



INDICADORES AMBIENTALES

Un caso exitoso de sostenibilidad en el sector transporte de carga
en el Valle de Aburrá - Colombia.

Environmental Indicators - A successful case of sustainability
in the freight sector Valle de Aburrá - Colombia.

Miryam Gómez M. - Dora Luz Yepes P. - Berney Montoya Z. - Daniela Gutiérrez C.

COLOMBIA

Resumen

A la actual Política Nacional de Producción más Limpia y Consumo Sostenible en Colombia se han articulado programas en diversos sectores productivos, uno de estos enfocado al sector transporte de carga, desde el 2008. Un proyecto de investigación acción participativa fue liderado por Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), como autoridad ambiental urbana, el cual fue ejecutado por grupos de investigación de universidades de la región. El objetivo fue fomentar la adopción de buenas prácticas de conducción y visibilizar beneficios ambientales y económicos, los cuales se evidencian mostrando un modelo de caso exitoso entre un conjunto de 118 empresas del sector, para la implementación de indicadores ambientales. De esta manera se proyecta alcanzar mayores condiciones de sostenibilidad y disminución de la huella de carbono marcada por una actividad generadora de alta presión ambiental.

Palabras clave: Buenas Prácticas Ambientales, Producción Más Limpia, indicadores ambientales, fuentes móviles, sector transporte de carga.

Abstract

In the current Colombian National Policy for Cleaner Production and Sustainable Consumption, there are several Programs that have been articulated in different productive sectors, one of these has focused on the Freight Since 2008. A participative action research project was led by the Metropolitan Area of the Aburrá Valley (AMVA), as the local urban environmental authority, was executed by Research Groups from universities in the region. The objective was to encourage the adoption of Best Practices for Driving and make possible environmental and economic benefits, which are evidenced by presenting a model of a successful case within a group of 118 companies in the sector, in order to implement environmental indicators. This way, a projection of reaching better conditions of sustainability and reduction of the carbon footprint of an activity that generates high environmental pressure can be carried out.

Keywords: Good environmental practices, clean production, environmental indicators, mobile sources, transportation of freight

Miryam Gómez Marín. Ingeniera Química, Especialista en Gestión Ambiental. Directora del Grupo de Investigación en Higiene y Gestión Ambiental (GHYGAM) Docente investigadora tiempo completo Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. mgomez@elpoli.edu.co.

Dora Luz Yepes. Magister en Medio Ambiente y Desarrollo, Especialista en Gestión Ambiental, Ingeniera sanitaria, Grupo de Investigación GHYGAM, Docente investigadora tiempo completo Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. dlyepes@elpoli.edu.co.

Berney Montoya. Máster en Gestión Ambiental, Profesional en Seguridad, Salud y Medio Ambiente, Jefe de Procesos y Desarrollo Sostenible de TDM Transportes S.A.S. bmontoya@tdm.com.co

Daniela Gutiérrez Carmona. Ingeniera en Higiene y Seguridad Ocupacional, Joven Investigadora Colciencias, Grupo de Investigación GHYGAM, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. daniela_gutierrez283103@elpoli.edu.co



POLITÉCNICO COLOMBIANO
JAIME ISAZA CADAVID



Resumo

Na atual Política Nacional de Produção mais Limpa e Consumo Sustentável da Colômbia, Programas em diversos setores produtivos têm sido articulados, um desses foca no setor de transporte de carga desde 2008. Um projeto de pesquisa-ação participativa, foi liderado pela Área Metropolitana do Vale do Aburrá (AMVA), como a autoridade ambiental urbana, o qual foi executado por Grupos de Pesquisa de universidades da região. O objetivo foi fomentar a adoção de Boas Práticas Condução e viabilizar benefícios ambientais e econômicos, os quais se evidenciam apresentando um modelo de caso de sucesso entre um conjunto de 118 empresas do setor, para a implementação de indicadores ambientais. Desta forma, projeta-se atingir maiores condições de sustentabilidade e a diminuição da pegada de carbono aportada por um atividade geradora de alta pressão ambiental.

Palavras-chave : Boas Práticas Ambientais, Produção Mais Limpa, Indicadores ambientais, fontes móveis, setor transporte de carga.

Introducción

Estudios realizados sobre la exposición a los contaminantes que generan los motores Diésel tradicionalmente usados en vehículos de carga, catalogan sus efectos como una amenaza reconocida para la salud (Craft, 2013), cuyos síntomas respiratorios, inmunológicos, inflamaciones pulmonares, problemas cardiovasculares y cáncer de pulmón en las personas (Ris, 2007), han motivado a nivel mundial la realización de diferentes programas de buenas prácticas ambientales y producción más limpia, tendientes a reducir los efectos del uso de este combustible. Para ello, se han considerado variables como restricción vehicular, renovación de flota a tecnologías de mayor eficiencia energética, cambios de combustible y mejoramiento de su calidad, entre otros modelos de control.

