

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
PROYECTO MDL EN UNA PLANTA DE ASFALTO**

ING. ADRIANA AVILA ZABALA

**Monografía para optar al título de
ESPECIALISTA EN INGENIERIA AMBIENTAL**

**Director
ING. Esp. HSEQ. MAURICIO HÓMEZ GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTA, D.C., 2008**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
PROYECTO MDL EN UNA PLANTA DE ASFALTO**

ING. ADRIANA AVILA ZABALA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTA, D.C., 2008**

Ni la Universidad Industrial de Santander, ni los jurados se hacen responsables de los conceptos expuestos en el presente documento.

Doy gracias a Dios por haber hecho posible el alcanzar una meta más en mi vida. A mis padres por su apoyo incondicional. A mi esposo, el amor de mi vida, por ser mi inspiración, mi compañía, mi amigo, mi apoyo y por hacer que viva cada día de mi vida como si fuera el último. A mis hijos, porque son lo mejor que me ha pasado.

Adriana.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Pavimentos Colombia, por su apoyo en la ejecución de este proyecto en cuanto a información y recursos.

Al Ing. Mario Casallas, por su gestión y apoyo para el desarrollo de las actividades planteadas.

A Juan Carlos Valenzuela, por encargarme la misión de desarrollar el proyecto.

Al Ingeniero Andrés Trujillo, Director de la Planta Bosa, por el apoyo logístico y la información brindada.

Al Ing. Conrado Lopera, Director de la Planta de Pavimentar S.A., por su colaboración y permiso para acceder a las instalaciones de la planta en Copacabana.

Al Ing. Mauricio Hómez, por su asistencia como Director.

Al Ing. Richard Díaz, por la colaboración prestada durante esta maratón.

A Sandra Garavito, Asesora de la Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático del Ministerio de Ambiente.

A todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron su granito de arena para hacer posible este logro.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCION | 1 |
| 1 OBJETIVOS | 5 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 6 |
| 3 GENERALIDADES | 7 |
| 3.1 PROTOCOLO DE KYOTO | 7 |
| 3.2 GASES EFECTO INVERNADERO | 10 |
| 3.3 MECANISMOS DE FLEXIBILIDAD | 11 |
| 3.3.1. MDL EN COLOMBIA | 13 |
| 4 MARCO LEGAL | 19 |
| 4.1 NACIONAL | 19 |
| 4.1.1 LEGISLACIÓN APLICABLE A PROYECTOS MDL | 19 |
| 4.1.2. INCENTIVOS TRIBUTARIOS – LEY 788 DE 2002 | 20 |
| 4.1.3. LEGISLACIÓN NACIONAL APLICABLE A LAS ACTIVIDADES PROPIAS DE LA PLANTA DE ASFALTO | 20 |
| 5 LA EMPRESA | 22 |
| 5.1 RESEÑA HISTÓRICA | 22 |
| 5.2 PLANTA DE ASFALTO EN BOSA | 23 |
| 5.3 EL PROCESO PRODUCTIVO | 24 |
| 5.3.1. ETAPAS | 24 |
| 5.3.2. LA PLANTA CEDARAPIDS. | 30 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6 | DESARROLLO DEL PROYECTO | 36 |
| 6.1 | DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 36 |
| 6.2 | ACTIVIDADES PROPUESTAS | 36 |
| 6.3 | CLASIFICACIÓN DEL PROYECTO | 37 |
| 6.4 | INFORMACIÓN REQUERIDA PARA ELABORAR LOS DOCUMENTOS EXIGIDOS PARA EL PROYECTO MDL EN COLOMBIA | 40 |
| 6.4.1. | REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA RESOLUCIÓN 453 DE 2004 | 40 |
| 6.4.2. | ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO NOTA IDEA DE PROYECTO (PIN) | 41 |
| 6.4.2.1. | Descripción del proyecto. | 41 |
| 6.4.2.2. | Tecnología a ser utilizada | 41 |
| 6.4.2.3. | Tipo de proyecto | 42 |
| 6.4.2.4. | Programación del proyecto | 42 |
| 6.4.2.5. | Posición del país anfitrión | 43 |
| 6.4.2.6. | Selección de la metodología de línea base y Monitoreo | 43 |
| 6.4.2.7. | Establecimiento de la línea base | 44 |
| 6.4.2.7.1. | Línea base para consumos de energía | 45 |
| 6.4.2.7.2. | Línea base de emisiones de GEI | 47 |
| 6.4.2.7.3. | Cálculo de emisiones totales | 49 |
| 6.4.2.8. | Costos estimados del proyecto | 55 |
| 7 | CONCLUSIONES | 57 |
| 8 | RECOMENDACIONES | 59 |
| 9 | BIBLIOGRAFIA | 60 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 1. | Distribución de la planta de asfaltos | 27 |
| Figura 2. | Acopio de Materiales | 28 |
| Figura 3. | Tolvas de alimentación. | 29 |
| Figura 4. | Banda transportadora central | 29 |
| Figura 5. | Tambor Secador | 31 |
| Figura 6. | Tanques de almacenamiento de asfalto | 31 |
| Figura 7. | Caldera | 32 |
| Figura 8. | Sistema de alabes y silo de almacenamiento | 32 |
| Figura 9. | Descarga en los vehículos | 33 |
| Figura 10. | Sistema de extracción y lavado de gases | 34 |
| Figura 11. | Flujograma de la planta CEDARAPIDS | 36 |
| Figura 12. | Esquema de la planta Cedarapids | 39 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabla 1. | Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Sector | 8 |
| Tabla 2. | Posición de países con compromisos cuantificados de limitación y reducción en millones de tCO ₂ e en el marco del Protocolo de Kyoto | 9 |
| Tabla 3. | Proyectos colombianos registrados ante la UNFCCC. | 18 |
| Tabla 4. | Portafolio Potencial de Proyectos Elegibles al Mecanismo de Desarrollo Limpio en Colombia | 19 |
| Tabla 5. | Consumos de energía por uso de motores en planta y caldera | 37 |
| Tabla 6. | Principales Características de la planta de asfalto | 40 |
| Tabla 7. | Categorías de Proyectos Tipo II | 44 |
| Tabla 8. | Datos de consumos de combustible para la caldera-Bogotá | 51 |
| Tabla 9. | Producción y consumo de combustibles planta Cedarapids | 51 |
| Tabla 10. | Consumo de energía por uso de ACPM y motores en caldera Bogotá | 52 |
| Tabla 11. | Consumo de energía por uso de crudo rubiales y motores en la planta Bogotá | 53 |
| Tabla 12. | Consumo de energía por uso de gas natural y motores (Antioquia) | 54 |
| Tabla 13. | Resultados de Análisis de GEI planta y caldera Bogotá | 56 |
| Tabla 14. | Resultados de Análisis de GEI planta y caldera Antioquia | 56 |
| Tabla 15. | Cálculo de emisiones totales planta Cedarapids-Bogotá. | 58 |
| Tabla 16. | Cálculo de emisiones totales Caldera-Bogotá. | 59 |
| Tabla 17. | Cálculo de emisiones para la planta Astec (Antioquia) | 61 |
| Tabla 18. | Costos estimados del proyecto. | 62 |

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO MDL EN UNA PLANTA DE ASFALTO.*

Autor: AVILA ZABALA, Adriana**

Palabras Clave: Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Gases Efecto Invernadero (GEI), Documento Nota Idea del Proyecto (PIN), Metodología de Línea Base, Eficiencia energética, Reducción de emisiones.

El procedimiento para la presentación y aprobación de proyectos de reducción de gases efecto invernadero establecido en la legislación nacional, se constituye en una guía práctica para las personas interesadas en someter a aprobación un proyecto MDL. Con base en los lineamientos establecidos, se recopiló la información relacionada con el proceso de producción de mezcla asfáltica, necesaria para la elaboración del documento Nota Idea de Proyecto, que debe ser presentado ante la Autoridad Nacional Designada (AND).

En este proyecto se obtuvieron datos sobre producción, consumo de combustibles, consumo de energía por uso de combustibles y motores y emisiones de GEI producidas en dos plantas productoras de mezcla asfáltica; la primera, perteneciente a la empresa Pavimentos Colombia, utilizada actualmente para la producción de mezcla asfáltica y la segunda, localizada en Copacabana (Antioquia), que corresponde a una tecnología más limpia, que será importada para sustituir a la existente. Con base en estos resultados se determinó si el cambio de tecnología, que a su vez requería una sustitución de combustible, incidía positivamente en la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y si la inversión requerida podría ser recuperada con la implementación de un proyecto MDL.

Finalmente, se determinó que con la instalación de la nueva planta y el cambio de combustible, la reducción en los consumos de energía no es la esperada, como tampoco lo es la reducción de las emisiones GEI, ya que la nueva tecnología es más limpia desde el punto de vista de emisiones de partículas al aire pero no por menores emisiones de GEI, lo que quiere decir que el proyecto no es factible desde el punto de vista técnico. Así mismo, la factibilidad económica se vio afectada por cuanto no se puede esperar un retorno de la inversión por negociación de Certificados de Emisiones Reducidas (CERs).

* Trabajo de grado

** Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Ing. Mauricio Hómez

ABSTRACT

TITLE: FEASIBILITY STUDY FOR THE IMPLEMENTATION OF A CDM PROJECT IN AN ASPHALT PLANT. *

Author: AVILA ZABALA, Adriana**

Key Words: Clean Development Mechanism (CDM), Greenhouse Gases (GHGs), Project Idea Note (PIN) Document, Baseline Methodology, Energy Efficiency, Emission Reductions.

The procedure for submission and approval of projects to reduce greenhouse gas emissions in national legislation, constitutes a practical guide for those interested in submitting for approval a draft CDM. Based on the guidelines established, collected information related to the production process of mixing asphalt, which is necessary for the development of Project Idea Note document, which must be submitted to the Designated National Authority (DNA).

The project collected data on production, fuel consumption, energy consumption by fuel use and greenhouse gas emissions and engines produced in two plants producing asphalt mix; the first, from the company Pavimentos Colombia, currently used for the production mixture of asphalt and the second, located in Copacabana (Antioquia), which corresponds to cleaner technology, which will be imported to replace the existing one. Based on these results it was determined whether the change of technology, which in turn required a replacement fuel, impacted positively on the reduction of emissions of greenhouse gases (GHGs) and whether the required investment could be recovered by implementing a CDM project.

It was finally determined that with the installation of the new plant and fuel switching, reduction in energy consumption is not expected, nor is the reduction of GHG emissions, as the new technology is cleaner since the standpoint of emissions of particulates in the air but not by lower greenhouse gas emissions, which means that the project is not feasible from a technical point of view. Likewise, the economic feasibility was affected since one can not expect a return on investment by negotiating Certified Emission Reductions (CERs).

* Thesis

** Chemical Enginner School. Environmental Enginner Especialist. Director: Ing. Mauricio Hómez G.

INTRODUCCION

A través del tiempo la humanidad ha evidenciado cambios ambientales producto no sólo de la explotación acelerada de los recursos naturales, sino del uso indiscriminado de combustibles fósiles y de agroquímicos, la industrialización, el mal manejo de residuos y usos de pesticidas, las quemadas indiscriminadas, las tallas no controladas y destrucción de los bosques, entre otras causales, lo que ha generado una alerta a nivel global sobre los posibles efectos que estas acciones pueden generar de continuar con un desarrollo de la humanidad de una manera no sostenible.

Las actuales tendencias ambientales de conservación, protección, recuperación y uso sostenible de los recursos naturales son algunas de las reacciones que ha tenido la humanidad para enfrentar la actual problemática global. La comunidad internacional ha tenido que tomar cartas en el asunto y es así como en reuniones internacionales se evidencia la necesidad de firmar acuerdos en la búsqueda de una reducción en los efectos globales que las actividades humanas están generando sobre el planeta.

El cambio climático es una realidad y uno de los mayores desafíos del siglo 21, teniendo en cuenta la magnitud de los efectos que puede causar el calentamiento global de continuar con las tendencias actuales. Es por esto que se han planteado diferentes estrategias para lograr cambios significativos para contrarrestar las alteraciones causadas al planeta.

Una de las principales estrategias durante la última década, y de la cual Colombia forma parte es el protocolo de Kioto, el cual busca disminuir la producción de gases efecto invernadero, sin embargo los logros no han sido suficientes. A finales del 2008 nace una nueva esperanza con la realización de la reunión anual de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, celebrada en la isla de Bali, Indonesia, en la cual sus dos principales objetivos son impulsar acciones de investigación, educación e inversión de recursos para reducir la liberación de gases de efecto invernadero, causada por la deforestación en los países en desarrollo y desarrollar

tecnologías limpias. Es en éste objetivo en donde se sustenta la implementación de Mecanismos de Desarrollo Limpio MDL, los cuales son una herramienta para el crecimiento económico sostenible y su función es la de proveer soluciones comprobadas y reales para la reducción de emisiones al aire, el consumo eficiente de energía, mejoras en la productividad y competitividad, y el mejoramiento de la calidad de vida.

Tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, es la industria la que genera los mayores problemas de contaminación y de emisiones al aire a nivel mundial. Para dar solución a este problema, las industrias están realizando cambios tecnológicos y de procesos como rediseño y reformulación de sus productos (por medio de sustitución de insumos y materias primas), modificación de procesos, cambio de equipos de plantas procesadoras (por equipos de alta tecnología); que se reflejan en la reducción de sus emisiones. En lo que respecta a la formulación de proyectos MDL, los países en desarrollo deben implementar estos cambios, que ya han sido introducidos en países industrializados, lo cual se convierte en una oportunidad de evitar caer en los errores cometidos por los países desarrollados.

La formulación de proyectos MDL en Colombia, se ha visto limitada principalmente por el tema de seguridad y orden público. Es por esto que la presentación de este tipo de proyectos debe ofrecer un mayor retorno al inversionista extranjero y beneficios colaterales atractivos. Otras limitantes son la falta de información, la falta de financiación y la falta de experiencia para la formulación y desarrollo de los proyectos.

A nivel tecnológico y económico Colombia no está en desventaja con países como México, Brasil o Costa Rica para la implementación de proyectos MDL. Colombia es un país en vías de desarrollo, en el que el sector productivo es ineficiente y las tecnologías utilizadas son obsoletas, lo que paradójicamente se convierte en una ventaja, pues tiene a su disposición una gran variedad de alternativas para implementar proyectos encaminados a la reducción de sus emisiones. Esto, asociado al potencial para establecer proyectos forestales MDL, es la base para

participar activamente como oferentes de CRE para los países del Anexo B del protocolo de Kyoto.

Por otra parte, Colombia tiene un potencial importante para realizar proyectos MDL (especialmente en el sector forestal)¹. Inicialmente, una de las principales actividades que se debe desarrollar es la reforestación de grandes extensiones de terreno que antiguamente estaban pobladas por bosques, pero que han sido arrasadas por la expansión de la frontera agropecuaria, la cual no sólo es responsable de problemas de emisiones de GEI, sino de problemas de acaparamiento de tierras, de empobrecimiento rural, de migraciones y desplazamientos de campesinos hacia las ciudades o hacia nuevos frentes de colonización, por el volcamiento de campesinos hacia cultivos ilícitos y hacia la confrontación armada, por el deterioro y la perturbación de los ciclos hidrológicos, por los problemas de erosión y por la pérdida de biodiversidad que se viene dando²

Aunque los principales oferentes de CRE en el mercado internacional son China, India y Antigua Unión soviética, Colombia se encuentra ubicada dentro del 22% restante de la oferta de CRE en el mundo, lo cual permite su participación activa en este mercado abriendo oportunidades de financiación e intercambio para los sectores productivos del país.

