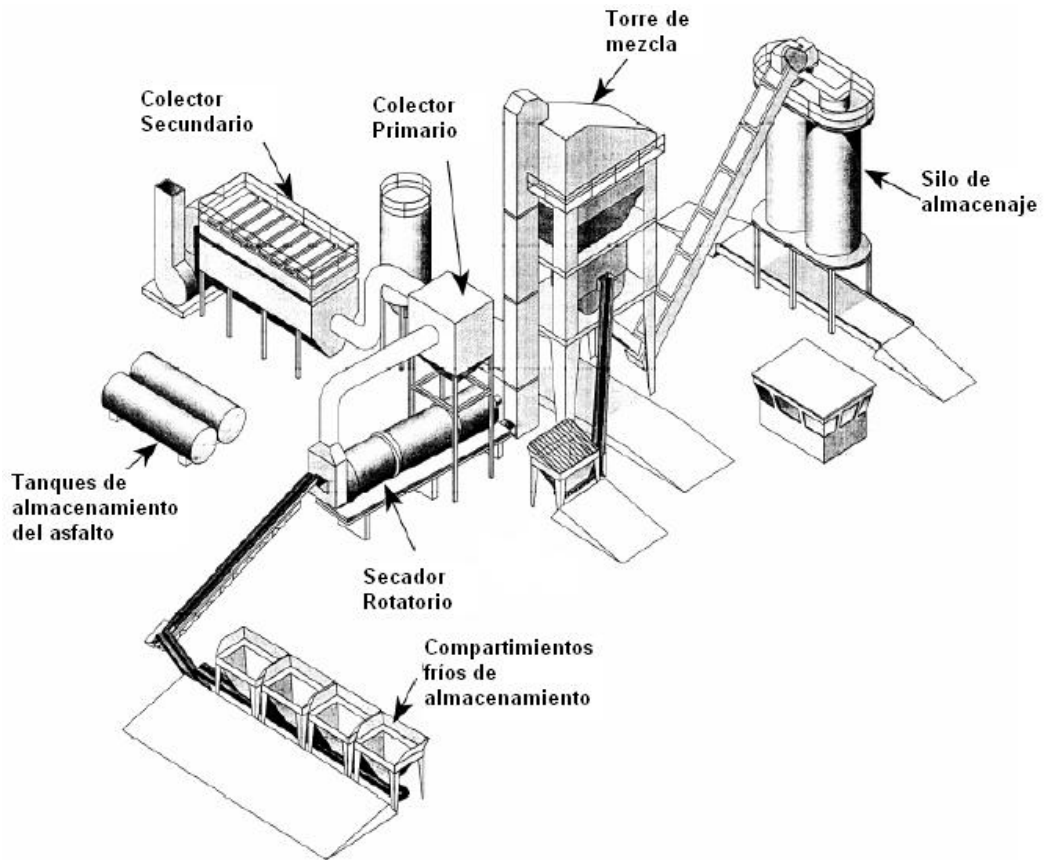
- La utilización de un sistema de secado en contra flujo, lo cual optimiza el proceso de quema reduciendo el consumo de combustible de la misma y,
- La producción de mezclas asfálticas con un alto cumplimiento en las especificaciones.
- Funcionamiento:

Los agregados almacenados en tolvas frías son movidos a través de bandas transportadoras con el fin de eliminar el agua naturalmente contenida en ellos, hacia un secador rotatorio, que puede ser a gas natural o a combustible. Durante este proceso de secado se presenta el escape de grandes cantidades indeseables de polvo a la atmósfera.

Una vez que los agregados han sido calentados (150°C a 190°C), son elevados a la torre de mezcla, donde son transferidos hacia tamices vibratorios que se encargan de separar el material en los diferentes tamaños obtenidos en el diseño previo de la mezcla.

A su vez, el asfalto líquido es bombeado desde un tanque de almacenamiento caliente hacia un compartimiento, donde es pesado para alcanzar la cantidad deseada en la mezcla final.

Figura 1.2. Esquema de una planta de producción discontinua.

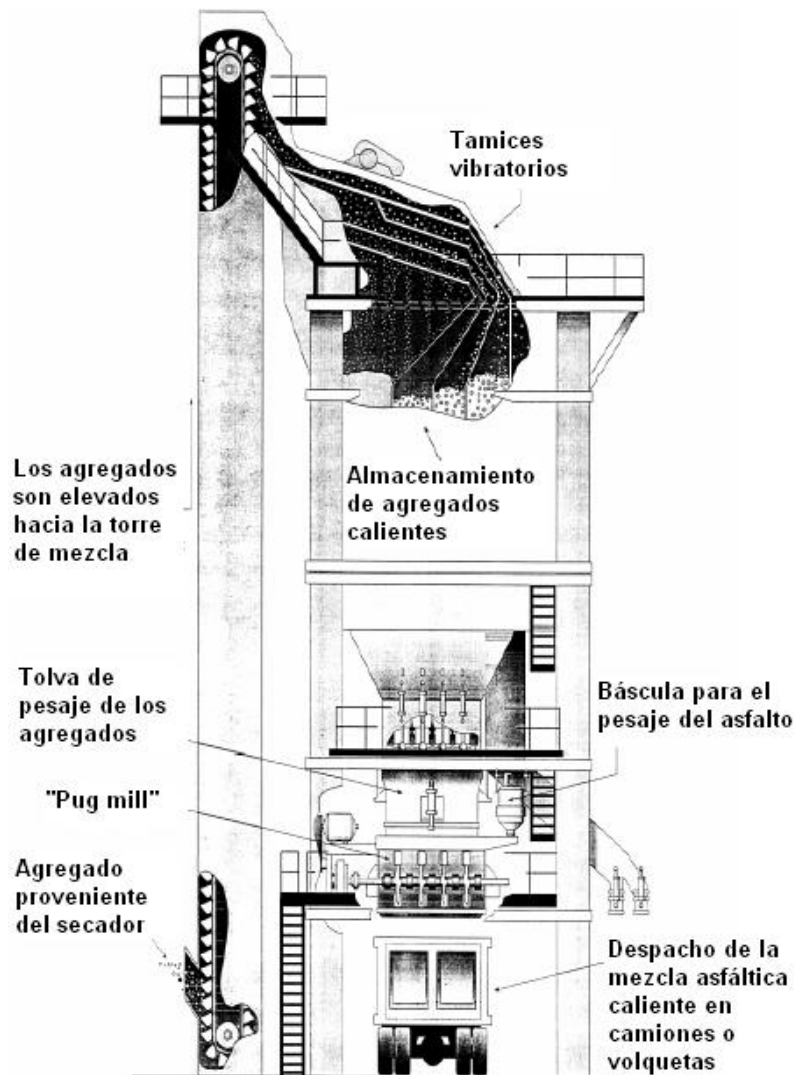


Fuente: United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing; 2000.

Los materiales previamente separados pasan de sus compartimientos calientes hacia una tolva de pesaje hasta que se obtiene la mezcla y el peso deseado. Seguidamente se dejan caer en el mezclador denominado “*pug mill*” donde son mezclados y secados entre 6 y 10 segundos.

El asfalto líquido es adicionado para combinarse con los agregados durante un tiempo adicional. El tiempo de mezclado generalmente es menor a 60 segundos.

Figura 1.3. Vista lateral de la torre de mezcla.



Fuente: United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing; 2000.

Finalmente la mezcla asfáltica caliente obtenida es transportada en bandas hacia los silos de almacenamiento o es trasladada hacia la obra en ejecución, a través de camiones y volquetas.

B. Plantas de Producción Continua con Mezcla Interna (*“Drum Mix Plants”*): se identifican porque la producción de mezcla ocurre dentro del tambor secador y el sentido de la llama es en flujo paralelo a los agregados.