En el año 2013, el Clain Air Asia implementó el denominado Clean Air Action Plan 2013–2017 para Beijing, China, tomando medidas para reducir las emisiones atmosféricas; entre ellas, eliminó los vehículos antiguos, dado el incumplimiento de los estándares de combustibles, reemplazándolos por vehículos de gas natural, mejorando así la calidad del aire con una reducción significativa en emisiones totales de CO, NOx y PM2.5 de los vehículos de Beijing, en relación con las emisiones del año 1998 (Jiming Haoa, 2014).

La estrategia de cambio de combustible a gas natural comprimido también fue implementada en la ciudad de Quebec, demostrándose una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el Diésel (Ahsan Alam, 2014).



Casos exitosos de implementación de estrategias de buenas prácticas ambientales en el sector transporte en ciudad de México y Santiago de Chile evidencian disminuciones en las concentraciones ambientales de PM_{2,5} y PM₁₀, siendo estos un soporte para la formulación del Plan de descontaminación del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010) en el marco de la Política Nacional de Producción más Limpia y Consumo Sostenible (Ministerio del Medio Ambiente, 2010).

De manera específica para el sector transporte, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), como autoridad ambiental urbana, ha venido desarrollando desde el año 2008 programas de producción más limpia (PML) (TDM Transportes S.A.S., 2014). La justificación de estos programas se ha basado en la evaluación a nivel mundial y local de los impactos ambientales generados por las fuentes móviles, reportadas como las principales aportadoras de contaminantes atmosféricos (Cheung, 2009), (Gómez, 2010), generación de accidentes, congestión urbana y dependencia energética, entre otros (Alzate, 2007).

Con estos referentes, el AMVA en el año 2012 lideró el Convenio 437, como un esfuerzo conjunto entre la Universidad de Medellín, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de San Buenaventura, Corporación Universitaria Lasallista y 118 empresas del sector transporte de carga, tendiente a fomentar buenas prácticas ambientales, mediante la asesoría y acompañamiento en el seguimiento continuo a planes de acción empresarial formulados concertadamente a partir del año 2009.

Los objetivos abordados en el estudio fueron desarrollados para la flota propia de la organización TDM Transportes, ubicada al norte del Valle de Aburrá, y estuvieron enfocados hacia la implementación de una metodología de trazabilidad de la información contenida en los planes de acción 2009-2012, e implementación de un conjunto de indicadores de desempeño ambiental. Este conocimiento permitió evaluar de manera confiable el cumplimiento de los planes y la medición de indicadores ambientales definidos para el sector transporte de carga (Área Metropolitana Valle de Aburrá y Alcaldía de Medellín, Secretaría del Medio Ambiente, 2006), orientado a la identificación de un modelo de Buenas Prácticas Ambientales y de Producción más Limpia.

Metodología

De acuerdo con los objetivos del estudio, a continuación se describe la metodología aplicada:

Un grupo de 118 empresas fue tomado como base de observación, para ob-



tener información de las diferentes actividades relacionadas con métodos de medición de consumo de combustible e insumos, rutinas de mantenimiento, procesos de formación y manejo de residuos, entre otras variables que pudieran influir en la trazabilidad de los datos. El programa de seguimiento, control de calidad y depuración de la información para la valoración de las variables incluidas en los planes de acción se llevó a cabo en la empresa TDM Transportes, dada la disponibilidad de recursos y tiempo para el estudio y su política de cambios en procesos y operaciones en vía del mejoramiento ambiental.

La evaluación y el seguimiento técnico de los planes de acción se planeó y controló a partir de instructivos acordados entre las partes. El grupo de investigadores se enfocó en el acompañamiento a los líderes empresariales para la depuración, control, seguimiento y trazabilidad de la información consignada en los planes del 2009 al 2012, como base para la implementación de los indicadores ambientales. La puesta en marcha de esta etapa implicó el desarrollo de las siguientes actividades:

- Revisión y análisis de los planes de acción.
- Concertación de visitas de seguimiento.
- Aplicación de entrevistas y reuniones dirigidas con los líderes.
- Inspecciones visuales y registro fotográfico en las áreas involucradas (talleres, lavaderos, zonas de lubricación y mantenimiento, centros de acopio, almacenamiento, entre otros). La Figura 1 ilustra algunas áreas de trabajo.
- Recolección de información primaria para el cálculo de emisiones, considerando el tipo de vehículo, distancia recorrida, carga transportada, tipo de ruta, consumos y características del combustible tipo Diésel. La selección de los factores de emisión derivados de la actividad, se realizó con base en lo recomendado por la autoridad ambiental en el Valle de Aburrá (AMVA, UPB, 2011), como se detalla a continuación:

Factor de emisión CO₂: 72.034 (kg/TJ).