Es evidente entonces, que la implementación de proyectos MDL es un asunto que no puede quedar exclusivamente en manos del Estado, sino que constituye un mecanismo rentable de producción más limpia que debe ser liderado por los diferentes sectores productivos del país.

El presente trabajo se enfoca hacia el análisis de todos los aspectos y requisitos necesarios para proponer un proyecto que aplique al Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL, basado en el cambio de tecnología en una planta de producción de mezcla asfáltica y en la sustitución de combustibles.

Cada uno de los aspectos desarrollados en este documento, está relacionado con el cumplimiento de los requisitos establecidos en la legislación nacional aplicable.

¹ BLANCO, Javier Tomás, MMA.

² IDEAM-MMA, Estudio de Estrategia Nacional para la Implementación de MDL en Colombia, Abril de 2000.

Finalmente, se establece de manera clara las razones y consideraciones a tener en cuenta para el buen funcionamiento del proyecto.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de factibilidad para la implementación de un proyecto MDL de reducción de emisiones por Mejoramiento de la Eficiencia energética y cambio de combustible en la planta de asfalto de Pavimentos Colombia S.A. ubicada en la localidad de Bosa, barrio San Isidro.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Proponer la aplicación de un MDL para la planta productora de asfaltos y triturados de Pavimentos Colombia.

Realizar los estudios de análisis de emisiones de GEI in situ.

Realizar los cálculos de emisiones generadas en el proceso de producción de mezcla asfáltica de la Planta de Pavimentos Colombia localizada en Bosa a partir de los resultados de los análisis.

Seleccionar la metodología de línea base y monitoreo aplicables a las actividades del proyecto.

Aplicar los requisitos necesarios para la elaboración del formato Nota Idea del Proyecto (PIN por sus siglas en inglés) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Determinar cuáles requisitos se pueden cumplir para direccionar las actividades del proyecto hacia un proyecto MDL.

2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La eficiencia energética finaliza no sólo en ahorros energéticos y mejoras en los procesos productivos, bien encaminada constituye un beneficio ambiental representado en la disminución de emisiones originada por la utilización de combustibles más limpios, disminución en el consumo de energía y uso de calor residual entre otras.

Las razones para proponer un proyecto MDL de pequeña escala como este son, además del cumplimiento de las condiciones del mecanismo establecidas por el Protocolo de Kyoto en cuanto a contribuir con los países con metas de reducción a cumplir sus compromisos cuantificados; contribuir con el medio ambiente apuntando a lograr un desarrollo sostenible, generar actualización tecnológica y desarrollo de tecnología; y obtener los beneficios de los incentivos tributarios, válidos en la actualidad, lo que facilita el ingreso de tecnologías de punta.

Por otra parte, cabe resaltar que de los mecanismos establecidos por el Protocolo, el Mecanismo de Desarrollo Limpio es el único que involucra a países en desarrollo, y permite que proyectos elaborados en países en desarrollo puedan obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de Certificados de Emisiones Reducidas (CER) mitigando la emisión o secuestrando gases de efecto invernadero de la atmósfera.

3 GENERALIDADES

3.1 PROTOCOLO DE KYOTO

El Protocolo de Kyoto establece metas de reducción de emisiones cuantificadas para los países industrializados, que suponen una disminución del 5,2% respecto al nivel de 1990, que debe ser alcanzada en el período comprendido entre 2008 y 2012 (CONPES 3242, 2003).

El costo económico de cumplir con la regulación ambiental ha sido la razón principal de la resistencia de los agentes regulados a limpiar de contaminantes del medio ambiente. Desde que los países industrializados empezaron a imponer sistemas regulatorios estilo comando y control en la década de los setenta, los agentes regulados se han resistido por los altos costos que han tenido que asumir. En la medida que las instituciones ambientales han incrementado el control en los diferentes sectores productivos, los costos de cumplimiento han aumentado notablemente en el margen y en total. En las décadas de los ochenta y noventa muchos países vieron el costo de regulación ambiental subir por encima del 3% del PIB, reduciendo los índices tradicionales de productividad, utilidades y crecimiento económico. La reacción de los agentes regulados en todos los países del mundo ha sido fuerte y constante contra el alto costo de la regulación tradicional (Ministerio de Ambiente, 2000).

El desarrollo del Convenio de Cambio Climático refleja este proceso. La ratificación del Convenio por las partes en 1994 y la propuesta inicial de metas se basaron en conceptos de comando y control: cada país tenía una meta de reducción específica y debía reducir sus emisiones “en su propia casa” con impactos significativos sobre sus economías.

Respondiendo a la alarma de sus sectores regulados, los países del Anexo I empezaron a buscar alternativas para reducir este costo en forma significativa, un proceso que resultó en (a) posponer el período de cumplimiento desde el 2000 hasta el 2008 - 2012, y (b) la adopción de los Mecanismos de Flexibilidad del Protocolo de Kyoto (MMA, 2000).

Los sectores y actividades responsables de las mayores emisiones de gases de efecto invernadero se encuentran listados en el Anexo A del Protocolo de Kyoto, y se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Emisiones de Gases Efecto Invernadero por Sector

| Energía | Procesos Industriales | Agricultura | Residuos |
|--|---|---|---------------------------------|
| CO ₂ -CH ₄ -N ₂ O | CO ₂ -N ₂ O-HFC-PFC-SF ₄ | CH ₄ -N ₂ O | CH ₄ |
| Quema de combustibles | Productos minerales | Fermentación entérica | Disposición de residuos sólidos |
| Generación de energía | Industria química | Manejo de residuos de ganaderos | Manejo de aguas residuales |
| Industrias de manufactura | Producción metálica | Cultivo de arroz | Incineración de basura |
| Construcción | Producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre | Suelos agrícolas | Otros |
| Transporte. Otros sectores. Emisiones fugitivas de combustibles. | Uso de solventes | Quema de campos y de residuos agrícolas | |
| Combustibles sólidos (petróleo y gas natural) | Otros | Otros | |

Fuente: www.unfccc.org

En la **Tabla 2** aparecen los países que conforman el Anexo B del Protocolo de Kyoto y sus compromisos de reducción de emisiones. Además, muestra la cantidad de toneladas de CO₂ equivalente que cada país tiene por encima o por debajo de sus metas de reducción o limitación de gases de efecto invernadero y, por tanto, su posición como comprador o vendedor de créditos de carbono.

Los resultados indican que, para poder cumplir con las metas de emisiones, los países compradores del Anexo B necesitan adquirir alrededor de 1,020 millones de tCO₂e durante cada uno de los cinco años de compromiso. Esto no incluye a los Estados Unidos, que no ha ratificado el Protocolo a pesar de que necesitaría comprar el doble de lo que compran todos los países del Anexo B juntos.

Tabla 2. Posición de países con compromisos cuantificados de limitación y reducción en millones de tCO₂e en el marco del Protocolo de Kyoto

| País (Anexo B) | Compromiso de reducción (% del nivel de 1990) ³ | Demanda/oferta de emisiones (millones de tCO ₂ e) | | Posible posición para el 2010 |
|-----------------|--|--|--------------------------------|-------------------------------|
| | | Último reporte (1999) | Proyecciones BAU* para el 2010 | |
| Australia | 108 | 31 | 18 | Comprador |
| Austria | 92 | 9 | 9 | Comprador |
| Bélgica | 92 | 19 | 8 | Comprador |
| Bulgaria | 92 | -45 | -10 | Vendedor |
| Canadá | 94 | 117 | 103 | Comprador |
| Republica Checa | 92 | -38 | -27 a -53 | Vendedor |
| Dinamarca | 92 | +6.5 | +12 | Comprador |
| Finlandia | 92 | +7 | +37 | Comprador |
| Francia | 92 | +49 | +70 | Comprador |
| Alemania | 92 | -95 | +66 | Comprador |
| Grecia | 92 | +24 | +32 a +49 | Comprador |
| Hungría | 94 | -8 | -10 | Vendedor |
| Italia | 92 | +63 | +103 | Comprador |
| Japón | 94 | +176 | +319 | Comprador |
| Holanda | 92 | +34 | +53 | Comprador |
| Nueva Zelanda | 100 | +2 | +15 | Comprador |
| Noruega | 101 | +6.7 | +16 | Comprador |
| Polonia | 94 | -130 | -3 a -85 | Vendedor |
| Portugal | 92 | +16 | +16 | Comprador |
| Rumania | 92 | -80 | +41 | Comprador |
| Rusia | 100 | -1073 | -89 a -122 | Vendedor |
| Eslovaquia | 92 | -17 | -5.4 a -13 | Vendedor |
| España | 92 | +82 | +84 | Comprador |
| Suecia | 92 | +6.4 | +9 | Comprador |
| Suiza | 92 | +4.3 | +4.2 | Comprador |
| Ucrania | 100 | -455 | -152 a -68 | Vendedor |
| Reino Unido | 92 | -11 | +5 | Vendedor |
| Estados Unidos | 93 | +1033 | +2154 | Comprador |
| TOTAL | | Anexo B sin EEUU -1299 | Anexo B sin EEUU + 690 | |
| Compradores | | + 653 | + 1,020.2 | |
| UE total | | + 168 | + 473 | |

BAU = Business as Usual (Prácticas usuales).

Fuente: Carbon Market Intelligence Reports Executive Summary, Prepared for PCFplus Research by EcoSecurities Ltd. PCFplus Report 9, Washington DC, March 2002.

Para 1999, países como Rusia y Ucrania, que no han asumido medidas de reducción, registraron niveles de emisiones por debajo de las metas del Protocolo

³ Cálculos hechos por EcoSecurities basados en los niveles de emisión y proyección BAU al 2010 Incluidos en las últimas comunicaciones Nacionales al UNFCCC.

de Kyoto. Esta diferencia entre las emisiones reales y las metas del Protocolo es conocida como Hot Air. Tal excedente de créditos puede ser vendido bajo el mecanismo de comercio de emisiones a precios bajos, ya que estos créditos o permisos de emisión se asignan, no se crean.

3.2 GASES EFECTO INVERNADERO

Los Gases Efecto Invernadero –GEI- considerados por el Protocolo de Kyoto son los seis gases a los que se les atribuye la mayor responsabilidad por el incremento de la temperatura global y de los disturbios en los patrones del clima. El efecto causado por la emisión de GEI a la atmósfera es medido por el índice de poder de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés).

Los tres gases más encontrados en la naturaleza son:

El dióxido de carbono (CO₂). Gas natural liberado como producto de la combustión de combustibles fósiles, algunos procesos industriales y cambios en el manejo de los diversos usos del suelo. Para el CO₂ se considera el valor base del GWP igual a 1.

El metano (CH₄) gas emitido en la minería de carbón, rellenos sanitarios, ganadería y extracción de gas y petróleo. El CH₄ tiene un GWP igual a 21 (21 veces más potente que el CO₂).

El óxido nitroso (N₂O) gas producido durante la elaboración de fertilizantes y la combustión de combustibles fósiles, y cuyo contribuyente más significativo es el sector transporte. El N₂O tiene un GWP igual a 296 (296 veces más potente que el CO₂).

Aunque la actividad humana no es necesaria para que estos tres gases se liberen a la atmósfera, sí está contribuyendo a aumentar su volumen. Además de los tres ya mencionados, hay otros tres gases que resultan principalmente de la ingeniería química, estos son:

Los hidrofluorocarbonados (HFC). Se emiten en algunos procesos industriales y son usados con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado. Los HFC tienen un GWP igual a 1,300 (1,300 veces más potente que el CO₂).

Los perfluorocarbonados (PFC) desarrollados e introducidos como una alternativa para reemplazar a algunos gases que destruían la capa de ozono,

estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales. Los PFC tienen un GWP que va de 6,500 a 9,200.

El hexafluoruro de azufre (SF₆) aunque este gas es lanzado en muy pocos procesos industriales, es el más potente de los GEI. El GWP de SF₆ es igual a 22,000. Es emitido durante la producción de magnesio y se aplica en algunos equipos eléctricos.

3.3 MECANISMOS DE FLEXIBILIDAD

Como respuesta al calentamiento del planeta, el Convenio de Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto establecieron las bases de un mercado de reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI). Crearon el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para reducir el costo de cumplimiento de las metas de reducción de emisiones asumidas por los países del Anexo B (países industrializados) y promover el desarrollo sostenible de países en vía de desarrollo. Porque el efecto climático de una reducción de GEI es el mismo hecha en Bogotá o en Londres, el MDL permite que los grandes emisores del Anexo B inviertan parte de sus recursos de cumplimiento en proyectos costo-efectivos en países en desarrollo. Expertos y entidades multilaterales comprometidas con el tema estiman que el MDL tiene el potencial para generar inversiones en países en desarrollo alrededor de \$7.500 millones de dólares anuales si el Protocolo fuera ratificado por las partes (MAVDT, 2000).

Los Mecanismos de Flexibilidad son tres variantes de un sistema regulatorio “de mercado” llamado derechos negociables de emisión que permiten reducir el costo de la regulación ambiental; estos mecanismos son:

- Implementación conjunta entre los países del Anexo I
- MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) entre países del anexo I y no Anexo I
- Comercio de los derechos de emisión

De todos estos, solamente el denominado MDL permite la realización de proyectos entre los países del Anexo I y los países en vía de desarrollo (ACCEFYN, 2001).

De acuerdo con el Protocolo de Kyoto, el MDL tiene los siguientes objetivos:

- Ayudar a los países industrializados al cumplimiento de sus metas y contribuir al desarrollo sostenible de los países No Anexo I, contribuyendo así con el alcance del objetivo de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático –CMNUCC-
- Asistir a los países del Anexo I en el cumplimiento de los compromisos cuantificados de reducción de emisiones.

Las principales características del MDL son:

- Los países no Anexo I se beneficiarán de las actividades que resulten en CER (Certified Emission Reduction)
- Se creará un comité ejecutivo para el mecanismo
- Entidades operacionales designadas certificarán la reducción de emisiones reales, medibles y de largo plazo. También revisarán y certificarán que las reducciones sean “adicionales”.
- Habrá participación de organizaciones privadas
- Los CER obtenidos entre el año 2000 y el 2008 se pueden emplear para cumplir con el primer período de compromiso de reducción de emisiones del 2008 al 2012.

Por otra parte, dos aspectos metodológicos sobresalientes del MDL son la adicionalidad y la sostenibilidad de los proyectos. Además de estos aspectos, es necesario tener en cuenta aspectos operacionales establecidos en el Portafolio Colombiano de proyectos MDL, como:

- Costos de transacción
- Incertidumbres
- Riesgo y transparencia en los proyectos
- Simplicidad y facilidad práctica de los métodos y procedimientos
- Se debe utilizar metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva MDL o remitir una nueva metodología para su aprobación; la cual debe ser presentada en el Documento de Diseño del Proyecto (PDD); debe estar acompañada por un Plan de Monitoreo para monitorear los cálculos de la línea base; y debe ser validada y verificada por una tercera parte independiente (Entidad Operacional – EO) a fin de generar CERs

3.3.1. MDL en Colombia

Colombia firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático el 13 de junio de 1993, la ratificó mediante la Ley 164 de 1994 y es parte de ésta desde el 20 de junio de 1995. Igualmente Colombia ratificó el Protocolo de Kyoto mediante la Ley 629 de 2001.