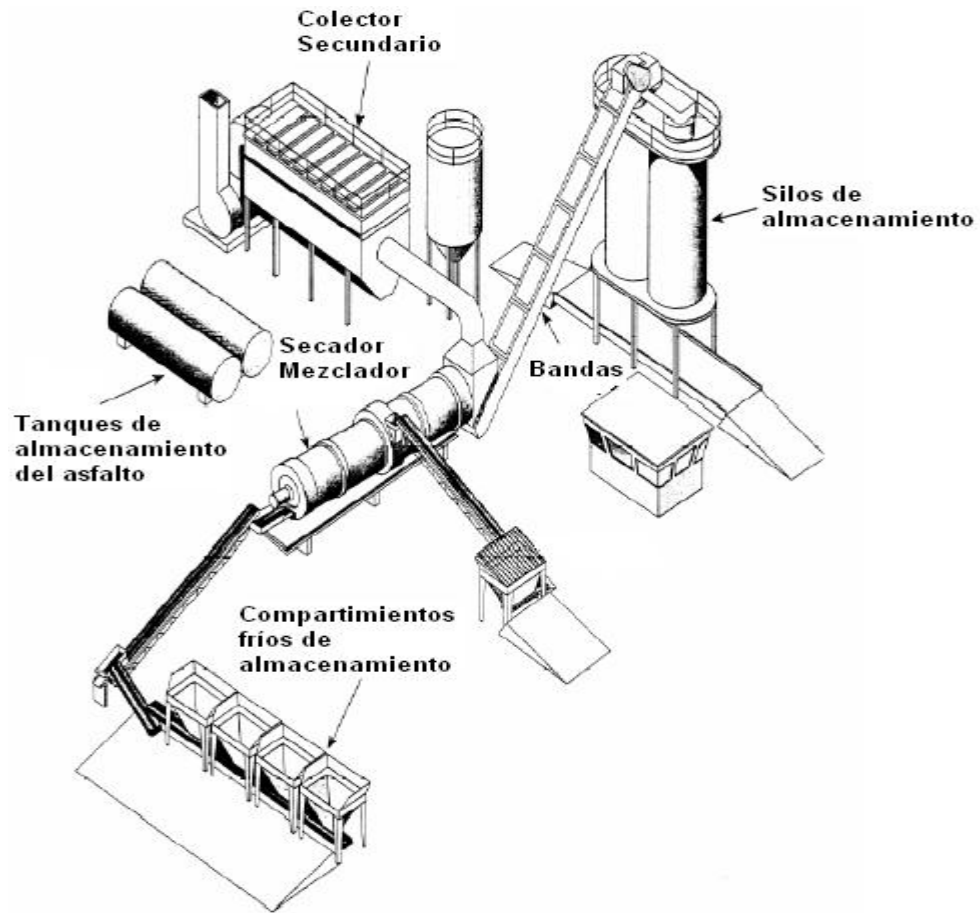
- Funcionamiento:

Los agregados son introducidos, en flujo paralelo, al tambor en movimiento hacia la zona de secado, en este momento los gases se encuentran en su mayor grado de temperatura (aproximadamente 700°C), la cual tiende a disminuir con el paso de los mismos por áreas de calentamiento y mezcla; el asfalto líquido es agregado directamente a la zona de mezcla en la franja donde se encuentra la temperatura más baja (la temperatura de los gases se encuentra alrededor de 200 y 300°C).

A continuación se procede con la combinación de todos los materiales con el fin de producir la mezcla asfáltica diseñada, que posteriormente será almacenada en los silos o se despachará.

Estas plantas producen mayores emisiones orgánicas a la atmósfera que las plantas discontinuas, debido a que el asfalto es expuesto a altas temperaturas con los agregados y a que la llama del tambor rotatorio es de forma abierta al ambiente.

Figura 1.4. Esquema de una planta de producción continua.



Fuente: United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing; 2000.

C. Plantas de Producción Continua con Mezcla Externa (*Counterflow Drum Mix Plant's*): surgen como una mejora a las tecnologías de las plantas de producción continua con mezcla interna, permitiendo la obtención de mezclas asfálticas de calidad a costos razonables de adquisición, operación y mantenimiento.

Su particularidad consiste en la fabricación de mezclas asfálticas con flujo de agregados en sentido contrario a la llama y que la zona de mezcla para el asfalto líquido, se localiza detrás de la zona de calentamiento para evitar que los materiales tengan contacto directo con los gases calientes generados durante el proceso.

La United States Environmental Protection Agency “EPA” (2000) registra en sus informes que la velocidad de producción anual de mezcla asfáltica caliente para una típica planta discontinua es de 100.000 ton/año, mientras que para una típica planta continua es de 200.000 ton/año.

## **2. MARCO JURÍDICO COLOMBIANO**

A nivel internacional, se han venido celebrando una serie de tratados sobre asuntos ambientales desde comienzos del siglo XX, en Colombia se puede remitir hacia los años 90, época en la cual se inicia una auténtica legislación ambiental.

El derecho ambiental Colombiano se centra en tres aspectos fundamentales<sup>2</sup>:

1. La protección de la calidad de vida humana contra los riesgos del ambiente.
2. La dominación y conservación de los recursos por medio de expedición de normas de manejo racionales y
3. El control del ecosistema del cual formaba parte el recurso.

La conservación y protección del recurso aire ha sido posible a través de la gestión realizada por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, creado el 16 de diciembre de 1993 por el Congreso Nacional, y es a través de leyes y decretos reglamentarios que se ha podido establecer normas para la conservación, protección y preservación del recurso; de igual forma se han creado normas preventivas y sancionatorias, y políticas de planeación y gestión ambiental.

### **2.1. Normas sobre el recurso aire**

Las principales normas que aplican sobre el recurso aire se muestran resumidas en la Tabla 2.1.

---

<sup>2</sup> Dra. Maria del Rosario Santos Aguirre; Legislación Ambiental y Sociedad; Universidad Industrial de Santander.

Tabla 2.1. Principales normas jurídicas colombianas sobre el recurso aire.

| NORMA JURÍDICA  | ARTICULOS  | CONTENIDO DESTACADO   |
|---|--|---|
| <p><b>DECRETO 2811 DE 1974</b><br/> <b>(Presidencia de la República):</b><br/>           CÓDIGO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES, RENOVABLES Y DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE.</p> | <p>Título VII - Parte II: De la atmósfera y del espacio aéreo.<br/>           Artículos: 73 al 76</p>                    | <p><b>Artículo 73:</b> Corresponde al gobierno mantener la atmósfera en condiciones que no causen molestias o daños o interfieran el desarrollo normal de la vida humana, animal o vegetal y de los recursos renovables.<br/> <b>Artículo 74:</b> Se prohibirá, restringirá o condicionará la descarga en la atmósfera de polvo, vapores, gases, humos, emanaciones, y en general, de sustancias de cualquier naturaleza que pueda causar enfermedad, daño o molestias a la comunidad o a sus integrantes, cuando sobre pasen los grados o niveles fijados.</p> |
| <p><b>LEY 9 DE 1979</b><br/> <b>(Congreso de la República):</b><br/>           CÓDIGO SANITARIO</p>   | <p>Título I: De la protección del medio ambiente - de las emisiones atmosféricas.<br/>           Artículos: 41 al 49</p> | <p><b>Artículo 43:</b> Las normas de emisión de sustancias contaminantes de la atmósfera se refieren a la tasa de descarga permitida de los agentes contaminantes.<br/> <b>Artículo 45:</b> Cuando las emisiones a la atmósfera de una fuente sobrepasen o puedan sobrepasar los límites establecidos en las normas, se procederá a aplicar los sistemas de tratamiento que le permitan cumplirlos.</p>   |

Fuente: El Autor.

Continúa.