Factores de emisión SO₂:

- 113,68 (kg/TJ). Para Diésel de 2500 ppm en contenido de azufre, distribuido en el área metropolitana para el año 2009.
- 22,74 (kg/TJ). Para Diésel de 500 ppm en contenido de azufre, distribuido en el área metropolitana para el año 2010.
- 2,27 (kg/TJ). Para Diésel de 50 ppm en contenido de azufre, distribuido en el área metropolitana a partir del año 2011 y hasta la fecha.



Figura 1. Zona de lavado y mantenimiento de vehículos de carga



• Recolección de datos sobre consumos de agua, aceite, llantas nuevas y re-enchuchadas, filtros, generación de vertimientos y residuos. Para la implementación de los indicadores pertinentes, se utilizaron los siguientes equivalentes de conversión (AMVA, Consultoría 455, 2011):

- Llantas nuevas : 54,5 kg./unidad
- Llantas Usadas: 45,4 kg./unidad
- Baterías: 35 kg./unidad
- Filtros: 1 kg./ unidad
- Densidad Aceite: 0,85 kg/

Otro componente de la metodología lo constituyó la selección de indicadores de desempeño ambiental del sector transporte de carga (Área Metropolitana Valle de Aburrá y Alcaldía de Medellín, Secretaría del Medio Ambiente, 2006) (Fiksel, Eason, & Frederickson, 2012). En la Tabla 1 se presentan los indicadores implementados.

Con la información verificada y confiable se implementaron los indicadores, utilizando como herramienta de gestión tecnológica la base de datos de un software desarrollado por la empresa para el cálculo de las emisiones y de los indicadores ambientales asociados, y de manera especial, el indicador Huella de carbono, concepto referido a las emisiones directas de CO₂ y de gases de efecto invernadero (Doménech, 2011). Este sistema de información y comunicación cuenta con dispositivos de posicionamiento geográfico para el registro integrado de las variables relacionadas con los movimientos y maniobras del vehículo.



| Indicadores | Fórmula/Factor Emisión | Unidades |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Consumo combustible | $\frac{\text{Combustible e consumido}}{\text{Número de vehículos}}$ | gal/veh mes |
| Rendimiento de combustible | $\frac{\text{Km. recorridos}}{\text{Combustible e consumido}}$ | km/gal |
| Residuos peligrosos generados por vehículo | $\frac{\text{Cantidad residuos generados}}{\text{Vehículo}}$ | kg/veh |
| Residuos peligrosos generados por recorrido | $\frac{\text{Cantidad residuos generados}}{\text{Km. recorridos}}$ | kg/km |
| Residuos peligrosos generados por carga transportada | $\frac{\text{Cantidad residuos generados}}{\text{Carga transportada}}$ | kg/ton |
| Consumo de agua | $\frac{\text{m}^3 \text{ consumido mes}}{\# \text{ vehículos lavados}}$ | m3/veh |
| Emisión de SO ₂ (kg/veh/mes) | 2,27 Kg / TJ | kg SO ₂ /veh |
| Emisión de CO ₂ (kg/veh/mes) | 72034 Kg / TJ | kg CO ₂ /veh |
| Emisiones de CO ₂ /ton | $\frac{\text{Cantidad CO}_2 \text{ emitido}}{\text{Carga transportada}}$ | kg CO ₂ /ton |
| Emisiones de SO ₂ /ton | $\frac{\text{Cantidad SO}_2 \text{ emitido}}{\text{Carga transportada}}$ | kg SO ₂ /ton |

Fuente: (Área Metropolitana Valle de Aburrá y Alcaldía de Medellín, Secretaría del Medio Ambiente, 2006)

Durante la etapa de acompañamiento se aprovechó un programa continuo de buenas prácticas ambientales llevado a cabo en la compañía, orientado a la sensibilización, formación y estímulo a los conductores acerca de la importancia del control de variables tales como velocidad de circulación, revoluciones del motor, mantenimiento del vehículo, consumo de combustible tipo Diésel, conductas asociadas a las maniobras durante la conducción y sobre el impacto contaminante de la actividad.

Los criterios que conllevaron a la identificación del modelo exitoso de Buenas Prácticas Ambientales y Producción más Limpia, se basaron en el análisis del comportamiento de los indicadores para el periodo de observación 2009-2012. En este análisis se consideraron disminuciones significativas en emisiones atmosféricas, consumo de materias primas e insumos, residuos y vertimientos e igualmente, la reducción de costos asociados.