En el ámbito nacional, la falta de información se identificó como una restricción principal para el desarrollo de los beneficios potenciales de la implementación del MDL. Sin embargo, dada la alta prioridad del tema del cambio climático y sus posibles impactos ambientales, sociales y económicos asociados, el gobierno colombiano ha desarrollado las siguientes acciones (Ministerio de Ambiente, 2000):

- a. **Estudio de Estrategia Nacional para la Implementación del MDL en Colombia:** en él se identifican las oportunidades y amenazas de la participación de Colombia en el MDL. Propone una estrategia y plan de acción para maximizar los potenciales beneficios.
- b. **Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático:** estuvo a cargo del IDEAM. Contiene el inventario Nacional de emisiones de GEI y la determinación de los efectos del cambio climático sobre zonas costeras, recursos hídricos, coberturas vegetales y ecosistemas, zonas glaciares, sector agrícola, desertificación de suelos y salud humana.
- c. **Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático:** opera dentro desde el 2002 en el MAVDT con recursos de cooperación internacional. Sus funciones están relacionadas con la estructuración y mercadeo del portafolio colombiano de proyectos de reducción de emisiones GEI. Es el encargado de promover proyectos MDL, acompañarlos en las etapas iniciales y finalmente dar un concepto básico para su aprobación nacional basada en la contribución del proyecto al desarrollo sostenible del país y su cumplimiento con la normatividad ambiental.

- d. **Lineamientos de Política de Cambio Climático:** identifican siete estrategias, entre ellas la promoción de actividades de reducción y captura de emisiones de GEI, la cual contempla el esquema del MDL.
- e. **Incentivos Tributarios para Proyectos de venta de Reducciones de Emisiones Verificadas:** se introducen modificaciones al Estatuto Tributario, aprobados por la Ley 788 de 2002.
- f. **Firma de Memorandos de Entendimiento:** firmados con gobiernos de países industrializados como Canadá, España, Países Bajos y Francia.
- g. **Identificación de Potencial:** para esto el MAVDT ha desarrollado planes de trabajo con el Ministerio de Transporte, la Unidad de Planeación Minero Energética, el Instituto de Planificación y Promoción de soluciones Energéticas y los distintos actores del sector forestal, para determinar las prioridades en el desarrollo de proyectos de cada sector.

Para que Colombia pueda ser competitivo en el mercado, no sólo se requiere que los proyectos que formule ofrezcan una buena rentabilidad (bajos costos de reducciones o capturas de CO₂), también se requiere controlar y limitar el riesgo para que los proyectos sean atractivos para los inversionistas extranjeros y locales. (Ministerio de Ambiente, Abril de 2000).

En términos generales, dado el alto riesgo percibido para Colombia, y el panorama futuro del país, sin duda para Colombia es indispensable que se permitan todos los esquemas de comercialización que se encuentran actualmente bajo discusión: el modelo unilateral, el bilateral, y el multilateral.

Así mismo, es de suma importancia la inclusión de los proyectos forestales en el MDL. El portafolio de proyectos de Colombia debe estar ampliamente diversificado, en términos de sectores, zonas geográficas, tipos de inversionistas, y tipo de desarrolladores de proyectos a nivel doméstico, de tal forma que esta diversificación se constituya en un importante mecanismo de reducción de riesgo.

En la actualidad en Colombia se han desarrollado proyectos MDL desde todos los sectores productivos, así:

- Sector minero-energético: fuentes renovables, sustitución de combustibles, mejoras tecnológicas en el parque térmico de generación, evitar la fuga del metano presente en minas y pozos.
- Sector industrial: uso eficiente de la energía, sustitución de combustibles, cogeneración.
- Sector transporte: cambios de modo, mejora de la eficiencia de los modos existentes, sistemas organizados de transporte masivo urbano, sustitución de combustibles.
- Sector residuos: captura del metano en rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Sector agropecuario: Nuevas plantaciones. Reforestación y forestación

El país goza de gran potencial frente al nuevo mercado internacional de CRE. En condiciones óptimas de información, riesgo y contando con instituciones perfectas a nivel internacional y nacional, la economía Colombiana podría reducir competitivamente hasta 22.9 millones anuales de toneladas de CO₂, generando divisas similares a los del sector exportador de banano y flores. La inversión internacional podría transferir tecnología moderna de producción más limpia y el know-how crítico para incrementar productividad y calidad en los sectores involucrados (IDEAM, 2001).

Los beneficios colaterales podrán ser tan importantes como los directos, tanto en el sector agro-forestal como en el energético. Si el ingreso neto al productor de la venta de CRE es suficientemente alto, la captura de CO₂ en programas forestales, agroforestales y silvopastoriles podría incrementar los ingresos de los productores hasta niveles que compiten con el modelo actual de ganadería extensiva, explotación insostenible del bosque natural y cultivos ilícitos (UNODC, 2007).

La venta de CRE por captura de CO₂ de la regeneración natural y reforestación en cuencas hidrográficas hoy deforestadas podría co-financiar la restauración de las fuentes de agua y conservarlas a largo plazo, controlando a la vez procesos críticos de erosión. Tendría impactos positivos sobre la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas Andinos y tropicales hoy fuertemente

amenazados, ofreciendo la posibilidad de proteger y estudiar los recursos genéticos que serán tan valiosos para el futuro del planeta. (MMA, Abril de 2000). Además existen diferentes posibilidades de financiación para las empresas interesadas en la creación de este tipo de proyectos, como recursos y créditos para inversión en infraestructura (crédito país), recursos propios de los formuladores, financiación de intercambio tecnológico y desarrollo de infraestructura (MAVDT, 2006).

En la actualidad, Colombia cuenta con 13 proyectos registrados ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el cambio Climático (CMNUCC), que se muestran en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Proyectos colombianos registrados ante la CMNUCC.

| Registrado | Título | Otras Partes | Metodología ⁴ | Reducciones ⁵ |
|------------|---|---|--------------------------|--------------------------|
| 07 Ene 06 | Agua Fresca Proyecto multipropósito y servicios ambientales. | Austria | AMS-I.D. ver. 6 | 27510 |
| 01 Abr 06 | Parque Eólico Jepirachi | Holanda | ACM0002 ver. 3 | 18028 |
| 11-May-06 | Planta Hidroeléctrica Santa Ana | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte | AMS-I.D. ver. 7 | 20642 |
| 25-Sep-06 | Proyecto sombrilla de sustitución de combustible en Bogotá y Cundinamarca | España | AM0008 | 32667 |
| 07 Dic 06 | BRT Bogotá, Colombia: Transmilenio Fase II a IV | Suiza | AM0031 | 246563 |
| 15 Ene 07 | Hidroeléctrica La Vuelta y La Herradura | Japón | ACM0002 ver. 6 | 68795 |
| 16-Nov-07 | Proyecto para la reducción catalítica de emisiones de N ₂ O con un catalizador secundario inside la oxidación del amonio como reactores en plantas de ácido nítrico del NAN1 y NAN2 en Abonos Colombianos SA ("Abocol"), Colombia. | Alemania | AM0034 ver. 2 | 339688 |
| 19 Ene 08 | Centro Industrial del Sur Proyecto de desechos orgánicos | | ACM0002 ver. 6 | 77084 |
| 27 Ene 08 | Hidroeléctrica La Cascada 2.3 | | AMS-I.D. ver. | 5139 |

⁴ AM-Large scale, ACM-Consolidated Methodologies, AMS-Small scale

⁵ Estimated emission reductions in metric tonnes of CO₂ equivalent per annum (as stated by the project participants)

| Registrado | Título | Otras Partes | Metodología ⁴ | Reducciones ⁵ |
|------------|--|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| | MW | | 10 | |
| 14-Feb-08 | Proyecto de Abatement de monómeros de óxido nitroso. | | AM0028 ver. 4 | 122050 |
| 08 Aug 08 | Biorgánicos. Proyecto Desechos Orgánicos (Biorgánicos OWP) | Colombia | AM0025 ver. 8 | 70837 |
| 26 Aug 08 | CEMEX Colombia: Proyecto Biomasa en la planta de cemento de Caracolito | Colombia | ACM0003 ver. 4 | 169565 |
| 16-oct-08 | Incauca S. A. Cambio de combustible de carbón a residuos verdes de cosechas. | Colombia Holanda | AM0036 ver. 1 | 35140 |

Fuente: página web Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático CMNUCC: www.unfccc.int/Projects.

Adicionalmente, en el portafolio de servicios del MAVDT, está recopilada la información correspondiente a los proyectos MDL a nivel nacional, como se observa en la **Tabla 4.**, en la cual se clasifican los proyectos por sectores de la producción en el país.

Tabla 4. Portafolio Potencial de Proyectos Elegibles al Mecanismo de Desarrollo Limpio en Colombia

| SECTORES | # PROYECTOS | POTENCIAL DE GEI (Ton CO2e Período Acreditación) | POTENCIAL DE GEI (US\$ Dollars) | % | % |
|--|-------------|--|---------------------------------|-------|-------|
| 1. PROYECTOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI POR FUENTES | | | | | |
| Sector Minero-Energético (producción de energía y cogeneración) | | | | | |
| Subtotal Proyectos de Generación de Energía con aprobación país | 5 | 6.363.084 | 38.178.504 | 5,5% | |
| Subtotal Proyectos de Generación de Energía en promoción y/o formulación | 19 | 35.969.308 | 215.815.848 | 31,1% | |
| Total Proyectos del sector Minero-Energético | 24 | 42.332.392 | 253.994.352 | | 36,6% |
| Sector de Residuos Sólidos | | | | | |
| Subtotal Proyectos Aprovechamiento Residuos Sólidos con aprobación país | 0 | 0 | 0 | 0,0% | |
| Subtotal Proyectos Aprovechamiento Residuos Sólidos en promoción y/o formulación | 16 | 30.359.039 | 182154234 | 26,3% | |
| Total Proyectos Aprovechamiento Residuos Sólidos | 16 | 30.359.039 | 182.154.234 | | 26,3% |
| Sectores Industriales y Agrícolas (Eficiencia Energética y Sustitución de Combustibles) | | | | | |

| SECTORES | # PROYECTOS | POTENCIAL DE GEI (Ton CO2e Período Acreditación) | POTENCIAL DE GEI (US\$ Dollars) | % | % |
|---|-------------|--|---------------------------------|-------|----------------|
| Subtotal Proyectos Eficiencia Energética y Sustitución de Combustibles con aprobación país | 2 | 840.000 | 5.040.000 | 0,7% | |
| Subtotal Proyectos Eficiencia Energética y Sustitución de Combustibles en promoción y/o formulación | 10 | 10.024.027 | 60.144.162 | 8,7% | |
| Total Proyectos Eficiencia Energética y Sustitución de Combustibles | 12 | 10.024.017 | 60.144.102 | | 8,7% |
| Sistemas de Transporte Masivo Urbano | | | | | |
| Subtotal Proyectos Transporte con aprobación país | 0 | 0 | 0 | 0,0% | |
| Subtotal Proyectos Transporte en promoción y/o formulación (*) | 6 | 6.790.000 | 40740000 | 5,9% | |
| Total Proyectos Transporte | 6 | 6.790.000 | 40740000 | | 5,9% |
| 2. PROYECTOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI POR SUMIDEROS | | | | | |
| Subtotal Proyectos LULUCF con aprobación país | 0 | 0 | 0 | | |
| Subtotal Proyectos LULUCF en promoción y/o formulación | 8 | 26.100.366 | 104.401.464 | | |
| Total Proyectos LULUCF Total Portafolio | 8 | 26.100.366 | 104.401.464 | 22,6% | 22,60% |
| | | | | | |
| TOTALES | 66 | 115.605.814 | 641.434.152 | | 100,00% |

Fuente: MAVDT, Portafolio Colombiano de Proyectos Elegibles al MDL, 2006

4 MARCO LEGAL

4.1 NACIONAL

Colombia es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC, conocida internacionalmente como UNFCCC por sus siglas en inglés) desde el 20 de junio de 1995. Con el propósito de alcanzar el objetivo de la convención, fue adoptado un compromiso adicional con fuerza legal, llamado Protocolo de Kyoto, el 11 de diciembre de 1997. Colombia presentó el instrumento de adición al Protocolo el 30 de noviembre de 2001 y es Parte del mismo desde mayo del 2002 (Ley 629 de 2000).

4.1.1 Legislación aplicable a proyectos MDL

Colombia cuenta con una serie de normas e incentivos tributarios aplicables a los proyectos relacionados con los proyectos relacionados con el MDL.

- a. **Resolución 453 de 2004** “Por la cual se adoptan los principios, requisitos y criterios y se establece el procedimiento para la Aprobación Nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL”.

Esta Resolución consta de diferentes anexos en los cuales se establecen todos los parámetros relacionados con el mecanismo, y son los siguientes:

Anexo 1. En este anexo se enumeran los principios, requisitos y criterios para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al mecanismo de desarrollo limpio.

Anexo 2a. En este anexo se estableció el formato de presentación de información para evaluar la contribución al desarrollo sostenible para proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes que optan al mecanismo de desarrollo limpio – MDL.

Anexo 2b. Formato de presentación de información para evaluar la contribución al desarrollo sostenible proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por sumideros que optan al mecanismo de desarrollo limpio – MDL.

Anexo 3. Formato de presentación de información para comentarios y carta de no – objeción para proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto

invernadero por fuentes y sumideros que optan al mecanismo de desarrollo limpio – MDL.

- b. **Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2002–2004:** Contemplan el desarrollo de proyectos de venta de servicios ambientales de mitigación de cambio climático.
- c. **Lineamientos de Política de Cambio Climático:** Aprobados por el Consejo Nacional Ambiental – 2002 Objetivo: Identificar las estrategias necesarias que permitan responder a las amenazas del cambio climático, cumplir con los compromisos y potenciar las oportunidades que surgen de los instrumentos internacionales sobre cambio climático.
- d. **Documento CONPES 3242 de 2003:** Estrategia Institucional para la Venta de Servicios Ambientales de Mitigación del Cambio Climático.

4.1.2. Incentivos Tributarios – Ley 788 de 2002

El Gobierno Nacional ha desarrollado incentivos tributarios para los desarrolladores de este tipo de proyectos, tales como:

–Artículo 18. Exención de renta por quince años:

- Proyectos de generación de electricidad con energía eólica, biomasa y residuos agrícolas.
- Proyectos que generen reducciones de emisiones certificadas dentro del esquema del Mecanismo de Desarrollo Limpio
- Proyectos que destinen el 50% de los ingresos provenientes de la venta de reducciones de emisiones para inversión social

–Artículo 95. Exclusión de IVA

Importación de equipos y maquinaria para proyectos que generen Certificados de reducciones de emisiones GEI

4.1.3. Legislación nacional aplicable a las actividades propias de la planta de asfalto

Decreto 02 de 1982: por medio del cual se establecen los parámetros para analizar las emisiones de diferentes fuentes al aire

Decreto 1594 de 1984: por la cual se reglamentan los usos del agua y residuos líquidos.

Resolución 005 de 1993: por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel, y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones.

Decreto 948 de 1995: "Por el cual se reglamentan; parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire".

Resolución 619 de 1997: por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.

Resolución 0775 de 2000: por la cual se adopta el sistema de clasificación empresarial por el impacto sobre el componente atmosférico, denominado Unidades de Contaminación Atmosférica –UCA- para la Jurisdicción del DAMA.

Resolución 1208 de 2003: por la cual se dictan normas sobre la prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire.