Continuación de la Tabla 2.1.

| NORMA JURÍDICA   | ARTICULOS                              | CONTENIDO DESTACADO   |
|--|--|---|
| <p><b>DECRETO 2 DE 1982 (Ministerio de la Salud):</b><br/>NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE</p>   | <p>Capítulo II y<br/>Capítulo III</p>  | <p><b>Artículo 66:</b> Normas de emisión para plantas productoras de asfalto y mezclas de asfalto. Las plantas productoras de asfalto y mezclas asfálticas no podrán emitir al aire ambiente, partículas en cantidades superiores a las señaladas en este decreto.<br/><b>Artículo 69:</b> Los propietarios de las plantas productoras de asfalto y mezclas asfálticas, que emitan al aire partículas en cantidades superiores a las señaladas en el presente decreto, serán responsables de tales emisiones.</p> |
| <p><b>DECRETO 948 DE 1995 (Ministerio del Medio Ambiente):</b><br/>REGLAMENTO DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE</p> | <p>Capítulo III y<br/>Capítulo VII</p> | <p><b>Artículo 73:</b> Casos que requieren permiso de emisión atmosférica. Requerirá permiso previo de emisión la realización de algunas actividades como por ejemplo descargas de humos, gases, vapores, polvos o partículas por ductos o chimeneas de establecimientos industriales, comerciales o de servicio, entre otras.</p>  |

Fuente: El Autor.

Continúa.

Continuación de la Tabla 2.1.

| NORMA JURÍDICA  | ARTICULOS                          | CONTENIDO DESTACADO   |
|---|------------------------------------|---|
| <p><b>RESOLUCIÓN 619 DE 1997 (Ministerio del Medio Ambiente):</b><br/>FACTORES A PARTIR DE LOS CUALES SE REQUIERE PERMISO DE EMISIÓN ATMOSFÉRICA PARA FUENTES FIJAS</p> | <p>Artículo 1</p>                  | <p>2. Descarga de humos, gases, vapores, polvos o partículas por ductos o chimeneas de establecimientos industriales, comerciales o de servicios así: 2.14-Industrias de producción de mezclas asfálticas con hornos de secado de 30 Ton/día o más.</p>   |
| <p><b>RESOLUCIÓN 1208 DEL 2003 (DAMA):</b><br/>NORMAS SOBRE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR FUENTES FIJAS</p>                                  | <p>Capítulo III y Capítulo VII</p> | <p><b>Artículo 6:</b> Parámetros a monitorear en procesos productivos diferentes a procesos de combustión externa.<br/><b>Artículo 17:</b> Toda fuente fija de contaminación atmosférica de un proceso industrial que descargue contaminantes al aire deberá contar con un sistema de extracción localizada, chimenea y puertos de muestreo que permitan realizar el estudio de evaluación de emisiones atmosféricas y demostrar el cumplimiento normativo.</p> |

Fuente: El Autor.

## 2.2. Resolución 909 del 5 de Junio de 2008 — Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Resolución por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas:

- Capítulo II: Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas puntuales de actividades industriales:

Tabla 2.2. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25°C y 760mm Hg) con oxígeno de referencia del 11%.

| CONTAMINANTE                           | FLUJO DEL CONTAMINANTE (kg/h) | ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES DE CONTAMINANTES (mg/m <sup>3</sup> ) |                                 |
|--|-------------------------------|--|---------------------------------|
|  |                               | Actividades industriales existentes                                    | Actividades industriales nuevas |
| Material Particulado (MP)              | ≤ 0,5                         | 250  | 150                             |
|  | > 0,5                         | 150  | 50                              |
| Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )   | TODOS                         | 550  | 500                             |
| Óxidos de Nitrógeno (No <sub>x</sub> ) | TODOS                         | 550  | 500                             |
| Compuestos de Fluor Inorgánico (HF)    | TODOS                         | 8  |                                 |
| Compuestos de Cloro Inorgánico (HCl)   | TODOS                         | 40   |                                 |

Fuente: Resolución 909 del 5 de Junio del 2008; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Continúa.

Continuación de la Tabla 2.2.

| CONTAMINANTE  | FLUJO DEL CONTAMINANTE (kg/h) | ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES DE CONTAMINANTES (mg/m <sup>3</sup> ) |                                 |
|---|-------------------------------|--|---------------------------------|
|   |                               | Actividades industriales existentes                                    | Actividades industriales nuevas |
| Hidrocarburos Totales (HC <sub>T</sub> )  | TODOS                         | 50   |                                 |
| Dioxinas y Furanos  | TODOS                         | 0,5  |                                 |
| Neblina ácida o trióxido de azufre expresados como H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | TODOS                         | 150  |                                 |
| Plomo (Pb)  | TODOS                         | 1  |                                 |
| Cadmio (Cd) y sus compuestos  | TODOS                         | 1  |                                 |
| Cobre (Cu) y sus compuestos   | TODOS                         | 8  |                                 |

Fuente: Resolución 909 del 5 de Junio del 2008; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- En el Artículo 6 se establecen las actividades industriales y los contaminantes a monitorear por actividad industrial. En este caso, aplicaría la actividad industrial “Producción de mezcla asfáltica”, por lo tanto los contaminantes a los cuales se les debe hacer un riguroso seguimiento son el material particulado (MP), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

- El Artículo 95 constituye el “Registro Único Ambiental – RUA”, el cual determina que están obligados a diligenciarlo todos los establecimientos, cuyas actividades o equipos, de acuerdo a la normativa ambiental vigente, requieran de licencia ambiental, plan de manejo ambiental y/o permiso de emisiones. Debido a que la actividad industrial de producción de mezcla asfáltica necesita de la expedición de la licencia ambiental para su funcionamiento, debe cumplir con esta política establecida por el ministerio.

### **2.3. Ley 1333 del 21 de Julio del 2009 — Congreso de la República de Colombia**

Resolución por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

Título V: Medidas preventivas y sanciones:

A. Artículo 32: Carácter de las medidas preventivas. Las medidas preventivas son de ejecución inmediata, tienen carácter preventivo y transitorio, surten efectos inmediatos, contra ellas no procede recurso alguno y se aplicarán sin perjuicio de las sanciones a que hubiere lugar. Medidas preventivas:

- Artículo 37: Amonestación escrita. Consiste en la llamada de atención escrita a quien presuntamente ha infringido las normas ambientales sin poner en peligro grave la integridad o permanencia de los recursos naturales, el paisaje o la salud de las personas.
- Artículo 38: Decomiso y aprehensión preventivos. Consiste en la aprehensión material y temporal de los especímenes de fauna, flora, recursos hidrobiológicos y demás especies silvestres exóticos y el de productos, elementos, medios, equipos, vehículos, materias primas o implementos

utilizados para cometer la infracción ambiental o producido como resultado de la misma.

- Artículo 39: Suspensión de obra, proyecto o actividad. Consiste en la orden de cesar, por un tiempo determinado que fijará la autoridad ambiental, la ejecución de un proyecto, obra o actividad cuando de su realización pueda derivarse daño o peligro a los recursos naturales, al medio ambiente, al paisaje o la salud humana o cuando se haya iniciado sin contar con la licencia ambiental, permiso, concesión o autorización o cuando se incumplan los términos, condiciones y obligaciones en las mismas.
  
- B. Artículo 40: Sanciones. Las sanciones señaladas en este artículo se impondrán como principales o accesorias al responsable de la infracción ambiental. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, las Unidades Ambientales, los establecimientos públicos y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, impondrán al infractor de las normas ambientales, de acuerdo con la gravedad de la infracción mediante resolución motivada, alguna o algunas de las siguientes sanciones:
  - Artículo 43: Multa. Consiste en el pago de una suma de dinero que la autoridad ambiental impone a quien con su acción u omisión infringe las normas ambientales.
  
  - Artículo 44: Cierre temporal o definitivo del establecimiento, edificación o servicio. Consiste en poner fin a las actividades o tareas que en ellos se desarrollan, por la existencia de hechos o conductas contrarias a las disposiciones ambientales. Es temporal si se impone por un determinado período de tiempo y es definitivo cuando así se indique o no se fije un límite en el tiempo.