Resultados

Para el modelo exitoso de implementación de buenas prácticas ambientales, los resultados obtenidos, objeto de esta divulgación, han sido producto del acompañamiento metodológico en la verificación y calidad de los datos y el esfuerzo de cambios en procesos y operaciones relacionadas con la conducción y mantenimiento de la flota vehicular propia de la empresa TDM Transportes.

Durante el acompañamiento se analizaron las actividades de los procesos principales relacionados directamente con el alistamiento, despacho del vehículo, transporte y entrega de producto; y de procesos de apoyo, logística, mantenimiento y lavado de vehículos (Ver Tabla 2). Igualmente, la información referente a las características generales promedio de la flota vehicular se observan en la Tabla 3, resaltando que no se discrimina por cada período, dado que el programa no incluyó como variable de análisis la renovación de la flota vehicular.

Tabla 2. Procesos y actividades. Empresa TDM Transportes. Medellín-Colombia

| Proceso | Actividad |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alistamiento y Despacho de vehículos | Definición de rutas y destinos. Aseo y lavado de vehículos y actividades conexas. |
| Transporte de carga | Carga de mercancía. Movilización de la carga. Monitoreo de la carga transportada. Descarga de la mercancía. |
| Mantenimiento | Lubricación, mecánica en general, cambio de llantas, reparaciones y otras. |
| Apoyo Administrativo | Actividades administrativas y de oficina. |

Fuente: Construcción propia para este estudio.





Tabla 3. Características generales de la flota vehicular promedio.
Empresa TDM Transportes. Medellín-Colombia

| Tipo | Marca | Línea | Referencia | Capacidad (ton) | Capacidad (m3) |
|----------------------------|---------------|-------|------------|-----------------|----------------|
| Camión sencillo | International | 4400 | Dt530e | 8 | 32 |
| Camión sencillo | International | 4300 | Dt466e | 8 | 32 |
| Minimula | International | 7600 | lsm | 15 | 36 |
| Minimula | International | 4400 | Dt530e | 15 | 36 |
| Minimula | Kenworth | T300 | lsc | 15 | 36 |
| Camión articulado - t/mula | Kenworth | T800 | lsx | 30 | 36 |
| Camión articulado - t/mula | International | 7600 | lsm | 30 | 36 |
| Camión articulado - t/mula | International | 9400 | S60 | 30 | 36 |

Fuente: Base de datos TDM Transportes Medellín-Colombia, 2012

Los resultados obtenidos del programa de seguimiento, control de calidad y depuración de la información de las variables de entrada y salida de materiales e insumos para la flota vehicular propia se observan en la Tabla 4. Se evidencia cómo, para el período de observación, el programa de conducción eficiente, seguimiento en ruta y control de consumo de combustible sin reducir el kilometraje recorrido ha permitido ahorros significativos en combustibles por vehículo, del orden de 16 %, reflejándose igualmente en la reducción de costos asociados al consumo de otros insumos como llantas nuevas y aceite, del orden de 3 % mensual. El consumo de baterías por carro disminuyó de 0,06 a 0,05 baterías entre 2011 y 2012. Esta reducción del 17 % se refleja directamente en la generación de residuos peligrosos.

Con relación al comportamiento del consumo de filtros por vehículo en los últimos cuatro años, se estima una reducción del 32 %. Estos resultados evaluados durante el estudio son producto de los ajustes realizados por la empresa en las frecuencias de mantenimiento, profesionalización de los conductores en técnicas de conducción eficiente, estudio e investigación sobre nuevas tecnologías utilizadas para los sistemas de filtración, rodamiento, frenado, etc.

La emisión mensual de CO₂ presenta una reducción del 3 % entre el 2011 y 2012, aunque no se manifiesta en años anteriores. Sin embargo, al evaluar el indicador con base en el número de vehículos y distancia recorrida, la variación es más apreciable, como se muestra en la Tabla 4. La disminución de



las emisiones de SO₂ con relación al 2009 fue del 34 %, variable asociada a la reducción del azufre en el Diésel y a la optimización de las operaciones logísticas y de transporte.

De acuerdo con el seguimiento de los costos de la Empresa TDM Transportes (ver Gráfica 1), se estimó un beneficio económico durante la implementación del Programa de Producción más Limpia en términos de la optimización del consumo del combustibles, evidenciado en una reducción de costos del 7 % entre el 2011 y 2012.