Resolución 601 de 2006: por la cual se establece la norma de calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional.

Resolución 1908 de 2006: Por la cual se fijan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes fijas de las áreas-fuente de contaminación alta Clase I; se adoptan medidas tendientes a prohibir el uso de aceites usados como combustibles en el Distrito Capital

5 LA EMPRESA

5.1 RESEÑA HISTÓRICA

PAVIMENTOS COLOMBIA LTDA fue creada el 24 de Febrero de 1.969, como una Empresa de carácter privado según Escritura Pública No. 509, por un Ingeniero Civil y una Trabajadora Social. Hace 35 años inició sus actividades en la construcción de vías fortaleciendo sus trabajos con la calidad de su personal y en la actualidad cuenta con 215 empleados ubicados en Bogotá, Valle del Cauca y Guajira, en los diferentes proyectos que se llevan a cabo.

En Enero de 1.999, se constituyó en Sociedad Anónima y tomó el nombre PAVIMENTOS COLOMBIA S.A. Su sede principal se encuentra en la ciudad de Bogotá D.C., y está conformada por un grupo de profesionales en el área Técnica, Financiera, Administrativa y Contable, responsables de la dirección, planeación, control y rentabilidad de cada unidad estratégica del negocio.

Hace parte de la organización, Industrias Asfálticas Ltda., empresa considerada como proveedor de mezclas asfálticas y agregados pétreos de alta calidad, homogeneidad y cantidad suficiente para satisfacer ampliamente las necesidades en materia de obras viales, complementada con equipos de explotación, mezcla y construcción, dos plantas de trituración con capacidad de producción de 350 T/H, dos plantas móviles productoras de asfalto, las cuales se trasladan de acuerdo con las necesidades de cada uno de los proyectos en que participan; fresadora, pavimentadoras de asfalto y concreto, equipo para excavación, equipo para movimiento de tierra, equipo de carretera y transporte.

Cuenta con talleres para la reparación y mantenimiento de equipos de explotación, transporte, mezcla y construcción.

Con la construcción de carreteras interregionales ha contribuido a comunicar, consolidar y desarrollar la infraestructura vial en importantes departamentos aportando con ello bienestar al país. A lo largo de su historia se han construido, reconstruido, habilitado, rehabilitado, mantenido y mejorado más de 1.000 kilómetros de carreteras y vías.

Hoy en día es una empresa moderna y eficiente con experiencia y recursos suficientes para cumplir con la mejor calidad los trabajos de construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías.

5.2 PLANTA DE ASFALTO EN BOSA

Pavimentos Colombia S.A. tiene sus instalaciones administrativas y su planta de producción de mezclas asfálticas en la Calle 59 A sur # 76A - 82, Barrio Bosa San Isidro, localidad de Ciudad Bolívar, en la ciudad de Bogotá D. C.

La planta de asfalto cuenta con áreas bien definidas como patio de almacenamiento de materiales, talleres de mantenimiento, zona de tanque, oficinas, bodegas, laboratorio, zona de almacenamiento de combustible, depósito, baños, cafetería y zona de acopio de residuos (**Figura 1**).

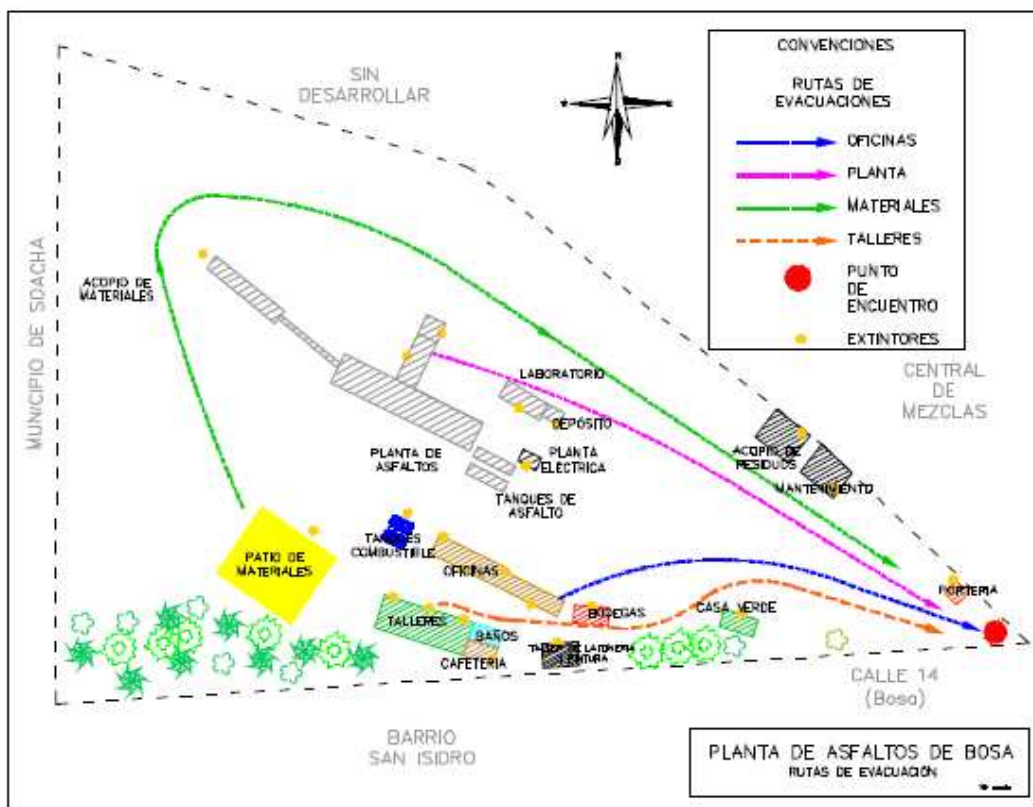


Figura 1. Distribución de la planta de asfaltos

Fuente: CAICEDO, A., ESCOBAR M., 2006

Esta planta tiene una capacidad productiva nominal de 400 Ton/hora y una efectiva de 280 Ton/hora. Cuenta con 30 empleados discriminados así: Personal administrativo, seis (6); personal de producción de mezcla, siete (7); personal

mantenimiento de maquinaria y equipos, seis (6); personal suministro de mezcla o transporte, once (11).

5.3 EL PROCESO PRODUCTIVO

5.3.1. Etapas

- Acopio y almacenamiento de materiales (grava y arena): Es aquí donde se hace la recepción de los agregados pétreos; el material utilizado depende estrictamente del tipo de mezcla asfáltica a producir, rodadura (capa superficial) o base (capa interna). La cantidad de cada componente adicionado está relacionada directamente con las características de la producción demandada. El material se encuentra dispuesto sobre un terreno estable previamente acondicionado para tal fin y cubierto superficialmente con tejido de zinc (**Figura 2**).



Figura 2. Acopio de materiales

- Llenado de tolvas. Este proceso es llevado a cabo por medio de cargadores, que transportan el material desde los montículos hasta las tolvas de distribución que tienen una capacidad total de 22 m³ cada una; allí se disponen los materiales independientemente, una para arena de río, otra para grava triturada de diámetro igual a una pulgada, otra para grava de tres cuartos de pulgada y una última para arena de peña; cada tolva está rotulada de acuerdo al material que almacena (**Figura 3**).



Figura 3. Tolvas de alimentación.

- Transporte del material. El material es electrónicamente distribuido desde las tolvas, con la ayuda de motores de 10 Hp, sobre una banda sin fin denominada banda central de 14 m de longitud. Esta banda es la encargada de transportar el material hasta el tamiz (**Figura 4**); se podría decir que este es el primer punto de mezclado, aunque la mezcla obtenida es todavía heterogénea.



Figura 4. Banda transportadora central

- Tamizado: en este punto la mezcla obtenida anteriormente es tamizada por medio de una malla vibratoria, de 3 m de largo que se encarga de separar los materiales gruesos; la malla del tamiz posee un diámetro de orificio de 1" en su parte superior, y de ½" en su parte inferior. La graduación del tamiz se logra por

medio de una lámina deslizante que permite determinar en qué parte del tamiz caerán los agregados, adicionalmente es aquí donde se da cierta homogeneidad a la mezcla.

➤ **Secado y Mezclado:** este proceso es llevado a cabo en un tiempo estándar de 4 minutos; el material mezclado entra a un tanque rotatorio de 18 metros de longitud, con un diámetro de 2.2 metros y una pendiente de aproximadamente 3% a temperatura ambiente (**Figura 5**). El tambor es impulsado por un motor de 100 Hp, aquí entran los materiales y se les aplica calor, aproximadamente 180 °C, por medio de un secador de llama directa que funciona con crudo de Rubiales a una tasa promedio de 110 gal/h, inyectado por una motobomba de 3,3 HP. El objetivo es eliminar la humedad que puedan contener los materiales. Posteriormente al secado pero dentro del mismo tambor, se aplica el asfalto líquido por medio de un inyector de 6,6 HP; la cantidad alimentada está entre el 5 y 7% de la producción, de acuerdo a la clase de mezcla que se desee obtener, el asfalto se inyecta a una temperatura aproximada de 90 °C por medio de una flauta que permite una dispersión uniforme, usando una motobomba que consume 6,6 HP. El tambor rotatorio es el encargado de producir la mezcla asfáltica terminada a una temperatura de 160 °C.



Figura 5. Tambor secador.

➤ El asfalto se almacena en tres tanques cuya capacidad es 4200, 7000 y 10200 galones (**Figura 6**), provistos de chaqueta para el calentamiento por medio de la

recirculación de aceite térmico tipo Thermia B. Este aceite es calentado por una caldera que funciona con ACPM y consume 8 gal/h (**Figura 7**).



Figura 6. Tanques de almacenamiento de asfalto.



Figura 7. Caldera

➤ Transporte de la mezcla: luego de obtener la mezcla, esta es llevada por un sistema sin fin de alabes movido por un motor de 60 HP, que transporta el producto hasta el silo elevado de almacenamiento (**Figura 8**) el cual tiene una capacidad de 54 m³, aquí la temperatura de la mezcla es de aproximadamente 155°C.



Figura 8. Sistema de alabes y silo de almacenamiento.

➤ Descarga en los vehículos: posterior al almacenamiento en el silo elevado se hace la descarga a los vehículos encargados de llevar la mezcla hasta el punto donde se necesita (**Figura 9**). La mezcla se descarga a una temperatura de 150°C, para que los vehículos la entreguen en el sitio de aplicación, aproximadamente a 145°C.



Figura 9. Descarga en los vehículos

El proceso antes descrito tiene un tiempo de “calibración” de 10 minutos, tiempo en el cual se obtiene un metro cúbico de mezcla que se considera por fuera de las especificaciones. Luego de obtener esta cantidad, se obtiene un metro cúbico de mezcla asfáltica terminada cada 50 segundos.

Paralelamente a las operaciones descritas, en el proceso de obtención de mezcla asfáltica, se llevan a cabo otras acciones que se pueden considerar de control ambiental, dichas acciones son:

- **Extracción:** este proceso ocurre inmediatamente después del secado y mezclado; el equipo consiste en una hélice de 1.46 metros de diámetro, impulsada por dos motores de 100 Hp cada uno, que se encarga de succionar los gases que se desprenden del proceso de mezclado a una rata de succión variable, que depende de la producción, y a una temperatura de 160°C. De aquí los lleva al sistema lavador de gases. Es en este proceso donde se presentan las pérdidas de material fino que se encuentra suspendido.
- **Lavado de Gases:** este proceso es posterior al de la extracción, aquí los gases son almacenados en un tanque que se encarga de inyectar agua a temperatura ambiente, a razón de 40 gal/min por medio de 16 chorros de un cuarto de pulgada. Su función principal es bajar la temperatura de los gases y facilitar la sedimentación del material fino suspendido. El agua resultante del proceso sale del lavador a una temperatura aproximada de 70 a 80 °C. y es dirigida al sistema de piscinas de sedimentación (**Figura 10**).



Figura 10. Sistema de extracción y lavado de gases

- **Piscinas de sedimentación:** se trata de cuatro piscinas conectadas entre si a donde llega el agua desde el lavador de gases y pasa de una a otra cada vez que

la anterior supera su nivel de almacenamiento; al llegar a la última el agua es llevada de nuevo al lavador por medio de una bomba de 3.6 Hp.

5.3.2. La Planta Cedarapids.

La Planta de Producción de mezclas asfálticas en caliente, CEDARAPIDS 10032 ADM, está diseñada para proveer una elevada productividad, fácil transporte y adecuado desempeño ambiental debido a un sistema de filtro húmedo con recirculación de agua para lavado de partículas. Esto permite que estas se decanten y sean depositadas en las piscinas adecuadas de forma técnica, lo cual hace práctica su limpieza y eficiencia.

Consta de equipo de avance en frío, tamiz, banda transportadora, quemador, secador mezclador, sección control de emisión, dos (2) tanques de combustible ACPM, dos (2) tanques de suministro de Asfalto, chimenea, elevador de calientes, silo alimentador principal, depósito secundario, báscula, cuarto de control y piscina para manejo de lodos (**Figura 11**).

Durante la operación de la Planta de mezcla asfáltica se presentan varios procesos simultáneos: inicia por la alimentación de fríos con los motoreductores programados a la velocidad de acuerdo a una fórmula precisa de trabajo; la alimentación del tambor secador-mezclador con los agregados en frío; el secado de los mismos en el quemador con el combustible adecuado para producir el calor necesario y la inyección del asfalto a través del dosificador automático de una forma continua y homogénea que permite entregar mezclas asfálticas en caliente con altos estándares de calidad y eficiencia.