- Artículo 45: Revocatoria o caducidad de la licencia, permiso, concesión, autorización o registro. Consiste en dejar sin efectos los actos administrativos a través de los cuales se otorgó la licencia ambiental, permiso, autorización, concesión o registro.
- Artículo 46: Demolición de obra. Consiste en la destrucción a costa del infractor de una obra bajo parámetros técnicos establecidos por la autoridad competente en los casos a que hubiere lugar.
- Artículo 47: Decomiso definitivo de productos, elementos, medios o implementos utilizados para cometer la infracción. Consiste en la aprehensión del material y definitiva de los productos, elementos, medios e implementos utilizados para infringir las normas ambientales.
- Artículo 49: Trabajo comunitario en materia ambiental. La autoridad ambiental podrá imponer la sanción de trabajo comunitario en materias ambientales, a través de su vinculación temporal en alguno de los programas, proyectos y/o actividades que la autoridad ambiental tenga en curso directamente o en convenio con otras autoridades.

### **3. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR LAS EMISIONES EN PLANTAS TRITURADORAS Y DE ASFALTO**

El desarrollo acelerado en materia de infraestructura vial ha tenido como consecuencia la creación de nuevas plantas trituradoras y de asfalto que garanticen la producción demandada por el sector, esto a su vez, ha conllevado al aumento en niveles significativos, de las emisiones constantes a la atmósfera de material particulado y gases contaminantes, que en los últimos años han contribuido al deterioro de la capa de ozono, afianzando cada día más el problema sobre el calentamiento global.

#### **3.1. Emisiones en plantas trituradoras**

En las plantas trituradoras la principal contaminación atmosférica consiste en la emisión de material particulado debido al proceso de trituración de las piedras y al desplazamiento del material a través de las bandas transportadoras, ya que se encuentran expuestas al aire libre.

Adicionalmente se debe tener en cuenta que durante el transporte y almacenamiento de los materiales previamente triturados en pilas, se presenta una liberación de compuestos orgánicos volátiles y material particulado, todos ellos con impactos negativos sobre la salud humana.

Figura 3.1. Contaminación atmosférica de una planta trituradora.



Fuente: ABL Internacional S.A; <http://www.ablisa.com/>

### 3.2. Emisiones en plantas de asfalto

Las plantas de producción de mezcla asfáltica en caliente tienen principalmente dos tipos de fuentes de emisiones<sup>3</sup>:

- Fuentes Conducidas (Canalizadas): aquellas cuyas emanaciones salen a la atmósfera a través de respiraderos, chimeneas o ductos.
- Fuentes Fugitivas (Dispersas): aquellas que no están encauzadas en ductos ni respiraderos pero son emitidas directamente de la fuente a la atmósfera.

Para las plantas discontinuas, en la etapa de secado y en el transporte de la mezcla, se canalizan las emisiones de material particulado, vapor de agua y

---

<sup>3</sup> United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt plants emission assessment report, 2000.

residuos de la combustión. De acuerdo con el balance de masa, el valor típico de las emisiones de vapor de agua y material particulado corresponden a<sup>4</sup>:

Tabla 3.1. Emisiones de vapor de agua y material particulado en la etapa de secado para plantas discontinuas.

| <b>EMISIONES</b>     | <b>TON./TON. DE PRODUCTO</b> |
|----------------------|------------------------------|
| Vapor de agua        | 0,07                         |
| Material particulado | 0,08                         |

Fuente: [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/321909/321909\\_fucon.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/321909/321909_fucon.htm).

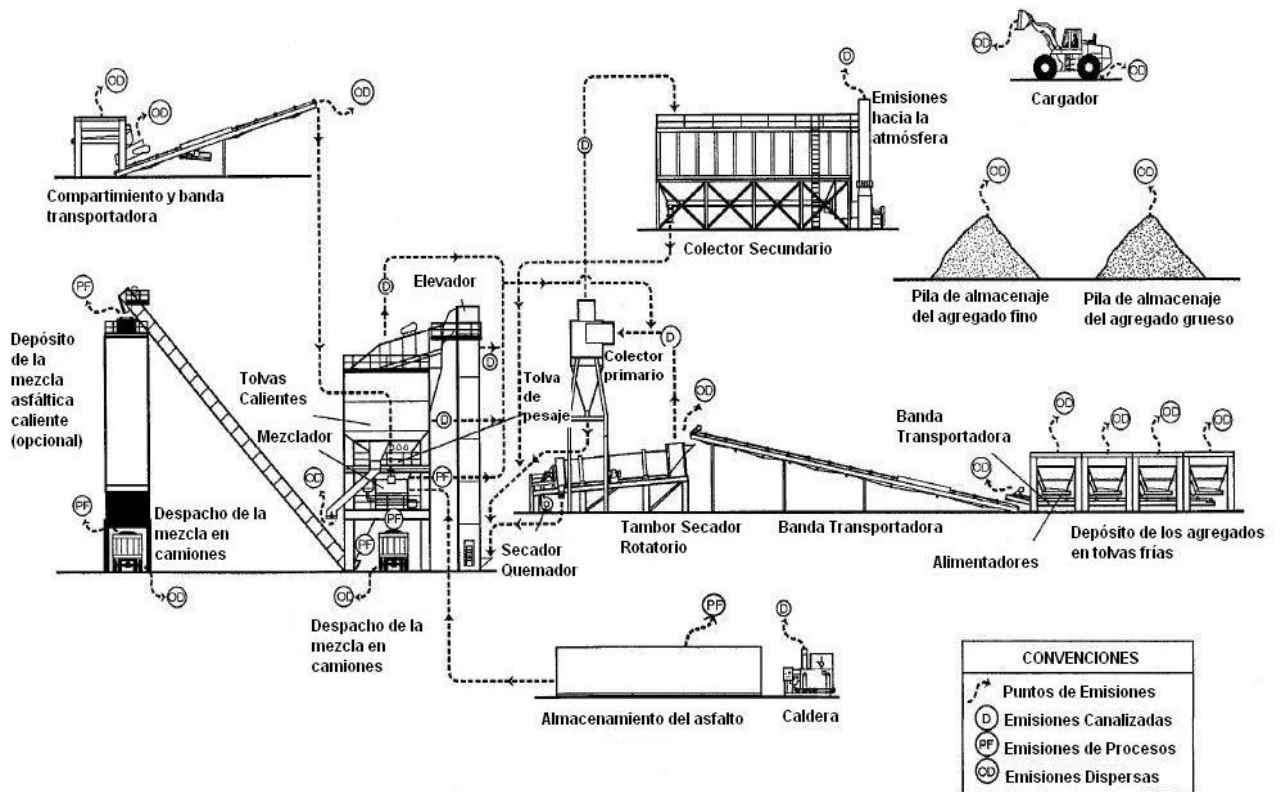
La fuga de emisiones en el proceso se centra en el mezclador, silos de almacenamiento temporal de la mezcla, y durante el descargue del producto en las volquetas. Estas fugas pueden contener compuestos orgánicos gaseosos, aerosoles y finos de partículas condensadas.

Para las plantas continuas, la principal fuente de emisión conducida se presenta en el tambor secador, en donde además de la generación de vapor de agua, productos de combustión y material particulado, se producen pequeñas cantidades de compuestos orgánicos de varias especies, los cuales resultan tanto de la combustión incompleta como del calentamiento y mezcla del cemento asfáltico.