Tabla 4. Variables de entrada y salida de materiales e insumos flota vehicular propia. Empresa TDM Transportes. Medellín-Colombia

| Variable | Unidad | Cantidad 2009 | Cantidad 2010 | Cantidad 2011 | Cantidad 2012 |
|----------------------------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Variables de entrada | | | | | |
| Número vehículos | un | 80 | 92 | 105 | 114 |
| Modelo promedio | año | 2001 | 2004 | 2008 | 2009 |
| Consumo de ACPM | gal/mes | 83.500 | 89.500 | 102.147 | 99.500 |
| Consumo de llantas nuevas | un/mes | 31 | 65 | 74 | 52 |
| Consumo de llantas reencauchadas | un/mes | 31 | 35 | 60 | 70 |
| Consumo filtros | un/mes | 81 | 83 | 104 | 58 |
| Consumo de aceite | gal/mes | 405 | 455 | 519 | 510 |
| Consumo de aceite | kg/mes | 1.304 | 1.465 | 1.671 | 1.642 |
| Consumo de baterías | un/mes | 2 | 2 | 6 | 6 |
| Consumo de baterías | kg/mes | 70 | 70 | 210 | 210 |
| Consumo de agua lavado | m3/mes | NA | NA | NA | 35 |
| Variable de salida | | | | | |
| Distancia recorrida | km/mes | 549.302 | 627.581 | 664.650 | 710.000 |
| Promedio de viajes | viajes/veh | 132 | 136 | 140 | 130 |

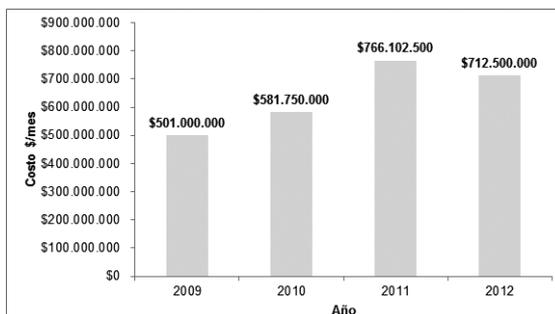


| Variable | Unidad | Cantidad 2009 | Cantidad 2010 | Cantidad 2011 | Cantidad 2012 |
|---------------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| Variable de salida | | | | | |
| Carga transportada | ton/mes | 25.000 | 27.200 | 33.200 | 35.000 |
| Emisión de CO2 | kg/mes | 846.160 | 906.962 | 1.035.122 | 1.008.298 |
| Emisión de SO2 | kg/mes | 1.335,4 | 286,3 | 32,6 | 31,8 |
| Aceite usado | gal/mes | 405.00 | 455.00 | 519.00 | 510.00 |
| Aceite usado | kg/mes | 1.304,10 | 1.465,10 | 1.671,18 | 1.642,20 |
| Llantas desechadas | un/mes | 24 | 40 | 46 | 39 |
| Llantas desechadas | kg/mes | 1089,6 | 1816 | 2088,4 | 1770,6 |
| Filtros desechados | un/mes | 81 | 83 | 104 | 78 |
| Baterías desechadas | un/mes | 2 | 2 | 6 | 6 |
| Estopas usadas | kg/mes | 20 | 15 | 17 | 28 |
| Volumen de aguas de vertimiento | m3/mes | NA | NA | NA | 230 |
| Carga contaminante vertimiento | kg/mes | NA | NA | NA | No cuantificado |

Fuente: Construcción propia para este estudio.

Los resultados de la implementación de los indicadores ambientales a partir de la información verificada, tanto referentes a las emisiones atmosféricas como a los demás parámetros, se presentan en la Tabla 5.

Gráfica 1. Costo promedio mensual combustible Diésel



Fuente: Base de datos empresa TDM Transportes

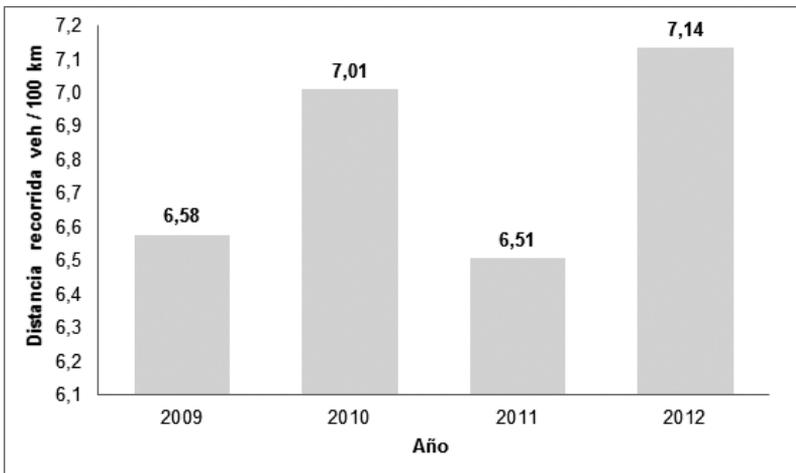


Indicador de rendimiento

El rendimiento en el consumo de combustible expresado en km/gal entre 2009 y 2012 fue estimado en un 9 %; y en gal/veh la reducción estuvo en un 25 %. Este resultado es una muestra de los beneficios de un programa de mantenimiento controlado, optimización de las operaciones logísticas y de transporte y buenas prácticas de conducción. En la Gráfica 2 se muestra la evolución del rendimiento del combustible para la flota, siendo 2012 el año con mejor desempeño.