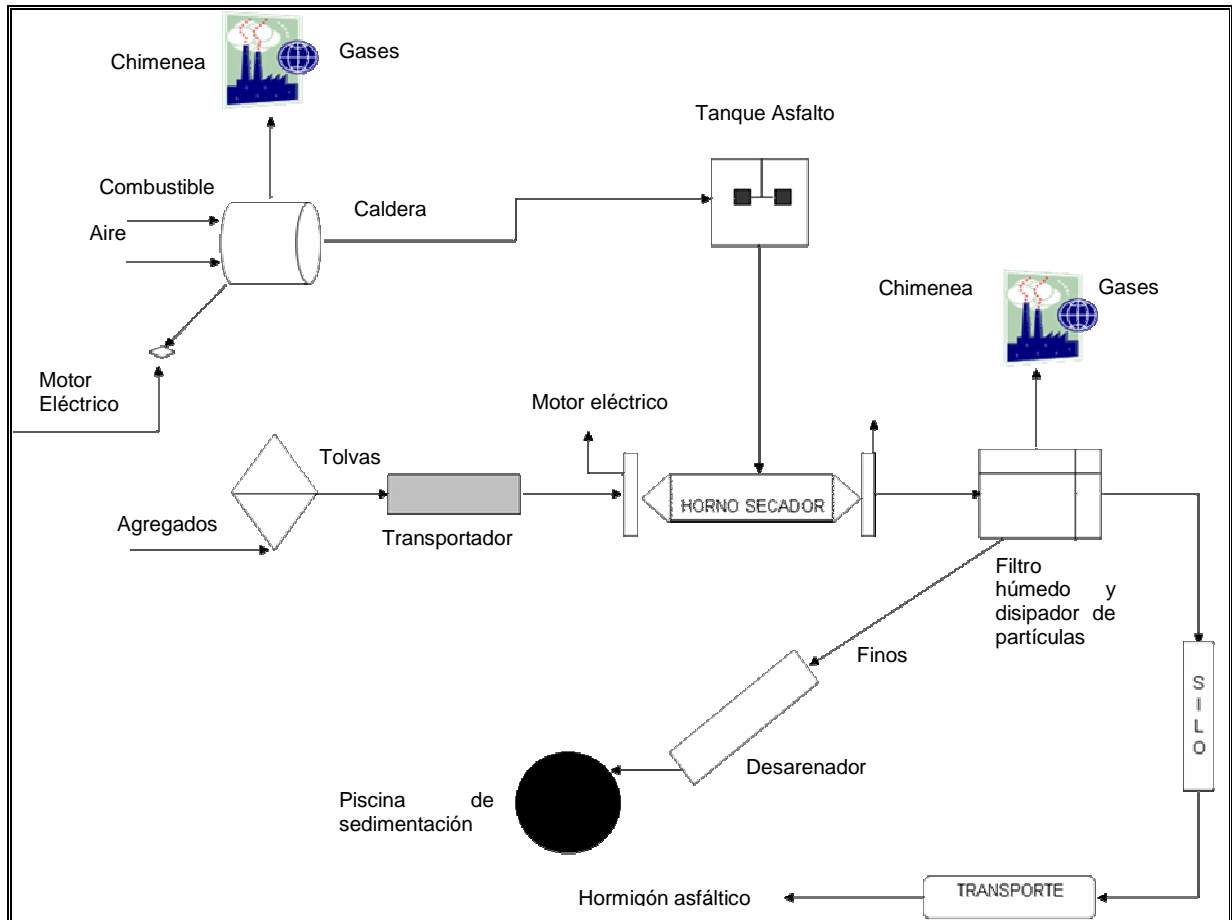


Figura 11. Flujograma de la planta CEDARAPIDS

La rotación del tambor mezclador, su grado de inclinación, su longitud y la distribución de sus canchales internos, están diseñados adecuadamente para ofrecer el máximo rendimiento en el secado y la mezcla de agregados.

En la primera zona del tambor, los alabes tienen forma de espiral para desplazar el material a la zona de calentamiento, en esta zona el material es retenido alrededor de la llama del quemador que es donde hay mayor absorción de calor. Con esto se obtiene la temperatura óptima del agregado virgen.

En el sistema de mezclado y extracción de finos y gases, al ser inyectado el asfalto en la segunda sección del tambor, se controla la recolección de partículas y finos adecuados para la mezcla asfáltica en preparación.

Una vez se mezclan los agregados y el asfalto, el material es descargado del tambor por su giro e inclinación, depositándolo en el elevador de canjilones el cual transporta el producto terminado al silo de almacenamiento.

Para el sistema de calentamiento y secado de los agregados, se utiliza un quemador de fuel oil que produce llamas más largas, regulables a través de dispositivos internos. Estos quemadores aseguran una elevada eficiencia térmica, proporcionando por consiguiente un aumento de producción con economía de combustible. En la **Figura 12** se puede observar el esquema de la planta Cedarapids.

Teniendo en cuenta la humedad de los agregados del 10% en patio, a 2600 m.s.n.m. la planta puede producir mezclas en caliente a razón de 120 Ton/Hora, sin utilizar su capacidad por catálogo que está entre 199 y 436 Ton/hora. Así mismo disminuye considerablemente el uso de combustibles, la emisión de lodos y humos.

Durante todo este proceso se realizan consumos de energía generados por el uso de motores que intervienen en cada una de las etapas (Ver **Tabla 5**) del proceso productivo

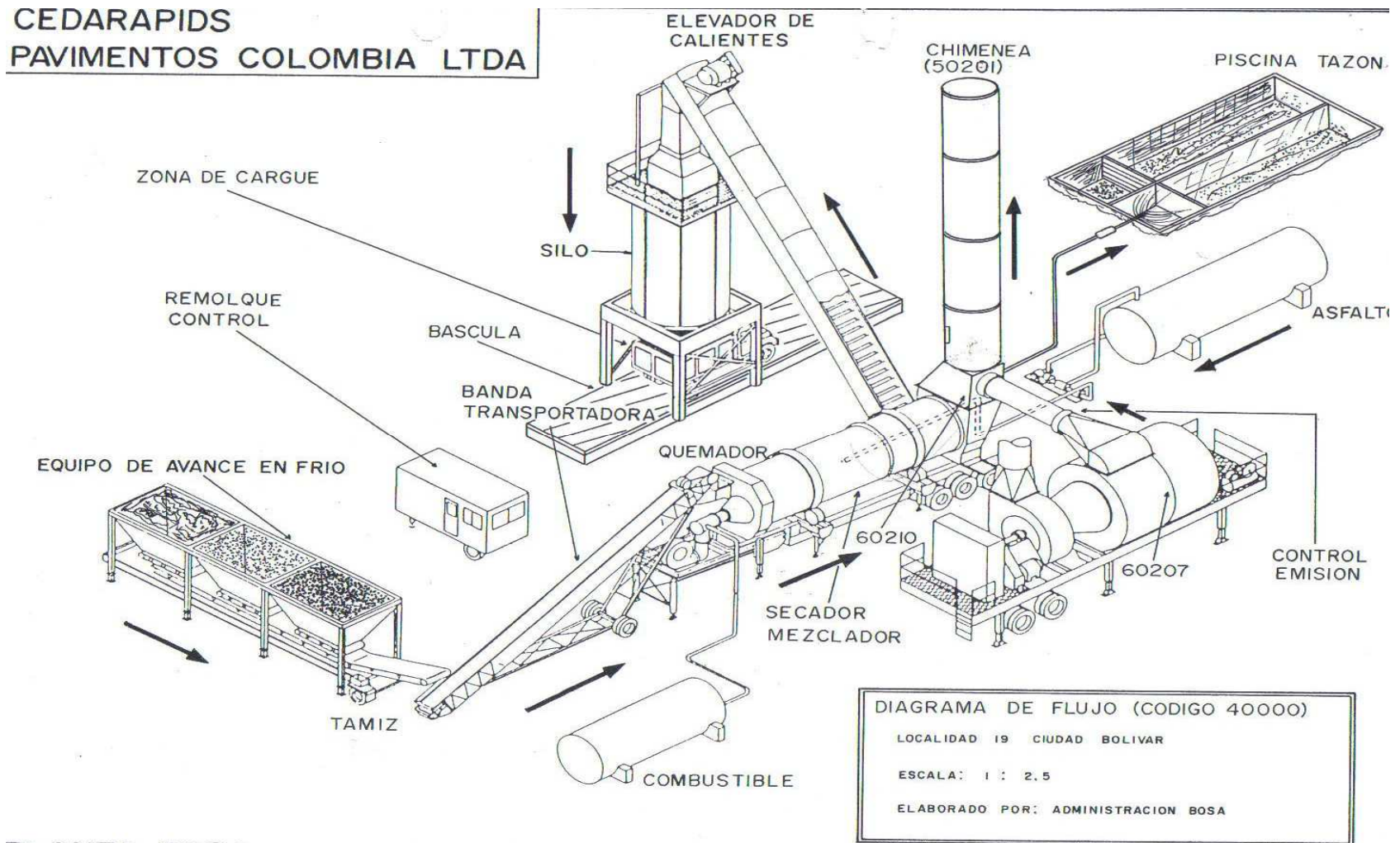
Tabla 5. Consumos de energía por uso de motores en planta y caldera

| ACTIVIDAD | CONSUMO ENERGIA (HP) | No MOTORES | TOTAL ENERGIA (HP)* | TOTAL Kwh |
|-------------------------------------|----------------------|------------|---------------------|-----------|
| Motores Planta CEDARAPIDS | | | | |
| Dosificación de agregados | 4 | 4 | 16 | 11,92 |
| Transporte de agregados por banda | 10 | 1 | 10 | 7,45 |
| Eliminación de sobretamaños (criba) | 7,5 | 1 | 7,5 | 5,5875 |
| Alimentación secador | 12 | 1 | 12 | 8,94 |
| Secado | 100 | 1 | 100 | 74,5 |
| Motor del soplador | 75 | 1 | 75 | 55,875 |
| Motobomba para crudo | 3,3 | 1 | 3,3 | 2,4585 |
| Inyección de asfalto | 6,6 | 1 | 6,6 | 4,917 |
| Extracción de gases con ventilador | 100 | 2 | 200 | 149 |
| Lavado de gases motobomba | 3,3 | 1 | 3,3 | 2,4585 |
| Elevación de calientes(silo) | 60 | 1 | 60 | 44,7 |
| Motobomba para asfalto | 6,6 | 1 | 6,6 | 4,917 |
| Compresor de aire | 18 | 1 | 18 | 13,41 |
| CONSUMO ENERGÍA PLANTA | | | | 386,1335 |
| Motores CALDERA | | | | |

| ACTIVIDAD | CONSUMO ENERGIA (HP) | No MOTORES | TOTAL ENERGIA (HP)* | TOTAL Kwh |
|---|----------------------|------------|---------------------|-----------------|
| Bomba de aceite caldera | 6,6 | 1 | 6,6 | 4,917 |
| Quemador caldera | 0,75 | 1 | 0,75 | 0,55875 |
| CONSUMO ENERGÍA CALDERA | | | | 5,47575 |
| CONSUMO TOTAL ENERGÍA PLANTA + CALDERA | | | 525,65 | 391,6093 |

*1 HP = 0,745 Kwh

Durante el proceso de producción de mezcla asfáltica se realizan consumos de energía de 391,61 Kwh por el uso de motores distribuidos en las diferentes etapas del proceso. Estos consumos de energía son los utilizados para el establecimiento de la línea base de energía que serán comparados con los consumos energéticos de la instalación que reemplazará la planta CEDARAPIDS para poder determinar el ahorro de energía en un año.



PLANTA BOSA

Figura 12. Esquema de la planta Cedarapids

En la **Tabla 6** se relacionan las principales características de la Planta de Asfalto

| | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Producción horaria | 120 Ton/Hora |
| Densidad de mezcla asfáltica | 1830 Kg/m ³ |
| Capacidad máxima de producción | 150 Ton/Hora |
| Sistema de combustión | Horno quemador |
| Año de fabricación | 1990 |
| Potencia | 150 KW |
| Tipo de combustible | Crudo Rubiales |
| Consumo de combustible | 100 Gal/Hora |
| Suministro de combustible | Automático |
| Horas de funcionamiento | Variable |
| Equipo de control | Lavador de gases |
| Diámetro de la chimenea | 0.75 metros |
| Altura del ducto (nivel del piso) | 30.2 metros |

En resumen la producción de mezclas asfálticas en caliente de la planta de producción continua, en condiciones óptimas y con un trabajo de 8 horas diarias, puede ser de 960 Ton/día, 4,800 Ton/ Semana, 19,200 Ton/mes.

Entonces, es importante aclarar que durante el proceso de producción de la mezcla asfáltica anteriormente mencionado no hay combustión del asfalto, por lo cual no se generan Sustancias Humano-carcerogénicas como el Benceno, Sustancias orgánicas clase I como Formaldehído y Acetaldehído, sustancia orgánicas Clase II como Etilbenceno, Toluenos y Xilenos, ni sustancias Orgánicas clase III como Acetona.

Asimismo el asfalto suministrado por la firma Shell (Planta de asfalto Mosquera), utilizado en las actividades de esta planta no contiene solventes que contengan a 293.15 K una presión de vapor de 0.01 kPa (Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs).

6 DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Aunque el proceso de producción de mezcla asfáltica cumple con los estándares ambientales nacionales y locales vigentes, hay aspectos relacionados con el medio ambiente que no han sido evaluados porque no son de obligatorio cumplimiento. A pesar de esto, surgió la inquietud de innovar la tecnología empleada actualmente para mejorar la eficiencia energética al interior del proceso, sustituir los combustibles fósiles por gas natural, y aplicar al Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Con base en esta idea, se planteó la posibilidad de formular un proyecto que reduciría las emisiones de GEI, a partir del cambio de la planta productora de asfalto por una máquina más moderna que permita reducir la demanda de energía por consumo de combustibles fósiles y uso de motores al interior del proceso.

6.2 ACTIVIDADES PROPUESTAS

Las actividades a realizar se ajustan a cada una de las etapas a desarrollar durante la ejecución de este proyecto y son las siguientes:

- ✓ Planteamiento del proyecto
- ✓ Selección de la tecnología a innovar
- ✓ Selección de la metodología de línea base y Monitoreo.
- ✓ Cálculo de consumo energético por uso de combustibles fósiles
- ✓ Cálculo de consumo energético por uso de motores
- ✓ Establecimiento de la línea base
- ✓ Estimación de GEI a reducir
- ✓ Adecuación de las instalaciones e infraestructura de la planta actual
- ✓ Adecuación de las instalaciones utilizadas para la alimentación de combustible a la planta
- ✓ Compra y transporte de la planta nueva
- ✓ Retiro y desmantelamiento de la planta y caldera antiguas.
- ✓ Instalación de la planta nueva
- ✓ Monitoreo del funcionamiento y de las emisiones generadas por la planta nueva.

- ✓ Generación de bases de datos con los registros del monitoreo de las emisiones de GEI durante los períodos de acreditación.
- ✓ Mantenimiento de registros hasta dos años después de la finalización del período de acreditación.

6.3 CLASIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los proyectos de pequeña escala pueden ser un motor de impulso para el desarrollo rural, contribuyendo a la erradicación o mitigación de la pobreza en el ámbito geográfico de su ubicación. Por ello, y con el fin de minimizar posibles barreras y disminuir sus costos de transacción unitarios, los Acuerdos de Marrakech (Decisión 17/CP.7–2001), establecieron las bases para el desarrollo de modalidades y procedimientos simplificados aplicables a los denominados proyectos de pequeña escala.

La Junta Ejecutiva del MDL, de acuerdo con el apartado 18 de la Decisión 17/CP.7, estableció un Panel o Grupo de expertos dedicado a desarrollar estos procedimientos simplificados. El Panel de proyectos de pequeña escala emitió su informe con las recomendaciones pertinentes en enero de 2002, y la Junta Ejecutiva del MDL aprobó en su 3ª reunión ese mismo año las Modalidades y Procedimientos simplificados para las actividades de Proyectos en Pequeña Escala del MDL – MP simplificados (NACIONES UNIDAS, 2002b). Esta aprobación fue ratificada por la octava Conferencia de las Partes celebrada en Nueva Delhi en noviembre 2002, complementándola con aclaraciones sobre las definiciones de actividades admisibles para este tipo de proyectos (Guía Latinoamericana para el MDL, 2005).

A partir de estos trabajos, la Junta Ejecutiva del MDL ha venido desarrollando una serie de documentos guía para el desarrollo de proyectos de pequeña escala, como son: Anexo II de la decisión 21/CP.8, documento Modalidades y procedimientos simplificados para las actividades de proyectos en pequeña escala del mecanismo para un desarrollo de Limpio; Apéndice A del Anexo II de la Decisión 21/CP.8, Documento de diseño de proyecto simplificado; Apéndice B del Anexo II de la Decisión 21/CP.8, Simplificación de las metodologías para la línea base y el plan de vigilancia; Apéndice C del Anexo II de la Decisión 21/CP.8,

Agrupación de actividades de proyectos en las distintas etapas de ciclo en los MDL de pequeña escala; Apéndice B de las Modalidades y Procedimientos simplificados – Naciones Unidas, 2005, versión 5.