---

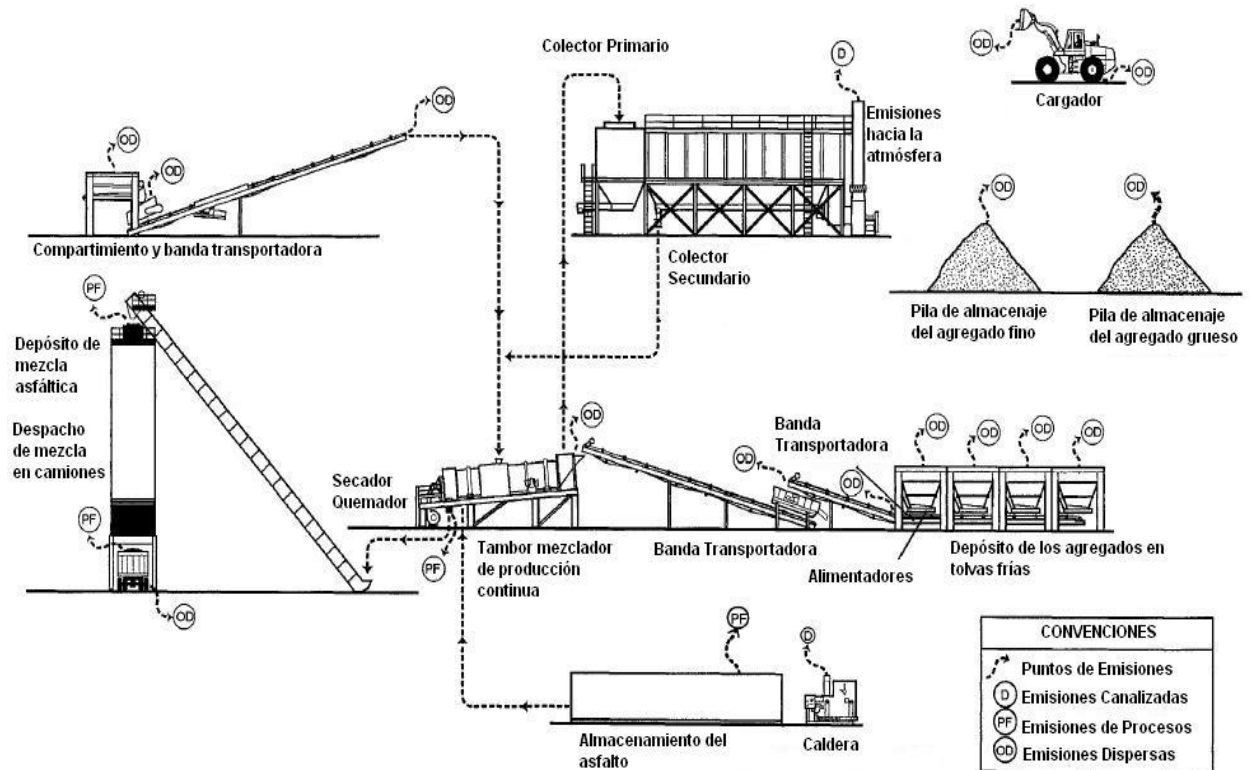
<sup>4</sup> [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/321909/321909\\_fucon.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/321909/321909_fucon.htm).

Figura 3.2. Determinación de las fuentes de emisiones en una planta de producción discontinua.



Fuente: United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing; 2000.

Figura 3.3. Determinación de las fuentes de emisiones en una planta de producción continua.



Fuente: United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing; 2000.

Las principales emisiones generadas por las plantas de asfalto son:

- Monóxido de carbono (CO).
- Azufre (S).
- Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>).
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos.
- Fenol.
- Tolueno.
- Xileno.
- Nafta.
- Estireno.

- Formaldehído.
- Benceno.
- Arsénico.
- Cadmio.

Figura 3.4. Contaminación atmosférica de una planta de asfalto.



Fuente: CI GRODCO S EN CA; 2010.

La liberación de estos contaminantes hacia la atmósfera, resultan de los siguientes procesos:

- La reacción del nitrógeno y el oxígeno en el secador genera las emisiones de óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) en la zona de combustión.
- Las emisiones de dióxido de sulfuro ( $\text{SO}_2$ ) son producto de la oxidación del sulfuro contenido en los compuestos del combustible.

- Las emisiones de partículas resultan de la volatilización de materiales que posteriormente son condensados y de la manipulación de los mismos.
- Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) son el subproducto de una combustión incompleta.

Secundariamente, en el proceso de producción de la mezcla, es importante conocer la procedencia y la calidad de los áridos utilizados, que por su mayor o menor contenido de material fino, determina la cantidad de polvo que se emite a la atmósfera, así como la cantidad de cemento asfáltico que se consume por unidad de volumen de mezcla asfáltica producida.

Tabla 3.2. Emisiones de contaminantes anuales estimadas para las diferentes plantas de producción de asfalto.

| <b>EMISIONES ANUALES ESTIMADAS</b> |                           |                              |                          |                           |                              |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|
| <b>PLANTAS DISCONTINUAS</b>        |                           |                              | <b>PLANTAS CONTINUAS</b> |                           |                              |
| <b>CONTAMINANTE</b>                | <b>Secador a gasolina</b> | <b>Secador a gas natural</b> | <b>CONTAMINANTE</b>      | <b>Secador a gasolina</b> | <b>Secador a gas natural</b> |
|                                    | <b>EMISIONES (Lb/año)</b> |                              |                          | <b>EMISIONES (Lb/año)</b> |                              |
| PM-10                              | 2700                      | 2700                         | PM-10                    | 4600                      | 4600                         |
| COV                                | 820                       | 820                          | COV                      | 6400                      | 6400                         |
| CO                                 | 40000                     | 40000                        | CO                       | 26000                     | 26000                        |
| SO <sub>2</sub>                    | 8800                      | 460                          | SO <sub>2</sub>          | 2200                      | 680                          |
| NO <sub>x</sub>                    | 12000                     | 2500                         | NO <sub>x</sub>          | 11000                     | 5200                         |

Fuente: United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing; 2000.

Continúa.

Continuación de la table 3.2.

| <b>EMISIONES ANUALES ESTIMADAS</b> |  |                          |  |
|------------------------------------|--|--------------------------|--|
| <b>PLANTAS DISCONTINUAS</b>        |  | <b>PLANTAS CONTINUAS</b> |  |
| <b>CONTAMINANTE</b>                | <b>Emisiones generadas en los procesos</b> | <b>CONTAMINANTE</b>      | <b>Emisiones generadas en los procesos</b> |
|                                    | <b>EMISIONES (Lb/año)</b>                  |                          | <b>EMISIONES (Lb/año)</b>                  |
| PM-10                              | 52   | PM-10                    | 104  |
| COV                                | 391  | COV                      | 780  |
| CO                                 | 135  | CO                       | 270  |

Fuente: United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt production and testing; 2000.

Se estima que una planta con capacidad para producir 130 Ton/hora, produce al menos 312 mil Ton de asfalto al año, si trabajara solo 200 de los 365 días. Cálculos hechos en los Estados Unidos, indican que una planta de ese tamaño emitiría 76.300 Kg de contaminantes gaseosos por año<sup>5</sup>.

Actualmente, diversos estudios a nivel mundial, han logrado determinar un factor de emisión el cual relaciona la cantidad (peso) de agentes contaminadores emitidos por unidad de actividad de la fuente.

Los factores de emisión para la industria de la mezcla asfáltica en caliente son generalmente determinados en unidades de libras de agentes contaminadores emitidos por tonelada de mezcla asfáltica en caliente producida<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> <http://www.ecoportat.net/content/view/full/87793>; 2009.

<sup>6</sup> United States Environmental Protection Agency; Hot mix asphalt plants emission assessment report, 2000.

Las emisiones anuales para un fuente específica puede ser estimada multiplicando el rendimiento anual o la rata de producción para esa fuente, por su factor de emisión correspondiente. La serie de factores de emisión desarrollados por la EPA es bastante completa y confiable, y se encuentran especificados en el documento denominado "AP-42".

### **3.3. Impactos sobre la salud humana**

Los efectos inmediatos generados por una alta exposición a los vapores del asfalto se relacionan con:

- Dolores de cabeza.
- Erupciones de la piel.
- Fatiga.
- Irritación de los ojos y de la garganta
- Mareos.
- Náuseas.
- Tos constante.

A largo plazo, las personas expuestas repetidamente al asfalto, como los operadores de las plantas, muestran un incremento en el riesgo de contraer cáncer de pulmón, de esófago, de piel, de vejiga y hasta leucemia, pero desafortunadamente no se ha podido establecer el grado de exposición necesario para causar tales efectos.

