

## **EL FUTURO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS AUTOMOTORES Y LOS SERES HUMANOS Y LA NATURALEZA**

### **RESUMEN**

Se presenta una estimación de los beneficios para la salud y económicos de un escenario de mejora de la calidad del aire ambiental de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, teniendo en cuenta la disminución del consumo de combustible en los vehículos.

Suponiendo el reemplazo total de los ómnibus urbanos (Euro I, II y III) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (9.840 unidades) por ómnibus híbridos-eléctricos, se logra un ahorro de combustible del 25 al 30% mediante la recuperación de energía de frenado. Llegaremos al 30% eliminando la caja automática con convertidor hidráulico y disminuyendo el tiempo de carga de las baterías de ion-litio.

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires no existe un historial de monitoreo de contaminantes en el aire (Ver Anexo N°2 - Agencia de Protección Ambiental, Plan Estratégico 2008-2012).

La medición de partículas  $P_{10}$  efectuada durante los meses de marzo, abril y mayo del 2011 en la Estación La Boca, ubicada en el Club Catalinas Sur, Av. Brasil N° 100, dio un valor diario promedio máximo (durante 24 hs) de  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un valor promedio anual, extrapolado de las mediciones de marzo, abril y mayo del 2011, de  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , muy superior al fijado por la Organización Mundial de la Salud de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Además, si efectuamos para este análisis mediciones en las veredas a 1,7 metros de altura, durante las 24 hs del día, en las principales arterias de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuyas calles, veredas y edificios laterales forman un canal, encontramos concentraciones de partículas  $P_{10}$  muy superiores a los determinados por las Estaciones de Monitoreo Oficial porque su ubicación no responde a la realidad, en el caso más desfavorable, para las personas al respirar cuando caminan por las veredas y da origen a una serie de enfermedades cardiorespiratorias y muertes prematuras, tema que analizamos específicamente en otro capítulo de este informe.

A medida que con el tiempo se avance en los estudios y relevamientos, dichos datos podrán corregirse.

En este contexto surge la necesidad imperiosa de desarrollar vehículos más eficientes, junto con otras estrategias como el uso de forma de transporte de pasajeros y de cargas más ventajosas, energética y económicamente hablando.

## **1- INTRODUCCIÓN**

Un grave problema que afronta la humanidad con diferentes características según los países y regiones, es como lograr un incremento sostenible de la movilidad de personas y mercaderías a medida que las ciudades crezcan de acuerdo a la tendencia mundial actual.

Diferentes estudios prospectivos indican que para el año 2030 el parque vehicular duplicará el actual.

En este contexto surge la necesidad imperiosa de desarrollar vehículos mucho más eficientes, desde el punto de vista energético, y más limpios, junto con otras estrategias como el uso de formas de transporte más ventajosas, energéticamente hablando.

## **2- TENDENCIAS**

¿Cuáles son las tendencias que se preveen esperar en las próximas dos décadas?

La International Energy Agency (IEA) resume que existen dos modos básicos de observar el futuro del consumo y demanda energética y sus implicancias medio ambientales. Por un lado es tomar la situación como normal y no incentivar nuevas políticas para reducir las energías que conllevan emisiones de efecto invernadero y, por el otro lado, esperar que las políticas existentes antes de las Conferencia de Kyoto de Diciembre de 1997 se adapten para hacer frente al cambio climático.

La Conferencia establecía un Protocolo en la Convención de Naciones Unidas sobre el cambio climático obligando a los países desarrollados a reducir las tasas de emisión de los seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), carburos hidrofluorados (HFC) y perfluorados (PFC) en un 5% por debajo de los niveles de 1990 en el periodo de compromiso del quinquenio 2008-2012.

Si las políticas energéticas permanecieran como hasta ahora, la demanda energética mundial crecería en un 65% y las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 70% en el periodo comprendido entre 1995 y 2020.

Se estima que 2/3 del incremento de la demanda de la energía antes del 2020 proviniera de China, India y otros países en vías de desarrollo.

La International Energy Agency (IEA) analiza dos posibles caminos:

- a) Uno basado en la regulación para hacer frente a las emisiones.
- b) Otro camino es hacer subir los precios.

En el primer camino se alcanzaría aproximadamente una reducción del 50% en las emisiones de CO<sub>2</sub>, y la otra mitad en la reducción de emisiones se conseguiría sustituyendo los combustibles fósiles empleados en la generación de energía eléctrica por combustibles no fósiles (alternativos).

En el segundo camino, en lugar de regular, consistiría en cargar un canon sobre el contenido de carbono al precio del combustible fósil.

Esta carga adicional sería suficiente para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la mitad, necesario para alcanzar los objetivos de Kyoto. La carga para alcanzar dicha reducción se ha calculado en U\$S 250 por tonelada de contenido de carbono.