Un primer paso en la agilización del proceso es la identificación y selección de los proyectos que pueden acogerse al procedimiento simplificado. Para ello, en las Modalidades y Procedimientos de este tipo de instalaciones se han tipificado una serie de proyectos que permiten, en un primer chequeo, comprobar el tipo de tecnologías que pueden acogerse a un MDL de pequeña escala. Se han tipificado tres tipos de proyectos: de energías renovables, de mejora en la eficiencia energética y proyectos que reducen las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero; todos ellos están sujetos a unos límites máximos y a unas definiciones que se exponen a continuación. Estos tres tipos se engloban dentro de cada uno de los siguientes epígrafes:

- ✓ **Tipo I: Actividades de Proyectos de energías renovables con una capacidad máxima de producción equivalente de 15 MW (o equivalente apropiado)**
- ✓ **Tipo II: Actividades de Proyectos de mejora de la eficiencia energética que reduzcan el consumo de energía, por el lado de la oferta y/o de la demanda, con un máximo equivalente de 15 GWh/año**
- ✓ **Tipo III: Actividades de Otros Proyectos que reduzcan las emisiones antropogénicas por las fuentes y emitan directamente menos de 15 kt de CO₂ equivalente por año.**

En las decisiones tomadas por la séptima Conferencia de las Partes en 2001, se determinó que los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio de pequeña escala recibirán un tratamiento especial, siendo posible emplear metodologías y procedimientos simplificados para su formulación, aprobación y ejecución. Esta decisión se tomó con el fin de reducir los costos de transacción de este tipo de proyectos, aumentando así su competitividad frente a proyectos mayores.

De acuerdo con las etapas del proceso de producción de mezcla asfáltica, y las actividades del proyecto, se clasifica en Actividades de Proyecto Tipo II, es decir, de mejora de eficiencia energética. Para este tipo de actividades existen diferentes

categorías dentro de las cuales se clasificó el proyecto. La categoría seleccionada es la II.D. Medidas de eficiencia energética mediante la sustitución de combustibles en instalaciones industriales.

En la **Tabla 7**, se muestran las categorías y ejemplos de proyectos Tipo II.

Tabla 7. Categorías de proyectos Tipo II.

| Categoría de las actividades de proyecto | Ejemplos y tecnologías utilizadas |
|--|---|
| II.A. Mejora de eficiencia en la oferta de sistemas de transporte y distribución | Procesos de mejora del rendimiento energético de la red eléctrica, o del transporte/distribución de la calefacción urbana. Tecnologías: aumento del voltaje en una línea de transporte, ampliación o mejora en el aislamiento de las tuberías de un sistema de la calefacción urbana. Las tecnologías o los procedimientos pueden ser aplicados a los sistemas existentes de transporte y/o distribución, o ser parte de la ampliación del sistema. |
| II.B. Mejora de la eficiencia energética en la oferta de generación electricidad/calor | Procesos de mejora de eficiencia de las plantas que consumen combustible fósil para producir electricidad o calor, reduciendo el consumo de energía hasta el límite máximo establecido. Como ejemplo puede citarse la mejora de la eficiencia en centrales de generación eléctrica y cogeneración. |
| II.C. Programas de eficiencia energética en la demanda | Programas de eficiencia energética en equipamientos como: lámparas, refrigeradores, motores, ventiladores y otras aplicaciones. |
| II.D. Medidas de la eficiencia energética mediante la sustitución de combustibles en instalaciones industriales | Mejora del rendimiento energético y/o cambio de combustible implantados en una industria. Ejemplos de tecnologías: medidas del rendimiento energético (motores más eficientes), mejoras de combustible (sustitución de vapor o aire comprimido por electricidad) y medidas específicas de procesos industriales (hornos de acero, secado de papel, cura del tabaco etc). |
| II.E. Medidas de eficiencia energética mediante la sustitución de combustibles en edificios comerciales y residenciales. | Cualquier mejora del rendimiento energético y/o cambio de combustible en un edificio comercial o residencial, o grupo de edificios similares. Ejemplos: mejoras técnicas del rendimiento energético (aislamiento de edificios, cambio de fuel a gas natural). Las medidas pueden aplicarse a equipos existentes o a instalaciones nuevas. |

Fuente: Apéndice B del Anexo II de la Decisión 21/CP.8

6.4 INFORMACIÓN REQUERIDA PARA ELABORAR LOS DOCUMENTOS EXIGIDOS PARA EL PROYECTO MDL EN COLOMBIA

6.4.1. Requisitos establecidos en la Resolución 453 de 2004

Los requisitos necesarios para la elaboración del documento Nota Idea de Proyecto están establecidos en la Resolución 453 de 2004, así:

ARTÍCULO NOVENO. PROCEDIMIENTO PARA LA SOLICITUD DE COMENTARIOS Y/O DE CARTA DE NO - OBJECCIÓN A LOS PROYECTOS: El procedimiento para la obtención de comentarios y/o de la carta de no objeción a los proyectos por parte de este Ministerio, es el siguiente:

1. El interesado radicará la solicitud con los requisitos exigidos por el formato desarrollado por el Ministerio especialmente para el efecto. Este formato se presenta en el Anexo 3 de la presente resolución, el cual hace parte integral de la misma.

De acuerdo con lo anterior, para realizar el análisis de factibilidad del proyecto planteado, se tomaron como base los requisitos exigidos en el Anexo 3 de la Resolución 453, para la elaboración del formato PIN del proyecto.

El Documento Nota Idea del Proyecto (PIN) es el documento por el cual se presenta un proyecto al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para la obtención de comentarios y de la carta de No Objeción.

Sin embargo, lo expresado por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, a través de los comentarios y/o la carta de no objeción a los proyectos, no influye en el procedimiento y resultado de la aprobación que en su momento realice el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en su calidad de Autoridad Nacional Designada.

En este documento se debe incluir información sobre el proyecto que incluya: descripción del proyecto y actividades propuestas, beneficios ambientales esperados e información financiera.

La información utilizada para la elaboración de este formato se obtuvo en entrevistas con los directores de la planta de asfalto de Pavimentos Colombia y de Pavimentar S.A.; adicionalmente, se realizó el análisis de GEI en la planta productora de asfalto en Bosa. A partir de esta información, se realizaron los

cálculos necesarios para el establecimiento de la línea base del proyecto y para la elaboración del formato Nota Idea de Proyecto (PIN) que debe ser entregado al MAVDT, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 9 de la resolución 453 de 2004.

Por otra parte, para calcular las emisiones a reducir, se gestionó con la empresa Pavimentar S.A., y se obtuvo la autorización para realizar los análisis de gases efecto invernadero emitidos en la planta productora de asfalto, localizada en Copacabana (Antioquia). Esta planta fue seleccionada por ser la única planta en el país que cuenta con la misma tecnología que será adquirida por el proyecto para reducir las emisiones de GEI.

6.4.2. Elaboración del documento nota idea de proyecto (PIN)

Los requisitos necesarios para la elaboración de este documento, son los siguientes:

6.4.2.1. Descripción del proyecto.

La planta instalada satisface las necesidades de producción de la empresa, sin embargo, al conocer la existencia de tecnología innovadora que permitiera llevar a cabo el proceso de producción de una manera más eficiente y menos contaminante, se planteó realizar el cambio de la planta actual y desarrollar esta actividad dentro del esquema de un proyecto MDL.

Es así como este proyecto plantea la reducción de emisiones de GEI, a partir del mejoramiento de la eficiencia energética por el uso de motores eléctricos en las etapas del proceso y por reducción en el consumo de combustibles y cambio del mismo. Además se plantea la innovación tecnológica (cambio de la planta actual) como una de las actividades que permitirá alcanzar el objetivo propuesto.

6.4.2.2. Tecnología a ser utilizada

La nueva tecnología consiste en la adecuación de las instalaciones alimentadoras de combustible, para cambio a gas natural y cambio de la máquina existente por una planta mezcladora de asfalto ASTEC 200 MTPH SIX PACK DOBLE BARRIL. Es una planta que consta de dos tambores, uno al que se inyecta material granular (agregados pétreos) para el secado y otro en el cual va el asfalto, donde no se

permite el contacto de la llama con éste y así se evita la oxidación del mismo y los vapores que genera. Además como los filtros para el lavado de gases son más eficientes, las emisiones a la atmósfera se reducen considerablemente. Otras ventajas asociadas a la nueva tecnología son: la planta permite el trabajo con material reciclado, control térmico, y es de fácil mantenimiento.

Astec In. recientemente demostró un nuevo proceso que desarrolló para reducir las temperaturas de mezcla y compactación de asfalto sin sacrificar la calidad del pavimento resultante. Según la compañía, el Sistema Verde de Doble Barril que desarrolló para crear las nuevas mezclas tiene menos impacto ambiental que la tecnología convencional de mezcla de asfalto.

6.4.2.3. Tipo de proyecto

El proyecto se clasifica en las categorías de reducción por fuentes y demanda de energía, así:

El proyecto plantea la reducción de CO₂ por medio de la reducción de emisiones de GEI (CO₂ / CH₄ / N₂O), generadas durante la combustión de combustibles fósiles, por reemplazo de los mismos a gas natural.

La demanda de energía será reducida por medio de la sustitución de la planta actual mediante la instalación de una planta Astec, doble barril, que utiliza motores más eficientes en las diferentes etapas del proceso.

6.4.2.4. Programación del proyecto

La fecha de entrega del formato al Ministerio está programada para julio de 2009, teniendo en cuenta que el desarrollo del proyecto implica resolver compromisos financieros, aspectos legales, negociaciones y la construcción como tal (adecuación de instalaciones para alimentación a gas natural e instalación de la planta) para los cuales se deben establecer tiempos prudentes (2 y 3 meses cada uno).

Una vez instalada la nueva planta, se programa el seguimiento y registro de los análisis de GEI mensualmente, durante dos años.

6.4.2.5. Posición del país anfitrión

Colombia firmó la Convención Marco para el Cambio Climático el 13 de junio de 1993, la ratificó mediante la Ley 164 de 1994 y es parte desde el 20 de junio de 1995. Colombia ratificó el Protocolo de Kyoto mediante la Ley 629 de 2001.

6.4.2.6. Selección de la metodología de línea base y Monitoreo

Teniendo en cuenta las actividades a desarrollar por este proyecto, se seleccionó la metodología de línea base AMS-II-D, que comprende cualquier medida de eficiencia de energía y cambio de combustible implementada en una industria o minería e instalación de producción industrial. Esta categoría cubre actividades de proyecto dirigidas a eficiencia energética. Por ejemplo, incluye medidas de la eficiencia de energía (tales como eficiencia de motores), medidas de la eficiencia del cambio de combustible (tales como cambio de vapor o aire comprimido por electricidad) y medidas de eficiencia de energía para procesos industriales específicos o minería y producción minera (tales como hornos o calderas de acero, secadoras de papel, curadoras de tabaco,...). Las medidas pueden reemplazar, modificar o readaptar instalaciones o ser instaladas en una nueva instalación. El ahorro total de energía del proyecto no puede exceder el equivalente de 60GWh_e por año. Un ahorro total de 60GWh_e por año es equivalente a un ahorro máximo de 180 GWh_{th} por año en aportes de combustible. La metodología seleccionada establece criterios claros que fueron aplicados para realizar la elaboración de la línea base:

- En el caso de medidas de reemplazo, modificación o readaptación, la línea base consiste en la línea base de energía de la instalación existente o subsistema que es reemplazado, modificado o readaptado. En el caso de una nueva instalación la línea base consiste en la energía de la instalación que se construirá.
- En ausencia de la actividad de proyecto MDL, la instalación existente continuaría consumiendo energía (EC línea base en GWh/Año) a los promedios históricos (EC históricos en GWh/Año), con el paso del tiempo la instalación industrial o minera o de producción minera, sería reemplazada,

modificada o readaptada en ausencia de la actividad del proyecto MDL (Datos de línea base readaptada). De ahí en adelante, se asume que el escenario de línea base corresponde a la actividad del proyecto y se asume que la línea base del consumo de energía (EC línea base) es igual al consumo de la energía del proyecto (ECy, en GWh/año) y no se asume que ocurran reducciones de emisiones.

EC línea base = EC consumo de energía hasta la fecha de referencia histórica

EC línea base = ECy sobre/después posterior a la fecha de referencia

6.4.2.7. Establecimiento de la línea base

Para el proyecto de la planta de asfalto, inicialmente la línea base se calculó a partir de la información obtenida en entrevista con el Ingeniero Andrés Trujillo, director de la planta. Los datos que se presentan en la **Tabla 8** y **Tabla 9**, son datos reales para la planta y la caldera correspondientes al período 2006-2007, y muestran los consumos de combustible, las horas trabajadas y la producción obtenida durante este período de tiempo.

Tabla 8. Datos de consumos de combustible para la caldera-Bogotá

| MES | CONSUMO gal/mes ACPM | HORAS TRABAJADAS CALDERA | CONSUMO GAL/HORA |
|------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
| mar-06 | 860,24 | 176 | 4,89 |
| abr-06 | - | 0 | 0,00 |
| may-06 | 1.137,61 | 284 | 4,01 |
| jun-06 | 1.749,26 | 292 | 5,99 |
| jul-06 | 2655,319 | 373 | 7,12 |
| ago-06 | 3282,56 | 408 | 8,05 |
| sep-06 | 3222,622 | 430 | 7,49 |
| oct-06 | 2900,28 | 402 | 7,21 |
| nov-06 | 2750,63 | 347 | 7,93 |
| dic-06 | 1982,419 | 251 | 7,90 |
| ene-07 | 1800,43 | 249 | 7,23 |
| feb-07 | 1560,493 | 201 | 7,76 |
| PROMEDIOS | 1.991,82 | 284,42 | 6,30 |
| TOTALES | 23.901,86 | 3.413,00 | |

Tabla 9. Producción y consumo de combustibles planta Cedarapids

| MES | CONSUMO gal/mes CRUDO | PRODUCCION M3/MES ASFALTO | HORAS/MES TRABAJADAS PLANTA |
|------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|
| mar-06 | 8.677 | 1.564,07 | 29,8 |
| abr-06 | 0 | - | 0 |
| may-06 | 8.715 | 2.068,38 | 50,5 |
| jun-06 | 17.316 | 3.180,48 | 73,5 |
| jul-06 | 17.345 | 6.135,15 | 130,5 |
| ago-06 | 17.341 | 6.723,26 | 140,6 |
| sep-06 | 17.202 | 6.158,84 | 129,7 |
| oct-06 | 17.232 | 6.156,03 | 132,8 |
| nov-06 | 17.148 | 5.085,61 | 110,6 |
| dic-06 | 8.597 | 3.465,93 | 70,1 |
| ene-07 | 8.677 | 3.589,36 | 72 |
| feb-07 | 5.874 | 1.870,64 | 48,6 |
| PROMEDIOS | 12.010,32 | 3.833,15 | 82,39 |
| TOTALES | 144.123,80 | 45.997,75 | 988,70 |

6.4.2.7.1. Línea base para consumos de energía

Para el establecimiento de la línea base de consumos de energía, se empleó el valor de poder calorífico de los combustibles ACPM y crudo rubiales. Luego, con los factores de conversión de kilo caloría a kilo vatio hora se calculó el consumo de energía total para las dos instalaciones, obteniendo los siguientes resultados, que se presentan en la **Tabla 10 y Tabla 11**.