El tolueno, nafta, benceno y el arsénico son compuestos relacionados directamente con problemas cancerígenos en el hombre, mientras que el fenol y el estireno tienen efectos tóxicos sobre el sistema nervioso central. Se debe tener especial cuidado con el formaldehido y el arsénico, pues estudios a nivel mundial

han observado depósitos en niveles peligrosos hasta a 3 Km de distancia de donde se ubica la planta productora de asfalto.

Las “*PM-10*” (partículas cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$ ) al ser inhaladas penetran con facilidad al sistema respiratorio causando efectos adversos a la salud de las personas, por viajar más profundamente en los pulmones y por estar compuestas de elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos que causan cáncer).

En general, las “*PM-10*” están relacionadas con enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares y cáncer de pulmón; a largo plazo se ha estimado que la exposición a partículas en suspensión puede llegar a reducir la esperanza de vida entre varios meses y dos años.

Las emisiones contaminantes provenientes de las plantas no solo tienen efectos directos sobre la salud humana, sino que también presentan otras consecuencias como por ejemplo la destrucción del medio ambiente y de la naturaleza que se encuentra alrededor, pues los vientos generan el desplazamiento de material particulado a varios kilómetros de distancia ocasionando el recubrimiento de los árboles que se encuentren a su paso, de igual forma, se ven afectados los terrenos y las casas de la población circundante con la presencia constante de polvo y la desvalorización de dichas propiedades.

Según la organización ambientalista Blue Ridge Environment Defense League (BREDL) en estudios relacionados con el impacto adverso sobre el valor de las propiedades y la salud de los residentes cercanos a las plantas, en un radio de menos de 2 km, documentaron pérdidas hasta un 56% en el precio de los inmuebles, aparte de que cerca del 50% de los residentes experimentaron

deterioro evidente en su salud a partir del momento en que las plantas iniciaron su operación<sup>7</sup>.

Adicionalmente, dependiendo de la demanda que tenga el material, si se tiene una alta producción, el parque automotor encargado de despachar los productos finales deberá ser mayor, por lo cual aumentarán notable las emanaciones de gases de motores diesel y una alta contaminación auditiva.

---

<sup>7</sup> <http://www.ecoportat.net/content/view/full/87793>; 2009.

## **4. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS PARA CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN**

Gracias a los avances tecnológicos desarrollados por diferentes laboratorios y empresas, hoy día se puede contar con diversas alternativas que permitan reducir los grandes impactos negativos que han venido presentando durante el transcurso de los últimos años, tanto las plantas trituradoras como las de asfalto, por la producción de mezcla asfáltica en caliente, optimizando los procesos y mejorando los índices de producción y calidad del producto.

### **4.1. Medidas Preventivas y de Mitigación**

Las primeras opciones plantean medidas preventivas y de mitigación, cuya implementación permitirían reducir en cortos tiempos y a costos accesibles, las emisiones de contaminantes provenientes de las planta. Entre ellas se encuentran:

- Disminuir la intensidad de producción o el número de horas de operación de la planta en los períodos de malas condiciones de dispersión en la atmósfera.
- Elevar la altura de las chimeneas.
- Calibrar correctamente los sistemas de quema o combustión de hidrocarburos.
- Mantenimiento preventivo y el control de equipos e instalaciones.
- Usar combustibles con menor contenido de azufre en los calentadores de asfalto.
- Plantar cortinas de árboles alrededor de la planta.

- Reducir la altura de caída del material durante el movimiento del mismo (cargas y descargas).
- Monitorear periódicamente las emisiones de los contaminantes.
- Contratar personal especializado.
- Programar cursos de capacitación al personal con el fin de despertar la conciencia de protección del medio ambiente.

Figura 4.1. Medidor “Hi-Vol” para muestreos de partículas suspendidas totales.



Fuente: CI GRODCO S EN CA.

Figura 4.2. Medidor para muestreos isocinéticos.



Fuente: CI GRODCO S EN CA.

Figura 4.3. Cubrimiento de la planta trituradora con geotextil.



Fuente: CI GRODCO S EN CA.

## **4.2. Medidas Correctivas**

Cuando las medidas de mitigación no son suficientes debido a que los controles periódicos siguen demostrando niveles altos en las emisiones de los contaminantes, es necesario recurrir a la adecuación y ejecución de medidas correctivas.

Como la principal fuente de emisiones en las plantas trituradoras se presenta en las emanaciones de material particulado durante el desplazamiento de los materiales a través de las bandas transportadoras, se tienen básicamente dos medidas correctivas:

- Encapsulamiento de las bandas transportadoras, con lo que se tendrá una disminución del 90% del índice de partículas suspendidas totales.
- El uso frecuente de irrigadores de agua, que se encargan básicamente de mantener húmedo el material con el fin de evitar las emanaciones de polvo. Se debe tener especial cuidado en los tiempos de riego establecidos y en la cantidad de agua a utilizar, evitando el humedecimiento excesivo del material.

Figura 4.4. Irrigadores de agua en plantas trituradoras.



Fuente: CI GRODCO S EN CA.

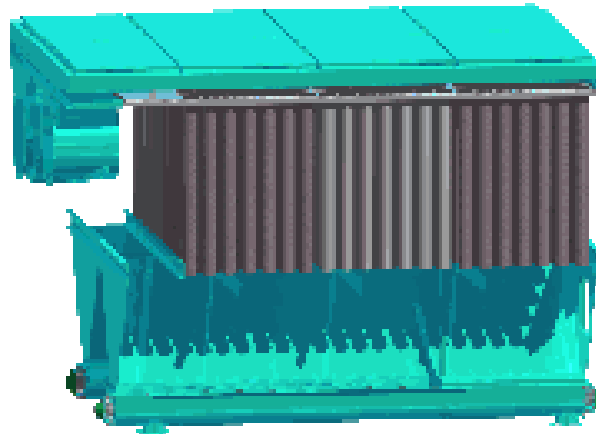
Para las plantas de asfalto las medidas correctivas que se pueden implementar son:

A. Proceso de filtrado: para gases y recuperación de finos; está dividido en dos etapas: un exclusivo pre-colector de polvo llamado de separador estático y un proceso de filtrado de superficie en seco:

- Pre-colector de particulados: el pre-colector de polvo retiene con alta eficiencia las partículas con tamaño hasta  $75 \mu\text{m}$  y las regresa de forma continua y directa al elevador de áridos calientes.
- Filtro de mangas ("*bag-house*"): utiliza mangas lisas o plegadas de alta capacidad, que permiten la producción de asfalto sin riesgos de contaminación

ambiental. Las mangas filtran las partículas menores que el separador estático no captó, a través del paso de los gases por un textil filtrante.

Figura 4.5. Filtro de mangas lisas.



Fuente: ABL Internacional S.A; <http://www.ablisa.com/>

Las mangas plegadas utilizan el filtrado superficial lo que le garantiza un menor riesgo de impregnación, mejor eficiencia de limpieza y aumento de su vida útil. Sus características son:

- Filtrado superficial.
- Mangas lavables.
- Área de filtrado 5 veces superior que en las mangas lisas.
- Eficiencia total de filtrado.
- Colector de finos.

Figura 4.6. Filtro de mangas plegables.