Otro indicador de rendimiento hace referencia al aceite usado, parámetro asociado directamente con buenas prácticas de mantenimiento de un vehículo. Este indicador representó un 12 % menos de residuos generados que demandan un manejo especial.

Gráfica 2. Rendimiento de combustible por galón.



Fuente: Construcción propia para este estudio.

Indicador de emisiones atmosféricas

El indicador emisiones de CO₂ expresado en kg/vehículo-mes, permite mostrar una disminución desde el año 2009 de 16.3 %. En relación con la distancia recorrida (kg CO₂/ km) la reducción fue de 8 %. En términos de carga transportada (kg CO₂/ ton), los resultados de las mediciones del indicador evidencian que la emisión de CO₂ presenta una tendencia de reducción en el tiempo de 81 % (ver Gráfica 3). Sería importante la evaluación de este indicador en función de las características del vehículo y de la velocidad de la vía, lo cual no estuvo dentro de los alcances del estudio.

Estas emisiones evitadas corresponden al incremento en la eficiencia del proceso de combustión derivado de actividades preventivas y correctivas de mantenimiento, ahorro de combustible, control de presión y estado de llantas y buenas prácticas en el manejo del



Tabla 5. Indicadores ambientales implementados

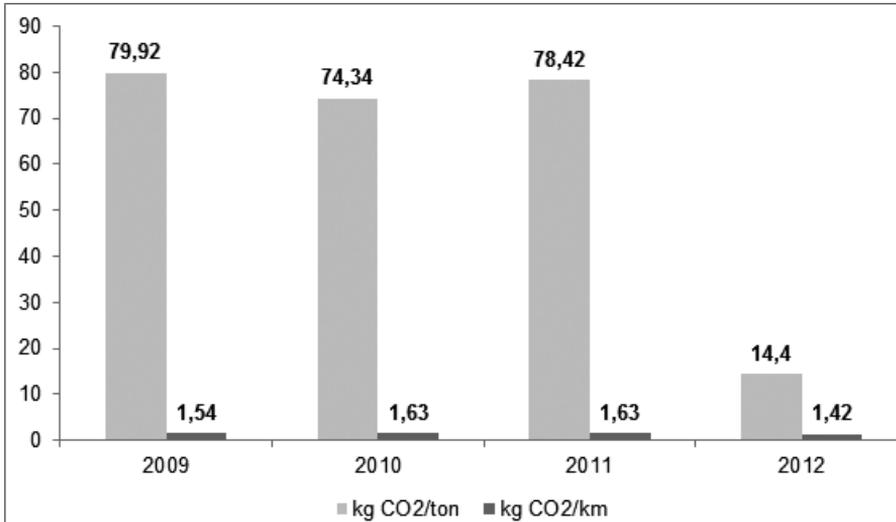
| Indicador | Fórmula | Unidad | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | % Reducción (2011-2012) |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|----------|--------|--------|--------|----------------------------------|
| Número de vehículos | | un | 80 | 92 | 105 | 114 | |
| Consumo combustible tipo Diésel | Combustible e consumido Número de vehículos | gal/mes. veh. | 1.043,75 | 972,83 | 972,83 | 872,81 | 16 % |
| Rendimiento de combustible | Km recorridos Combustible e consumido | km / gal | 6,58 | 7,01 | 6,51 | 7,14 | 8,8 % |
| Residuos peligrosos generados por vehículo | Cantidad residuos generados Vehículo | kg /veh. | 31,81 | 37,33 | 38,80 | 32,46 | 20 % |
| Residuos peligrosos generados por kilómetro recorrido | Cantidad residuos generados Km recorridos | kg Residuo/km | 0,005 | 0,005 | 0,0057 | 0,005 | 21 % |
| Residuos generados por tonelada transportada | Cantidad residuos generados Carga transportada | kg/ton | 1,098 | 0,122 | 0,115 | 0,1 | 13 % |
| Consumo de agua | m ³ consumido mes # vehículos lavados | m ³ /veh | NA | NA | NA | 0,13 | Recirculación de aguas de lavado |
| Emisión de SO2 | 2,27 Kg / TJ | kg/veh-mes | 16,69 | 3,11 | 0,31 | 0,28 | 9,6 % |
| Emisión de CO2 | 72034 Kg / TJ | kg/veh-mes | 10577,01 | 9858,3 | 9858,3 | 8844,7 | 10,28 % |
| Emisiones de CO2 | Cantidad CO ₂ emitido Carga transportada | kg CO2/ton | 33,85 | 33,34 | 31,18 | 28,81 | 7,6 % |
| Emisiones de SO2 | Cantidad SO ₂ emitido Carga transportada | kg SO2 /ton | 0,0534 | 0,0105 | 0,001 | 0,0009 | 10 % |
| Consumo de filtros | | un/mes | 81 | 83 | 104 | 58 | 55,7 % |

Fuente: Construcción propia para este estudio. Los datos a partir de los cuales se calcularon los resultados de los indicadores fueron provistos por la Empresa y sometidos a la metodología de trazabilidad.



vehículo, derivado del programa de sensibilización y formación.