Tabla 10. Consumo de energía por uso de ACPM y motores en caldera Bogotá

| MES | kCal TOTALES* | CONSUMO EN Kwh POR USO DE ACPM** | CONSUMO DE ENERGIA EN Kwh (POR USO DE MOTORES) |
|------------------|----------------------|----------------------------------|--|
| mar-06 | 29.914.793,8 | 34.761,0 | 963,732 |
| abr-06 | - | - | 0 |
| may-06 | 39.560.353,0 | 45.969,1 | 1555,113 |
| jun-06 | 60.830.643,1 | 70.685,2 | 1598,919 |
| jul-06 | 92.338.718,2 | 107.297,6 | 2042,45475 |
| ago-06 | 114.151.024,0 | 132.643,5 | 2234,106 |
| sep-06 | 112.066.680,1 | 130.221,5 | 2354,5725 |
| oct-06 | 100.857.237,0 | 117.196,1 | 2201,2515 |
| nov-06 | 95.653.158,3 | 111.149,0 | 1900,08525 |
| dic-06 | 68.938.620,7 | 80.106,7 | 1374,41325 |
| ene-07 | 62.609.953,3 | 72.752,8 | 1363,46175 |
| feb-07 | 54.266.144,1 | 63.057,3 | 1100,62575 |
| PROMEDIOS | 69.265.610,46 | 80.486,64 | 1.557,39 |

| MES | kCal TOTALES* | CONSUMO EN Kwh POR USO DE ACPM** | CONSUMO DE ENERGIA EN Kwh (POR USO DE MOTORES) |
|----------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| TOTALES | 831.187.325,51 | 965.839,672 | 18.688,73 |

*Poder calorífico del ACPM=34775 Kcal/gal

** 1Kcal = 0,001162 KwH

En la tabla anterior se observa que el consumo total de energía por uso de ACPM es de 0,966 GwH/año y por uso de motores es de 0,019 GwH/año, lo que significa que la demanda de energía en la caldera es de 0,985 GwH/Año.

Tabla 11. Consumo de energía por uso de crudo rubiales y motores en la planta Bogotá

| MES | kCal TOTALES* | CONSUMO DE ENERGÍA EN Kwh POR USO DE CRUDO | CONSUMO DE ENERGIA Kwh POR USO DE MOTORES |
|------------------|-------------------------|--|---|
| mar-06 | 333.743.451,00 | 387.809,89 | 11.506,78 |
| abr-06 | - | - | 0,00 |
| may-06 | 335.205.045,00 | 389.508,26 | 19.499,74 |
| jun-06 | 666.025.308,00 | 773.921,41 | 28.380,81 |
| jul-06 | 667.140.735,00 | 775.217,53 | 50.390,42 |
| ago-06 | 666.986.883,00 | 775.038,76 | 54.290,37 |
| sep-06 | 661.640.526,00 | 768.826,29 | 50.081,51 |
| oct-06 | 662.794.416,00 | 770.167,11 | 51.278,53 |
| nov-06 | 659.563.524,00 | 766.412,81 | 42.706,37 |
| dic-06 | 330.666.411,00 | 384.234,37 | 27.067,96 |
| ene-07 | 333.743.451,00 | 387.809,89 | 27.801,61 |
| feb-07 | 225.924.076,09 | 262.523,78 | 18.766,09 |
| PROMEDIOS | 461.952.818,84 | 536.789,18 | 31.814,18 |
| TOTALES | 5.543.433.826,09 | 6.441.470,11 | 381.770,19 |

*Poder calorífico del crudo rubiales = 38463 Kcal/ gal

Para la planta cedarapids se calculó una demanda de energía de 6,441 GwH/Año por uso de combustibles fósiles y 0,382 GwH/Año por uso de motores, dando como resultado un consumo total de energía de 6,823 GwH/Año.

Este valor, sumado a la demanda de energía de la caldera da un total de 7,808 GwH/Año, confirmando así que no supera la demanda máxima establecida para las actividades de proyecto Tipo IID.

Para establecer el ahorro de energía por cambio de combustibles y por eficiencia en motores empleados en el proceso productivo, se calculó el consumo de energía

en la planta Astec (Antioquia) por uso de combustible (gas natural) y por uso de motores como se ve en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Consumo de energía por uso de gas natural y motores (Antioquia)

| MES | PRODUCCION TON/MES ASFALTO | M3GAS/MES | CONSUMO ENERGIA EN Kcal/MES | CONSUMO ENERGIA EN Kwh/MES | CONSUMO DE ENERGIA EN Kwh (POR USO DE MOTORES) |
|--------------------------------------|----------------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------|--|
| Mar-06 | 2236,389 | 20127,50526 | 179134796,8 | 208154,6339 | 7648,2445 |
| Abr-06 | 0,000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| May-06 | 2957,478 | 26617,3057 | 236894020,8 | 275270,8521 | 12960,95125 |
| Jun-06 | 4547,616 | 40928,54847 | 364264081,4 | 423274,8626 | 18863,95875 |
| Jul-06 | 8772,362 | 78951,25688 | 702666186,2 | 816498,1084 | 33493,15125 |
| Ago-06 | 9613,274 | 86519,4661 | 770023248,3 | 894767,0145 | 36085,3415 |
| Sep-06 | 8806,227 | 79256,0416 | 705378770,3 | 819650,131 | 33287,82925 |
| Oct-06 | 8802,219 | 79219,96945 | 705057728,1 | 819277,0801 | 34083,452 |
| Nov-06 | 7271,673 | 65445,0608 | 582461041,1 | 676819,7298 | 28385,7665 |
| Dic-06 | 4955,764 | 44601,87339 | 396956673,2 | 461263,6542 | 17991,34025 |
| Ene-07 | 5132,254 | 46190,28166 | 411093506,8 | 477690,6549 | 18478,98 |
| Feb-07 | 2674,737 | 24072,62896 | 214246397,7 | 248954,3142 | 12473,3115 |
| CONSUMO DE ENERGIA EN Kwh/Año | | | | 6121621,036 | 253752,3268 |
| CONSUMO DE ENERGIA EN Gwh/Año | | | | 6,121621036 | 0,253752327 |

Para la planta Astec se calculó una demanda de energía de 6,122 Gwh/Año por uso de combustibles fósiles y 0,254 Gwh/Año por uso de motores, dando como resultado un consumo total de energía de 6,375 Gwh/Año.

De acuerdo con lo anterior, el ahorro de energía al implementar el proyecto sería de 0,448 Gwh/Año.

6.4.2.7.2. Línea base de emisiones de GEI

Para el establecimiento de la línea base de emisiones de GEI por uso de combustibles fósiles, se puede realizar utilizando los coeficientes de emisión determinados por la EPA, o por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). Sin embargo, para no realizar un estimado (aproximado) y con el fin de obtener datos más ajustados, la Universidad de Antioquia –UDEA- realizó la toma de muestras de las emisiones GEI producidas por la planta Cedarapids. La universidad desplazó el equipo humano y técnico necesario para realizar la toma de muestras in situ. Toma de muestras de análisis de GEI).

De la misma manera, se realizó el análisis de GEI para la planta localizada en el departamento de Antioquia, cerca a la ciudad de Medellín, vía Copacabana, donde se encuentra localizada una planta Astec con las mismas características de la planta a importar para el desarrollo del proyecto, con el fin de proyectar las emisiones a ser generadas durante la vida útil del proyecto.

Las mediciones fueron realizadas “in situ” utilizando el método de evaluación de compuestos gaseosos usando espectrometría infrarroja con transformada de Fourier, por dos ingenieros químicos del Laboratorio Grupo Catálisis Ambiental-Gases de la Universidad de Antioquia.

Para determinar la composición de los gases se siguieron los lineamientos generales establecidos en el método 320 de la EPA y en el “protocolo sobre el uso de espectrometría infrarroja con transformada de Fourier para el análisis de emisiones gaseosas de fuentes estacionarias”.

Utilizando los datos de producción de mezcla asfáltica y de consumos de combustibles presentados en las **Tablas 8 y 9**, y los resultados de los análisis de GEI, presentados en la **Tabla 13 y Tabla 14**, se efectuaron los cálculos de emisiones totales generadas por las dos plantas.

Tabla 13. Resultados de Análisis de GEI planta y caldera Bogotá

| ITEM | CALDERA ACPM | SECADOR CRUDO RUBIALES |
|--------------------------------------|----------------|------------------------|
| (%) CO ₂ | 7,5807 | 3,8121 |
| (%) CO | 0,0002 | 0,0265 |
| (%) CH ₄ | 0,0003 | - |
| (%) N ₂ O | 0,0001 | 0,0003 |
| (%) H ₂ O | 4,9664 | 12,9449 |
| CONSUMO DE COMBUSTIBLE /PRODUCCION | 6,3 gal/h | 85 Ton/h |
| Q (COND. CHIMENEA M ³ /H) | 2218,9 | 27669,77 |
| Q (120°C M ³ /H) | 1098,49 | 32702,15 |
| FLUJO CO ₂ (Kg/h) | 83,703 | 1252,4877 |
| FLUJO CO (Kg/h) | 0,0014 | 5,5415 |
| FLUJO CH ₄ (Kg/h) | 0,0012 | 0 |
| FLUJO N ₂ O (Kg/h) | 0,0011 | 0,0986 |
| FLUJO H ₂ O (Kg/h) | 22,4472 | 1740,9882 |
| FLUJO CO ₂ | 13,2862 kg/gal | 14,7351 (kg/ton) |
| FLUJO CO | 0,0002 kg/gal | 0,0652 (kg/ton) |
| FLUJO CH ₄ | 0,0002 kg/gal | 0,0000 (kg/ton) |

| ITEM | CALDERA ACPM | SECADOR CRUDO RUBIALES |
|-----------|---------------|------------------------|
| FLUJO N2O | 0,0002 kg/gal | 0,0012 (kg/ton) |
| FLUJO H2O | 3,563 kg/gal | 20,4822 (kg/ton) |

Fuente: resultados de análisis de GEI realizados por UDEA, 2007

Los resultados de esta tabla se obtuvieron bajo una producción de 85 ton/hora. El flujo de los gases en Kg/h junto con los datos de producción de cada mes serán los utilizados para establecer las emisiones totales.

Tabla 14. Resultados de Análisis de GEI planta y caldera Antioquia

| ITEM | CALDERA GAS NATURAL | SECADOR GAS NATURAL |
|-------------------------|---------------------|---------------------|
| (%) CO2 | 5,6207 | 1,9329 |
| (%) CO | 0,0016 | 0,0538 |
| (%) CH4 | ---- | 0,0004 |
| (%) N2O | 0,0001 | 0,0003 |
| (%) H2O | 4,3567 | 14,5038 |
| Q (COND. CHIMENEA M3/H) | 652,19 | 73408,51 |
| Q (120°C M3/H) | 344,1634 | 73286,36 |
| FLUJO CO2 (Kg/h) | 33,605 | 1651,07 |
| FLUJO CO (Kg/h) | 0,0062 | 29,3049 |
| FLUJO CH4 (Kg/h) | ---- | 0,1259 |
| FLUJO N2O (Kg/h) | 0,0006 | 0,2757 |
| FLUJO H2O (Kg/h) | 10,6625 | 5078,9791 |

Fuente: resultados de análisis de GEI realizados por UDEA en 2008

Los resultados de estos análisis se obtuvieron bajo una producción de 140 Ton/hora, el flujo de los gases, junto con los datos de producción mensual ajustados a las condiciones de producción de la planta de Bogotá, serán tomados como base para realizar el cálculo de las emisiones totales.

6.4.2.7.3. Cálculo de emisiones totales

Para realizar el cálculo de las emisiones totales se tuvo en cuenta, además de los resultados de los análisis de GEI realizados in situ en cada una de las plantas, los datos de producción de la planta actual de Pavimentos Colombia, los cuales son tomados como la base para establecer las emisiones finales en las dos plantas.

A partir de estos datos, se realizó el cálculo de las emisiones que produciría la nueva planta en las mismas condiciones de producción.

Con base en lo anterior se obtuvieron las emisiones de la planta en Bogotá y en Medellín, ajustadas a un mismo volumen de producción.

A partir de los flujos de CO₂, CH₄ y N₂O obtenidos, se calcularon las emisiones generadas mes a mes durante un período de un año para las dos plantas, con el fin de establecer la reducción que se podría lograr por medio de la implementación del proyecto.

En las **Tablas 15 y 16**, se presentan las emisiones calculadas para las instalaciones de la planta de asfalto en Bogotá.

Tabla 15. Cálculo de emisiones totales planta Cedarapids-Bogotá.

| MES | PRODUCCION ASFALTO TON/HORA | PRODUCCION ASFALTO TON/MES | EMISION CO2 kg/Ton | EMISION CO2 Kg/Mes | EMISION N2O Kg/Ton | EMISION N2O Kg/Mes | TOTAL EMISION CO2e* Kg/Mes |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
| CONDICIONES DEL ESTUDIO | 85 | | 14,7351494 | | 0,0012 | | |
| mar-06 | 75,0466266 | 2236,389 | 13,0096854 | 29094,7234 | 0,00105948 | 2,36941392 | 734,518314 |
| abr-06 | 0 | 0,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| may-06 | 58,5639289 | 2957,478 | 10,1523323 | 30025,3035 | 0,00082678 | 2,44519843 | 758,011514 |
| jun-06 | 61,8723333 | 4547,616 | 10,7258597 | 48777,0965 | 0,00087349 | 3,97230556 | 1231,41472 |
| jul-06 | 67,2211638 | 8772,362 | 11,6531046 | 102225,251 | 0,000949 | 8,32501235 | 2580,75383 |
| ago-06 | 68,3732149 | 9613,274 | 11,8528181 | 113944,388 | 0,00096527 | 9,27939458 | 2876,61232 |
| sep-06 | 67,8968916 | 8806,227 | 11,7702452 | 103651,449 | 0,00095854 | 8,44115901 | 2616,75929 |
| oct-06 | 66,2817683 | 8802,219 | 11,490256 | 101139,748 | 0,00093574 | 8,23661123 | 2553,34948 |
| nov-06 | 65,7474993 | 7271,673 | 11,3976379 | 82879,9009 | 0,0009282 | 6,7495672 | 2092,36583 |
| dic-06 | 70,6956307 | 4955,764 | 12,2554198 | 60734,9645 | 0,00099806 | 4,94612952 | 1533,30015 |
| ene-07 | 71,2812989 | 5132,254 | 12,3569481 | 63418,9903 | 0,00100632 | 5,16471101 | 1601,06041 |
| feb-07 | 55,0357315 | 2674,737 | 9,54070266 | 25518,8661 | 0,00077698 | 2,07820352 | 644,243091 |
| | | 65769,993 | | 761410,68 | | | 19222,389 |
| | | TonCO₂e/Año | | 761,41068 | | | 19,222389 |

*GWP N2O= 310 CO2

Como se observa en la tabla anterior, las emisiones totales de GEI para la planta Cedarapids son de 761,41 Ton CO₂e/año más 19,222 Ton CO₂e/año, para un total de 780,633 Ton CO₂e/año.