Fuente: [http://www.ciber.com.br/es/tecnologias/plantas-de-asfalto-discontinuas\\_/main\\_components/key\\_components\\_1.html](http://www.ciber.com.br/es/tecnologias/plantas-de-asfalto-discontinuas_/main_components/key_components_1.html)

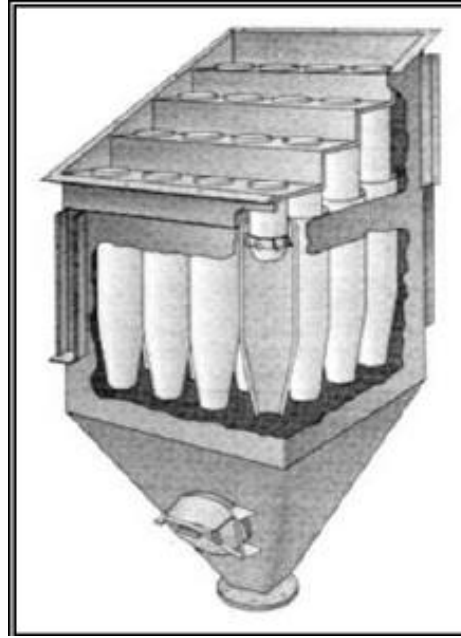
El “*baghouse*” tiene una doble función: evita la polución del ambiente al no permitir la emanación de polvo y otros contaminantes y, adicionalmente reincorpora éstos finos a la mezcla asfáltica.

B. Ciclones: para recuperación de “*filler*” con tamaños superiores a 10 micras. Su buen funcionamiento está asociado a la caída de presión del flujo de gases a través del sistema. Se clasifican en:

- Ciclones de alta capacidad: son capaces de capturar grandes cantidades de partículas pero no las más finas.
- Ciclones de alta eficiencia: retienen las partículas muy finas pero su capacidad es bastante reducida.

Estos aspectos obligan a utilizar baterías de ciclones demasiado grandes que generan una pérdida de presión en el sistema que demanda demasiada energía para poder mover los gases con el caudal y velocidad requeridas en la planta<sup>8</sup>.

Figura 4.7. Ciclón.



Fuente: Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas.

C. Lavadores húmedos: es un sistema en el que los gases, en el momento previo a su salida a la atmósfera, son sometidos a un lavado, de forma tal que el agua atomizada recupera las partículas que flotan en los gases y las transporta hasta una piscina de decantación (piscina de lodos), donde las partículas más pesadas se decantan y el agua y las partículas menos densas fluyen.

---

<sup>8</sup> ABL INTERNACIONAL S.A.; Su mejor opción en plantas de asfalto, concreto y trituración;  
<http://www.ablisa.com/>

Este sistema se usa principalmente en plantas de flujo paralelo ya que su eficiencia depende de los procesos de captación de polvos previos, que en ésta son la lluvia de asfalto en el proceso de mezcla y una cámara de expansión que reduce la velocidad de los gases y precipita las partículas más pesadas, así se logra una eficiencia del 95%<sup>9</sup>.

D. Precipitadores electrostáticos — PES: se caracterizan por su alta eficiencia en la remoción de material particulado, especialmente cuando el volumen de los gases de emisión es alto y es necesario recuperar materiales valiosos sin modificaciones físicas. Utiliza un campo eléctrico para mover las partículas fuera de la corriente del gas y sobre las placas del colector.

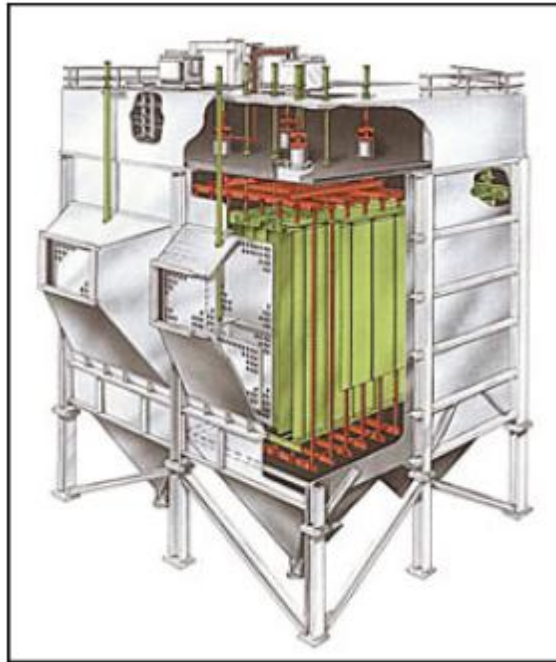
Las emisiones contaminantes que contienen el material particulado pasa a través de un campo eléctrico donde las partículas son cargadas negativamente y atraídas por un electrodo colector con carga opuesta; por medio de un sistema de golpeteo se limpia el electrodo y se recogen las partículas en una tolva localizada en la parte inferior del precipitador<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> ABL INTERNACIONAL S.A.; Su mejor opción en plantas de asfalto, concreto y trituración; <http://www.ablisa.com/>

<sup>10</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, 2009.

Figura 4.8. Precipitador Electrostático.



Fuente: Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas.

La ejecución de una o varias medidas correctivas dependerá de criterios como:

- La eficiencia que se desea obtener con el sistema de control, logrando niveles de emisiones por debajo de los permitidos por las leyes ambientales.
- El costo de la implementación y adaptación de la alternativa a las condiciones de la planta de producción.
- El tiempo de vida útil del sistema correctivo aplicado, analizando la relación beneficio – costo.



## 5. NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA DISMINUIR LAS EMISIONES CONTAMINANTES

El acelerado crecimiento de la industria de producción de mezcla asfáltica, no solo en Colombia sino también a nivel mundial, demuestra la necesidad de buscar nuevas y mejores alternativas que en un principio permitan controlar las emisiones de contaminantes pero que a mediano plazo, se logre obtener una cero contaminación atmosférica, evitando consecuencias sobre la salud humana y alcanzando a suplir la demanda en la producción.

Las últimas tecnologías que se pueden encontrar en el mercado actual son:

- A. Línea de plantas de asfalto “*UACF-Advanced*” producidas por la empresa Ciber: se caracterizan porque su proceso de secado de los áridos se presenta por separado del proceso de mezcla; de esta forma, se evita la exposición del asfalto a las altas temperaturas registradas en el interior del cilindro secador, responsable de la oxidación prematura de la mezcla y de la producción de gases tóxicos, factores negativos comunes en el proceso de producción de la tecnología del tipo “*Drum-Mix*” altamente combatidos por los ambientalistas a nivel mundial<sup>11</sup>.

Otro dispositivo que proporciona calidad a los equipos es el sistema de filtrado compuesto de un separador estático que retienen hasta el 90% de los finos producidos en el proceso y de un filtro de mangas con tecnología de filtrado de superficie que se encarga de la recuperación y reincorporación a la mezcla bituminosa del restante 10%.

---

<sup>11</sup> Calidad ambiental en las plantas de asfalto, Ciber.

Como resultado del proceso, este eficiente sistema lanza al ambiente solamente vapor de agua con la emisión de partículas menores a 25 mg, los cuales representan niveles inferiores a los permitidos por los organismos ambientales internacionales.

Los controles también generan una mejora en la calidad del producto final, pues las impurezas, además de controladas, se convierten en ligantes minerales que proporcionan estabilidad a la mezcla bituminosa.

B. Tecnologías ecológicas de mezclas bituminosas con adición de polímeros especiales o caucho reciclado en la mezcla: las mezclas bituminosas están definidas como materiales resultantes de la combinación de áridos y un ligante hidrocarbonado, entre los cuales se encuentran los betunes asfálticos y los betunes modificados mediante la adición de polímeros, caucho, asfaltos naturales u otro tipo de compuestos.

La idea de modificar las mezclas parte del hecho de cambiar y mejorar sus propiedades, proporcionando una mayor cohesión y tenacidad a la mezcla y una mayor resistencia a la fatiga y a las deformaciones plásticas<sup>12</sup>.

Diferentes ensayos de laboratorio y de campo, han demostrado que estas mezclas bituminosas con adiciones no solo mejoran notablemente sus propiedades sino que a su vez, durante el proceso de producción de las mismas, las emisiones contaminantes registran niveles por debajo de los índices determinados por la legislación mundial.