Gráfica 3. Emisiones de CO2 Empresa TDM Transportes



Fuente: Construcción propia para este estudio.

Dada la pertinencia del indicador global de sostenibilidad huella de carbono a partir de la herramienta de gestión tecnológica, este fue estimado para la flota total, incluyendo servicios de tercerización, en 321,883 toneladas de CO₂ no emitidas a la atmósfera entre 2011 y 2012, siendo una oferta potencial a la bolsa del mercado de gases de invernadero. Tomando como referencia un factor equivalente de una (1) hectárea de bosque sembrado con capacidad de captura de 6 ton de CO₂ al año (United Nations Environment Programme, 2006), esta cantidad representa aproximadamente 54 hectáreas de bosques y 26.824 árboles que se hubiesen sembrado, como estrategia de compensación en un periodo no menor a 10 años

Indicador de Consumo de Agua

Este indicador de consumo se expresa en metros cúbicos consumidos o gastados por cada vehículo lavado (m³/veh). Dado que en años anteriores el registro del consumo de agua para lavado se efectuaba conjuntamente para todos los procesos de la empresa, a partir de 2012 se instaló un contador exclusivo para estas zonas. El manejo del vertimiento proveniente de la zona de lavado es conducido por un sistema de canales a un sistema de trampa de grasas y, posteriormente, hasta la planta de tratamiento de agua residual. El efluente es recirculado y dirigido a la zona de lavado de vehículos, sistema de servicios sanitarios e instalaciones de mantenimiento. Este manejo y uso



eficiente del recurso ha presentado un ahorro en el consumo de agua de 0,5 m³/veh.

Indicador de Generación de Residuos

Este indicador muestra la cantidad o volumen de residuos generados en el tiempo en relación con el número de vehículos de la organización. Los residuos que genera un vehículo se presentan principalmente durante su mantenimiento en los talleres, como aceite, filtros, baterías, neumáticos, líquidos de frenos, llantas, entre otros elementos. Igualmente, para realizar la limpieza de un motor, generalmente se utilizan solventes y papeles de lija, estopas o brochas, generándose residuos contaminados catalogados como peligrosos (AMVA, 2008).

La medición confiable del indicador de generación de residuos por vehículo permitió evaluar una disminución general en la cantidad de residuos. De manera específica para el consumo de filtros y llantas nuevas por vehículo, se lograron reducciones del 49,5 % y 15 % respectivamente en los últimos cuatro años. En concordancia con estas cifras, los resultados muestran un 54 % de reencauche de llantas en el 2012 (expresado como número de llantas compradas / número de llantas reencauchadas).

De igual manera, la disminución en la cantidad de residuos generados por kilómetro recorrido muestra el mejoramiento en el desempeño ambiental de la organización, dada la disminución entre el 2011 y 2012, de 16 %.

Otros resultados obtenidos

Un logro social fue percibido durante el acompañamiento a la participación e información impartida a los conductores, como parte del programa de buenas prácticas llevado a cabo en la compañía. Esto permitió que los conductores permanecieran dentro de los estándares óptimos de conducción eficiente y cambios en conductas asociadas a las maniobras del vehículo. Este seguimiento facilitó la implementación de un proyecto ranking enfocado a premiar a quienes hayan obtenido los mejores logros, constituyéndose en un factor de estímulo hacia la cultura de las buenas prácticas de conducción.

Identificación del modelo exitoso

El conjunto de resultados obtenidos conllevó la declarar a la empresa TDM como modelo exitoso de Buenas Prácticas Ambientales y Producción más Limpia en el sector transporte de carga, basado en el análisis del comportamiento de los indicadores para el periodo de observación 2009-2012.