Tabla 16. Cálculo de emisiones totales Caldera-Bogotá.

| MES | CONSUMO ACPM GAL/HORA | TOTAL EMISION CO ₂ kg/Gal | CONSUMO ACPM GAL/MES | TOTAL EMISION CO ₂ Kg/Mes | FLUJO CH ₄ Kg/Gal | TOTAL EMISION CH ₄ Kg/Mes | TOTAL EMISION CO ₂ e* Kg/Mes | FLUJO N ₂ O Kg/Gal | TOTAL EMISION N ₂ O Kg/Mes | TOTAL EMISION CO ₂ e**Kg/Mes |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| CONDICIONES DEL ESTUDIO | 6,3 | 13,2863 | | | 0,0002 | | | 0,0002 | | |
| mar-06 | 4,89 | 10,3078 | 860,24 | 8.867,17 | 0,0002 | 0,1335 | 2,8031 | 0,0002 | 0,13 | 41,379 |
| abr-06 | 0,00 | 0,0000 | - | - | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | - | 0,000 |
| may-06 | 4,01 | 8,4476 | 1.137,61 | 9.610,09 | 0,0001 | 0,1447 | 3,0379 | 0,0001 | 0,14 | 44,845 |
| jun-06 | 5,99 | 12,6338 | 1.749,26 | 22.099,76 | 0,0002 | 0,3327 | 6,9861 | 0,0002 | 0,33 | 103,129 |
| jul-06 | 7,12 | 15,0130 | 2.655,32 | 39.864,33 | 0,0002 | 0,6001 | 12,6018 | 0,0002 | 0,60 | 186,027 |
| ago-06 | 8,05 | 16,9673 | 3.282,56 | 55.696,14 | 0,0003 | 0,8384 | 17,6065 | 0,0003 | 0,84 | 259,906 |
| sep-06 | 7,49 | 15,8052 | 3.222,62 | 50.934,28 | 0,0002 | 0,7667 | 16,1012 | 0,0002 | 0,77 | 237,685 |
| oct-06 | 7,21 | 15,2151 | 2.900,28 | 44.127,95 | 0,0002 | 0,6643 | 13,9496 | 0,0002 | 0,66 | 205,923 |
| nov-06 | 7,93 | 16,7172 | 2.750,63 | 45.982,74 | 0,0003 | 0,6922 | 14,5360 | 0,0003 | 0,69 | 214,578 |
| dic-06 | 7,90 | 16,6564 | 1.982,42 | 33.020,00 | 0,0003 | 0,4971 | 10,4382 | 0,0003 | 0,50 | 154,088 |
| ene-07 | 7,23 | 15,2488 | 1.800,43 | 27.454,47 | 0,0002 | 0,4133 | 8,6788 | 0,0002 | 0,41 | 128,116 |
| feb-07 | 7,76 | 16,3729 | 1.560,49 | 25.549,80 | 0,0002 | 0,3846 | 8,0767 | 0,0002 | 0,38 | 119,228 |
| | | | 1.991,82 | 363.206,74 | 0,0002 | | 114,8161 | | | 1694,90404 |
| TONELADAS CO₂e/AÑO | | | | 363,21 | | | 0,1148 | | | 1,6949 |

* **GWP CH₄ = 21 CO₂**

** **GWP N₂O = 310 CO₂**

Para el cálculo de las emisiones totales de la caldera, se deben sumar los valores de las emisiones de CO₂e producidos por la emisión del CO₂ como tal, y las equivalencias de las emisiones de CH₄ y N₂O calculadas a partir del poder de calentamiento global (GWP) de cada uno de estos gases.

Como resultado se tiene que, las emisiones totales generadas por la caldera son de 365,02 TonCO₂e/Año.

Para realizar los cálculos de emisiones totales producidas por la planta y la caldera, se tuvieron en cuenta los resultados de los análisis de GEI, en condiciones de producción de asfalto y consumo de combustibles por hora establecidos al momento de realizar la toma de muestras de los gases. A partir de estos valores se realizó la extrapolación de los flujos de GEI obtenidos en los análisis, y de esta manera se obtuvo, para cada mes, el valor de emisiones generadas durante un período de un año.

Para el caso de la planta de Antioquia (Astec), los cálculos de las emisiones totales se realizaron a partir de los resultados de los análisis de GEI obtenidos en las condiciones de producción propias de esta planta, pero para poder comparar las emisiones generadas con la planta de Bogotá, se realizó la extrapolación de los flujos de CO₂, CH₄ y N₂O de la planta Astec, a las condiciones de producción que se presentan en Bogotá. Adicionalmente, como el proyecto plantea solamente el cambio de la planta procesadora de asfalto, se asumen las mismas emisiones calculadas para la caldera de Bogotá.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de los flujos de CH₄ y N₂O, se multiplica el valor de las emisiones de estos gases por el Potencial de Calentamiento Global de cada uno en unidades de CO₂

En la **Tabla 17** se presentan los cálculos de emisiones GEI para la planta Astec.

Tabla 17. Cálculo de emisiones para la planta Astec (Antioquia)

| MES | horas planta /mes | Producción Ton/H | Producción Ton/mes | FLUJO KgCO2/Hora | TOTAL EMISION KgCO2/Mes | FLUJO KgCH4/Hora | TOTAL EMISION CH4Kg/Mes | TOTAL EMISION CO ₂ e* Kg/Mes | FLUJO Kg/Hora N ₂ O | TOTAL EMISION N ₂ O Kg/Mes | TOTAL EMISION CO ₂ e** Kg/Mes |
|--|-------------------|--------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| CONDICIONES DE ESTUDIO | | 140 | | 1651,070 | | 0,126 | | | 0,276 | | |
| mar-06 | 29,800 | 75,047 | 2236,389 | 885,052 | 26374,540 | 0,067 | 2,011 | 42,234 | 0,148 | 4,404 | 1365,268 |
| abr-06 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| may-06 | 50,500 | 58,564 | 2957,478 | 690,665 | 34878,599 | 0,053 | 2,660 | 55,852 | 0,115 | 5,824 | 1805,477 |
| jun-06 | 73,500 | 61,872 | 4547,616 | 729,683 | 53631,665 | 0,056 | 4,090 | 85,882 | 0,122 | 8,956 | 2776,222 |
| jul-06 | 130,500 | 67,221 | 8772,362 | 792,763 | 103455,597 | 0,060 | 7,889 | 165,666 | 0,132 | 17,275 | 5355,339 |
| ago-06 | 140,600 | 68,373 | 9613,274 | 806,350 | 113372,774 | 0,061 | 8,645 | 181,547 | 0,135 | 18,931 | 5868,698 |
| sep-06 | 129,700 | 67,897 | 8806,227 | 800,732 | 103854,978 | 0,061 | 7,919 | 166,306 | 0,134 | 17,342 | 5376,013 |
| oct-06 | 132,800 | 66,282 | 8802,219 | 781,685 | 103807,710 | 0,060 | 7,916 | 166,230 | 0,131 | 17,334 | 5373,566 |
| nov-06 | 110,600 | 65,747 | 7271,673 | 775,384 | 85757,442 | 0,059 | 6,539 | 137,326 | 0,129 | 14,320 | 4439,201 |
| dic-06 | 70,100 | 70,696 | 4955,764 | 833,739 | 58445,091 | 0,064 | 4,457 | 93,590 | 0,139 | 9,759 | 3025,388 |
| ene-07 | 72,000 | 71,281 | 5132,254 | 840,646 | 60526,499 | 0,064 | 4,615 | 96,923 | 0,140 | 10,107 | 3133,131 |
| feb-07 | 48,600 | 55,036 | 2674,737 | 649,056 | 31544,123 | 0,049 | 2,405 | 50,512 | 0,108 | 5,267 | 1632,869 |
| | | | | | 775649,018 | | | 1242,066 | | | 40151,171 |
| | | Ton CO₂e/Año | | | 775,649 | | | 1,242 | | | 40,151 |
| TOTAL EMISIONES QUEMADOR ASTEC EN Ton CO₂e/Año | | | | | | | | | | | 817,0422562 |

* GWP CH₄ = 21 CO₂** GWP N₂O = 310 CO₂

Al comparar los resultados de las emisiones totales calculadas para la planta de Bogotá y la planta de Antioquia se tiene que:

Emisión total Ton CO₂/Año planta Cedarapids: 780,634

Emisión total Ton CO₂/Año planta Astec: 817,04

De acuerdo con lo anterior, no es factible desarrollar un proyecto de reducción de emisiones que aplique al MDL para la planta de asfalto, ya que la innovación tecnológica no representa las reducciones esperadas, y el ahorro de energía por eficiencia energética es muy bajo.

6.4.2.8. Costos estimados del proyecto

Para establecer los costos del proyecto, se tuvo en cuenta la importación de la tecnología, la instalación y las actividades de la etapa de planteamiento del proyecto. En la **Tabla 18** se presentan estos costos.

Tabla 18. Costos estimados del proyecto.

| ACTIVIDAD | COSTO EN PESOS | COSTO EN US\$ |
|--|------------------------|--------------------|
| ADECUACIÓN TANQUES DE ASFALTO | 15.000.000,0 | 7.463,3 |
| ADECUACIÓN DEL TERRENO DE UBICACIÓN DE LA PLANTA | | |
| Base estabilizada | 8.000.000,0 | 3.980,4 |
| Refuerzo estructural con reciclado de pavimento | 5.000.000,0 | 2.487,8 |
| Adecuación de tuberías | 10.000.000,0 | 4.975,5 |
| TRASLADO DE LA CALDERA (VALLE-BOGOTA) | 2.000.000,0 | 995,1 |
| CAMBIO Y ADECUACION DE CALDERA ACPM A GAS | 30.000.000,0 | 14.926,6 |
| TRASLADO PLANTA NUEVA | 100.000.000,0 | 49.755,5 |
| INSTALACIÓN DEL GAS NATURAL | 120.000.000,0 | 59.706,5 |
| COSTO PLANTA NUEVA | 2.713.270.500,0 | 1.350.000,0 |
| COSTOS DE PERSONAL | 10.500.000,0 | 5.224,3 |
| COSTO ANALISIS DE GASES | 5.000.000,0 | 2.487,8 |
| COSTO ANALIZADOR DE GASES GASMET | 200.983.000,0 | 100.000,0 |
| PAPELERIA | 500.000,0 | 248,8 |
| COSTOS DE TRANSACCION DEO | 401.966.000,0 | 200.000,0 |
| COSTOS TOTALES | 3.622.219.500,0 | 1.802.251,7 |

Fuente: datos obtenidos de Pavimentos Colombia, Planta Bosa.

El monto de los costos es considerable, y por lo tanto se esperaba contar con una financiación externa, como las divisas que se esperaban por la negociación de los CERs. Sin embargo, teniendo en cuenta que no hay reducción de emisiones, no hay viabilidad económica del proyecto.

Si se observa en la tabla anterior, además del alto costo de la nueva tecnología, otro factor importante son los costos de transacción que debe asumir la empresa para obtener la aprobación definitiva del proyecto ante la Junta Ejecutiva. El costo de contratar una entidad operacional designada es bastante elevado para un proyecto de pequeña escala como este.

7 CONCLUSIONES

El resultado del consumo total de energía de Planta a instalar ASTEC (6,375 GwH/Año), comparado con la energía requerida para el funcionamiento de la Planta Cedarapids (6,823 GwH/Año) muestra que el ahorro de energía al implementar el proyecto sería de 0,448 GwH/Año, lo que comprueba que las actividades del proyecto pueden acogerse a un MDL de pequeña escala. Sin embargo el ahorro de energía por eficiencia energética es muy bajo frente a los altos costos de inversión requeridos para la adquisición de la maquinaria que permita la implementación del proyecto.

Por otra parte, los resultados obtenidos del análisis de la línea base, en relación a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, muestran que con la implementación de la nueva tecnología las emisiones generadas con la instalación de la nueva planta ASTEC (817,04 Ton CO₂e/Año), superan a las generadas por la planta existente Cedarapids (780,634 Ton CO₂e/Año) y por lo tanto, no es factible desarrollar el proyecto de reducción de emisiones planteado en este trabajo, ya que la innovación tecnológica no representa las reducciones esperadas.

La aplicación de los requisitos establecidos por el Ministerio para la elaboración del formato PIN, no se pudo llevar a cabo completamente, pues no se presentarán los beneficios ambientales esperados (reducción de GEI). Tampoco se presentarán efectos sociales positivos diferentes a los existentes, es decir, la generación de empleo para mano de obra local.

Uno de los incentivos de los proyectos MDL, es la recuperación de la inversión -o de una parte de esta- por medio de la negociación de los CERs. Sin embargo, como se puede observar en la elaboración del estudio, el desarrollo de proyectos MDL de pequeña escala, se ve afectado por los altos costos de la implementación de tecnologías limpias que sumados a los costos de transacción, influyen negativamente en la viabilidad de los proyectos, generando la ausencia de interés

y compromiso de los empresarios, razón por la que se presentan bajos índices de inversión del sector productivo en proyectos MDL.

8 RECOMENDACIONES

Se deben establecer estrategias de divulgación sobre este tipo de proyectos y el impacto que puede llegar a tener la implementación de tecnologías limpias no sólo a nivel ambiental sino económico, puesto que pese a que las políticas para la aplicación de MDL en Colombia están formuladas, se observa un amplio rango de desconocimiento por parte de los sectores productivos frente a este tema, lo que se ve reflejado en la baja oferta de este tipo de proyectos a nivel internacional.

Las divisas generadas por la negociación de CERs, junto con los incentivos tributarios establecidos para el beneficio de las compañías que implementen este tipo de proyectos en el país, deberían ser de tal magnitud que contrarresten los altos costos de implementación de los proyectos de pequeña escala.

Es importante contar con metodologías de línea base más precisas, aplicables a cada proceso productivo, donde se establezcan procedimientos específicos para el cálculo de las reducciones de emisiones GEI.

9 BIBLIOGRAFIA

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ACCEFYN, 2001. Portafolio Colombiano de Proyectos para el MDL.

Caicedo A., Escobar M., 2006. Diseño de Mecanismos de Producción Más Limpia para la Empresa Productora de Mezcla Asfáltica Pavimentos Colombia.

Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. CMNUCC. Metodología de Línea Base y Monitoreo para Actividades de Proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio de Pequeña Escala. Versión 10.

Chavarro M.et all., 2007. UNODC-Colombia Proyecto AD/COL/2. Sembrando Bosques, opciones frente al cambio climático global. Mecanismo de Desarrollo Limpio Forestal.

Documento CONPES 3242, 2003. Estrategia y Acciones para la Venta de Servicios Ambientales de Mitigación de Cambio Climático: Desarrolla la estrategia y acciones para la venta de servicios ambientales de mitigación de cambio climático.

ENEL spA., 2004. Metodologías de Línea Base y Monitoreo. Taller Internacional Proyectos de Generación Eléctrica Bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Guayaquil, Ecuador

García M., Paula, 2006. Principales Contenidos de un Proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio.

IDEAM, 2001. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004. Resolución 453, "Por la cual se adoptan los principios, requisitos y criterios y se establece el procedimiento para la Aprobación Nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL".

Ministerio de Medio Ambiente, 2000. Estudio Estrategia Nacional para la Implementación de MDL en Colombia.

Ministerio de Medio Ambiente, 2006. El MDL y el Uso de la Energía.

Ministerio de Medio Ambiente, 2006. Portafolio Nacional de Proyectos Elegibles al MDL.

NACIONES UNIDAS, 1998. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, 2000. Introducción al Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Programa Sinergy, 2005. Metodologías para la Implementación de los Mecanismos Flexibles de Kyoto. MDL en Latinoamérica.. Guía Latinoamericana del MDL.

Sevilla M, 2002. Evaluación de la capacidad instalada de plantas de mezcla asfáltica en Colombia. En: Terceras Jornadas Internacionales Sobre Pavimentos Asfálticos.

REFERENCIAS DE INTERNET

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. www.infccc.int/Projects.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. www.minambiente.gov.co