C. Bonificador independiente para agregados para asfalto — B.I.Agr.A. de ABL Internacional S.A.: dirigido a potenciar plantas que no satisfacen las

---

<sup>12</sup> [http://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Contenidos\\_comunes/Documentos/capitulo\\_5\\_1.pdf](http://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Contenidos_comunes/Documentos/capitulo_5_1.pdf)

expectativas de producción, ayudando en el manejo del material particulado haciendo que los gruesos vayan por la instalación existente dado que, como llevan muy pocos finos, el control húmedo es suficiente<sup>13</sup>.

Los finos van por el “*B.I.Agr.A.*” que está dotado de filtro de mangas, los dos flujos se unen y penetran un mezclador de tambor donde se reagrupan y mezclan con el asfalto. Esta solución es costosa pero tiene la ventaja de que se pueden conseguir incrementos superiores al 50% en la capacidad de la planta cumpliendo plenamente con los requerimientos de la ley ambiental.

---

<sup>13</sup> ABL INTERNACIONAL S.A.; Su mejor opción en plantas de asfalto, concreto y trituración;  
<http://www.ablisa.com/>

## 6. CONCLUSIONES

- El crecimiento de las economías mundiales conlleva varias consecuencias, entre ellas, el desarrollo vial en las ciudades con el fin de permitir el intercambio de bienes y servicios logrando mejorar cada día más la calidad de vida de las personas; este progreso se ve reflejado en el incremento de la demanda de producción de mezclas asfálticas generando el aumento de las emisiones de contaminantes hacia la atmósfera, razón por la cual se tiene la necesidad de desarrollar nuevas técnicas que permitan el control de la contaminación presentada.
- Debido al alto impacto social que generan las emisiones de contaminantes provenientes de las plantas trituradoras y de asfalto, se recomienda incluir el tema en los planes de manejo ambiental para las plantas, haciendo énfasis en las diferentes medidas de control y mitigación, y desarrollando planes de contingencia previniendo las situaciones más críticas que se puedan presentar.
- Se plantea continuar con la actualización de las leyes ambientales que busquen vigilar los niveles de las emanaciones contaminantes hacia la atmósfera sin afectar el crecimiento de la industria de producción de mezclas asfálticas ni la calidad del producto terminado.
- Para cada montaje que se realice de una planta trituradora o de asfalto, se deben analizar sus condiciones particulares con el fin de estudiar cuáles serían los métodos de control que mejor se adaptan a estas condiciones, teniendo en cuenta que los mismos se encuentren dentro de un rango accesible de costos para su implementación.

- Es responsabilidad de las autoridades ambientales la ejecución de muestreos periódicos a las emisiones provenientes de las plantas trituradoras y de asfalto con el fin de tener un seguimiento sobre la contaminación atmosférica generada por las mismas y de esta forma poder aplicar a tiempo medidas correctivas que frenen el avance del problema. Si en dado caso las medidas correctivas necesarias no son implementadas, deberán hacer uso de las infracciones y sanciones especificadas en las normas ambientales.
- Los resultados obtenidos de los chequeos habituales de las emanaciones de contaminantes, se deberán analizar minuciosamente para determinar que tecnología de control daría los mejores resultados. En dado caso que a pesar de haber implementado una técnica, los muestreos sigan arrojando niveles de emisiones por encima de los autorizados por las normas ambientales vigentes, se propone la combinación de dos o más tecnologías que permitan cumplir con los niveles establecidos.
- Esta monografía pone en manifiesto la insuficiente investigación que se ha realizado acerca del tema en estudio en el país, se busca entonces promover el desarrollo de ensayos investigativos que permitan recopilar más información y a su vez conducir a la creación de nuevas tecnologías que conlleven a una alta producción sin contaminación atmosférica.

## 7. RECOMENDACIONES

- Implementar en los planes de gestión ambiental de las plantas trituradoras y de asfalto el manejo y control de las emisiones contaminantes para disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana, tanto de los trabajadores como de la población que habita en los alrededores de las plantas.
- Establecer los índices de emisiones contaminantes de las plantas trituradoras y de asfalto colombianos, a través del estudio de los muestreos periódicos tomados para todas las plantas existentes en el país, de tal forma que se pueda contar con una base de datos propia que permita a las empresas determinar qué metodología de control obtendrá mejores resultados sobre las emanaciones de contaminantes emitidas a la atmósfera, cumpliendo los niveles establecidos previamente por las normas ambientales colombianas.
- Planear antes de realizar un montaje nuevo tanto de plantas trituradoras como de asfalto, la aplicación de medidas preventivas para las emisiones de contaminantes con el fin de evitar a futuro la ejecución de medidas correctivas que podrían acarrear sobrecostos a las empresas para disminuir la contaminación ambiental generada.
- Realizar más investigaciones sobre el tema de esta monografía con el objetivo de desarrollar nuevas técnicas de control sobre las emanaciones de contaminantes logrando altas eficiencias con producciones de mezclas asfálticas de alta calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; “Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas”, Colombia, Enero, 2009.

Pire, S.; Labadie, J.; “Contaminación del aire por plantas de asfalto”; UPADI 2008 Congreso de medio ambiente y desarrollo humano; Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, Cuba, 2008.

Washington State Department of Transportation; “Hot mix asphalt production and testing”; Construction Inspector’s Training Manual; Enero; 2005.

Cole, T.; Earle, C; Kohlenberg, L.; Nelso, S.; “Siting issues for gravel mines and asphalt plants”; Octubre; 2009.

United States Environmental Protection Agency; “Hot mix asphalt plants emission assessment report”; Office of Air Quality Planning and Standards; Diciembre; 2000.

Ciber; Wirtgen Group; “Calidad ambiental en las plantas de asfalto”.

Ciber; Wirtgen Group; “Plantas de asfalto del tipo discontinuas”.

Eastern Research Group, Inc.; “Preferred and alternative methods for estimating air emissions from hot-mix asphalt plants”; Emission Inventory Improvement Program; Final Report; Volume II: Chapter 3; Morrisville, North Carolina; Julio; 1996.

Missouri Department of Natural Resources; “Preventing pollution at hot mix Asphalt plants”; Missouri; Diciembre; 2004.

Presidencia de la República de Colombia; “Decreto 2811 de 1974”; Colombia; Diciembre; 1974.

Ministerio del Medio Ambiente; “Decreto 948 de 1995”; Colombia; Junio; 1995.

Congreso de Colombia; “Ley 9 de 1979”; Colombia; Enero; 1979.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; “Resolución número 909”; Colombia; Junio; 2008.

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA; “Resolución número 1208”; Colombia; Septiembre; 2003.

Congreso de la República; “Ley 1333 de 2009”; Colombia; Julio; 2009.

## **PÁGINAS WEB**

- [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/354002/354002\\_glob.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/354002/354002_glob.htm)
- [http://www.ciber.com.br/es/tecnologias/plantas-de-asfalto-contrafujo/operation\\_principles\\_2/Operation\\_Principles\\_2.html](http://www.ciber.com.br/es/tecnologias/plantas-de-asfalto-contrafujo/operation_principles_2/Operation_Principles_2.html)
- <http://hank.baaqmd.gov/pmt/handbook/s11c02pd.htm>
- <http://www.ecoportal.net/content/view/full/87793>

- [http://www.fizaltda.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=117&Itemid=258](http://www.fizaltda.com/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=258)
- [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/arauca/87061/docs\\_curso/C13\\_L4.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/arauca/87061/docs_curso/C13_L4.htm)
- [http://www.ladco.org/reports/control/white\\_papers/asphalt\\_plants.pdf](http://www.ladco.org/reports/control/white_papers/asphalt_plants.pdf)
- [http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/468\\_Presentacion\\_emisiones.pdf](http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/468_Presentacion_emisiones.pdf)
- <http://organismos.chubut.gov.ar/ambiente/files/2009/10/CARACTERISTICAS-GENERALES-PLANTA-DE-ASFALTO.pdf>
- [http://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Contenidos\\_comunes/Documentos/capitulo\\_5\\_1.pdf](http://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Contenidos_comunes/Documentos/capitulo_5_1.pdf)