Conclusiones

La efectividad de los planes de producción más limpia implementados para la flota propia de TDM Transportes, mediante el seguimiento y acompañamiento al control de calidad de la información, permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- A partir de la implementación de un conjunto de Indicadores de desempeño ambiental en una organización del sector transporte de carga, basada en una metodología de trazabilidad y calidad de datos, se identificó un modelo de Buenas Prácticas Ambientales y de Producción más Limpia, susceptible de ser replicado en otras compañías del sector.
- La identificación del modelo exitoso de Buenas Prácticas Ambientales y Producción más Limpia en el sector transporte de carga, se evidenció en la disminución de emisiones atmosféricas, generación de vertimientos y residuos sólidos, consumos de agua, combustibles y otros insumos, considerando tanto el número de vehículos, cargas transportadas y distancias recorridas.
- El beneficio económico durante la implementación del Programa de Producción más Limpia en la empresa, se evidenció a través del seguimiento de costos asociados a un conjunto de indicadores y a la optimización y ahorro en combustibles e insumos y las buenas prácticas en la conducción.
- La inclusión de la población de conductores en el programa de buenas prácticas ambientales representó un beneficio social, reflejado en procesos de formación y sensibilización frente a la importancia de su desempeño laboral en relación con el cuidado y conservación en la calidad del ambiente.
- Un avance importante en la evaluación de huella de carbono fue logrado a partir de la implementación de un programa de Buenas Prácticas de Producción más Limpia en el sector transporte de carga.
- Un mejoramiento en el desempeño ambiental de la empresa TDM Transportes, de acuerdo con los indicadores evaluados por unidades productivas, genera también beneficios económicos y sociales importantes, haciendo de los servicios de transporte una actividad sustentable.

Referencias bibliográficas

AHSAN, Alam. M. H. (2014). Reducing transit bus emissions: Alternative fuels or traffic operations. *Atmospheric Environment*, 128-139.

ALZATE, Juan Manuel. (Enero- junio de 2007). Modelos para analizar el desarrollo del transporte urbano del Valle de Aburrá con consideraciones económicas, energéticas y ambientales. *Revista de Ingeniería* (25), Bogotá. Universidad de los Andes. 114-121.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. AMVA. (2008). Guía para el manejo



integral de Residuos, subsector de transporte de carga. Medellín.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. AMVA. (s.f.) La movilidad en la región metropolitana. Recuperado el 11 de abril de 2014 de <http://www.areadigital.gov.co/Movilidad/Pages/Inicio.aspx>

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. AMVA. Consultoría 455. (2011). Informe final de seguimiento a los planes de acción de producción más limpia y opacidad. Medellín.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. AMVA, UPB. (2011). Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá. Medellín.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. (2010). Lineamientos Técnicos para el Plan de Descontaminación del Aire en la Región Metropolitana del Valle de de Aburrá. Medellín.

ÁREA METROPOLITANA VALLE DE ABURRÁ Y ALCALDÍA DE MEDELLÍN, Secretaría del Medio Ambiente. (2006). Manual de Gestión Ambiental Transporte de carga. Medellín.

CHEUNG, C. ZHU, Ruijun. (2009). Regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with biodiesel and biodiesel blended with methanol. Atmospheric Environment, N°45. 4865-4872.

CRAFT, Elena & NORSWORTHY, Marcelo. (July de 2013). Emissions reduction analysis of voluntary clean truck programs at US ports. TRANSPORTATION RESEARCH PART D: Transport and Environment, 23-27.

DOMÉNECH, Juan Luis. (21 de marzo de 2011). La huella de carbono concepto, utilidad y aplicación. Obtenido de http://www.fundaciongasnaturalafenosa.org/SITE-COLLECTIONDOCUMENTS/ACTIVIDADES/SEMINARIOS/ZARAGOZA%202011%2003%2021/1._JUAN_LUIS_DOMENECH.PDF

FIKSEL, Joseph, EASON, Tarsha, & FREDERICKSON, Herbert. (octubre de 2012). Environmental Protection Agency, EPA. Obtenido de A Framework for Sustainability Indicators at EPA.: <http://www.epa.gov/sustainability/docs/framework-for-sustainability-indicators-at-epa.pdf>

GÓMEZ, Miryam. (2010). Evaluación del impacto en la concentración PM2.5 a partir del mejoramiento del combustible en la calidad del aire del Valle de Aburrá. Medellín: Libro Arte Medellín.

JIMING, Haoa, S. Z. (2014). Historic and future trends of vehicle emissions in Beijing, 1998–2020: A policy assessment for the most stringent vehicle emission control program in China. Atmospheric Environment, Vol 89. 216-229.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2010). Política Nacional de Producción más Limpia, obtenido de http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_produccion_mas_limpia.pdf

RIS, Charles. (2007). US EPA health assessment for diesel engine exhaust: a review. Inhal. Toxicol, 229-239.

TDM TRANSPORTES S.A.S. (Febrero de 2014). TDM Sostenible. Recuperado en mayo de 2014 de <http://www.tdm.com.co/tdmsostenible.html>

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (2006). UNEP Launches Campaign to plant a billion trees. Nairobi: ONU.