El día 11/09/2009 Francia anuncia un impuesto de 17 euros por tonelada de emisión de dióxido de carbono sobre el consumo de combustible en automotores, industria y hogares. Se aplicará al petróleo, gas y carbón, todos combustibles fósiles.

La población mundial actualmente se estima en 6900 millones de personas y en el 2020 se calcula que esta cifra alcance los 7800 millones.

Además se prevee un incremento de la motorización de la población global del 12 al 15% cada 100 habitantes. Esto quiere decir que en 10 años, en lugar de 775 millones de vehículos, se tendrán 1100 millones de vehículos circulando en nuestro planeta.

En primer lugar, esto producirá un incremento en la demanda de energía primaria y, en segundo lugar, si se utiliza energía fósil significará un mayor incremento de las emisiones locales de óxido de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (HC) y partículas (PM), y de las correspondientes emisiones globales de efecto invernadero reguladas por el protocolo de Kyoto.

La tendencia global del incremento de la movilidad va en contradicción con los criterios de control del efecto invernadero, la contaminación local y la explotación de los recursos de combustible.

La sostenibilidad del **sector transporte de pasajeros y cargas** dependerá fuertemente de la introducción de tecnologías que reduzcan las emisiones contaminantes y el consumo del petróleo.

El transporte por carretera es el responsable de un 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Unión Europea.

En orden de reducir las emisiones de los vehículos, estos deben ser más eficientes, con combustibles más limpios y mejores hábitos de conducción.

El objetivo de la Comisión Europea es lograr que las emisiones medias de CO<sub>2</sub> en los vehículos nuevos se sitúen en 140 gr/km en el 2008 y 2009 y 120 gr/km antes del 2012. También tienen el mismo objetivo Japón y Corea.

Los combustibles fósiles aportan el 85% de las necesidades energéticas del mundo: un 40% corresponde al petróleo, el 22% al carbón y el 23% al gas natural.

Cada vez más se intensifican los esfuerzos en el desarrollo e implementación de sistemas de propulsión que puedan sustituir a los tradicionales motores de combustión interna total o parcialmente.

Entre las principales causas de este creciente esfuerzo se encuentran:

- Fabricación de vehículos de bajo impacto ambiental

- La diversificación de las fuentes de energía con una menor dependencia de los productos petrolíferos.

Las tecnologías de sistemas de potencia en la que se está trabajando actualmente:

- Vehículos eléctricos
- Vehículos híbridos
- Vehículos con pila de combustible
- Biocombustibles
- Diferentes combustibles alternativos sustitutivos de los convencionales
- Hidrógeno
- Etc.

### Vehículos de Transporte de Cargas y Pasajeros

Los motores empleados en vehículos de transporte de pasajeros y cargas utilizan distintos combustibles:

- Naftas:

Durante la destilación del petróleo crudo se obtienen distintos combustibles, a los cuales se les agregan aditivos adecuados según su calidad comercial.

- Gasoil:

El gasoil es una mezcla compleja de moléculas de hidrocarburos producido durante la destilación del petróleo crudo en subproductos.

Al gasoil comercial se le agregan distintos tipos de aditivos para reducir los niveles de azufre, pero no modifican la mayor parte de su composición química.

Existen diferentes tipos de gasoil comercial que según los aditivos agregados tienen diferentes contenidos de azufre. Por ejemplo, 500 ppm (partes por millón), 300 ppm, 50 ppm y 20 ppm.

- Gasoil sintético:

Puede ser manufacturado a partir de diferentes recursos, incluyendo gas natural, carbón gasificado y biomasa.

La ventaja es que no contiene azufre y puede ser utilizado en los motores diesel sin ninguna modificación.

- Gas natural comprimido:

El GNC está formado por 85 al 99% de metano ( $\text{CH}_4$ ), no contiene azufre, es un combustible limpio y relativamente barato y abundante según los países.

- Gas natural licuado.

- Alcoholes: Por ejemplo etanol.

- Biocombustibles y otros combustibles alternativos.

### **3- FORMACIÓN DE CONTAMINANTES**

Los principales productos de la combustión en los combustibles fósiles son el vapor acuoso y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); este último es un gas inerte pero, a causa de su aporte al efecto invernadero, debe ser limitado aumentando el rendimiento del motor y reduciendo así el consumo de combustible al cual el CO<sub>2</sub> es proporcional. Junto a estos dos productos principales de la combustión se encuentran, en menor concentración:

- Óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub> (óxido NO y dióxido NO<sub>2</sub>);
- Monóxido de carbono (CO);
- Compuestos orgánicos volátiles (VOC), como los hidrocarburos incombustibles (HC) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y los productos de oxidación parcial, como por ejemplo los aldehídos;
- Partículas (PM) que son un agregado constituido por un núcleo carbónico y una fracción orgánica volátil (VOC) más un residuo de agua y sulfatos; es una emisión típica del motor diesel, que se valora en términos de opacidad de los gases de descarga o humo;
- Óxidos de azufre SO<sub>x</sub>: a diferencia de las emisiones anteriores, unidas al motor y al combustible, los SO<sub>x</sub> dependen exclusivamente del nivel de azufre del combustible.  
El motor de combustión interna es mucho más eficaz, logra convertir tanto más elevada es la energía térmica del combustible en trabajo mecánico cuanto más elevadas son las temperaturas logradas en el cilindro; temperaturas elevadas significan también altos NO<sub>x</sub> y, por lo tanto, NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub> están en contraste entre ellos.  
Las emisiones en la atmósfera pueden, en condiciones determinadas, reaccionar dando lugar a emisiones secundarias, particularmente:
- Precipitaciones ácidas, formadas por sulfatos y nitratos;
- Smog fotoquímico, que tiene como producto principal el ozono atmosférico (O<sub>3</sub>).

### **4- EFECTO DE LOS DISTINTOS GASES DE ESCAPE DE LOS MOTORES DIESEL SOBRE EL AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA**

Analizaremos a continuación el efecto de cada uno de los componentes del producto de la combustión en el motor diesel.

- Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>  
Se encuentra en la mayoría de los gases de escape, más de 5 millones de toneladas por año. No representa amenaza directa a la salud, sin embargo aumenta la temperatura de la atmósfera terrestre, de acuerdo a lo que se conoce como la teoría del efecto invernadero.
- Óxidos nítricos NO<sub>x</sub>  
Los óxidos nítricos se componen de monóxido nítrico (NO) y dióxido nítrico (NO<sub>2</sub>). Ellos producen en efecto negativo en el medio ambiente pues contribuyen para la

fertilización excesiva y para la acidificación del suelo y del agua (lluvia ácida). En concentraciones elevadas puede ser fatal.

- Hidrocarburos HC

Ellos consisten principalmente en combustible que no ha sido completamente quemado. En concentraciones altas es nocivo para la salud.

- Monóxido de carbono CO

El monóxido de carbono se produce por la combustión incompleta. Es tóxico al inhalarse, interfiere con el transporte de oxígeno a los tejidos porque la hemoglobina (que es el pigmento sanguíneo encargado del intercambio gaseoso tisular) tiene una afinidad 200 veces mayor por el CO que por el O<sub>2</sub>. De esta manera, el CO reacciona con la hemoglobina formando carboxihemoglobina (CO Hb), lo cual limita la distribución de oxígeno al cuerpo. En concentraciones elevadas es fatal.

- Dióxido sulfúrico SO<sub>2</sub>

El azufre de las emisiones de escape se presenta en forma de partículas de azufre y dióxido sulfúrico (SO<sub>2</sub>), causan acidificación del suelo y del agua (lluvias ácidas) y es irritante respiratorio muy soluble, pues en concentraciones importantes en el aire que se respira paraliza los cilios epiteliales del tracto respiratorio.

- Descarga de partículas (MP)

Las partículas afectan a más personas que cualquier otro contaminante y sus principales componentes son: partículas de carbono no quemado, residuo de combustible no quemado, aceite lubricante, sulfatos, nitratos, etc.

Las partículas consisten en una mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas, suspendidas en el aire.

Las partículas se clasifican en función de su diámetro aerodinámico en MP<sub>10</sub> (partículas finas con un diámetro aerodinámico entre 2,5 µm y 10 µm), MP<sub>2,5</sub> (partículas finas con un diámetro aerodinámico entre 0,1 µm y 2,5 µm) y MP<sub>0,1</sub> (partículas finas con un diámetro aerodinámico menor a 0,1 µm).

La contaminación con partículas finas (tamaño menor de 10 micrones) puede causar el deterioro de la función respiratoria en el corto plazo.

En el largo plazo contribuye a enfermedades crónicas, al cáncer y a la muerte prematura.

Nota:

Los porcentajes máximos de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), dióxido sulfúrico (SO<sub>2</sub>), óxidos nítricos (NOx) y partículas están fijados por la Norma europea EURO y por la Norma americana EPA en sus distintos niveles según el año calendario, indicados a continuación:

a) **Norma de Emisión Europea EURO**, para motores diesel HD,  
en g/kWh (humo en m<sup>-1</sup>)

Tipo	Fecha	Ciclos de Ensayo	CO	HC	NOx	PM	Humo
EURO I	1992 <85 KW	ECE R-49	4,5	1,1	8,0	0,612	
	1992 >85 KW		4,5	1,1,	8,0	0,36	
EURO II	Oct. 1996		4,0	1,1	7,0	0,25	
	Oct. 1998		4,0	1,1	7,0	0,15	
EURO III	Oct. 2000	ESC & ELR	2,1	0,66	5,0	0,10	0,8
EURO IV	Oct. 2005		1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
EURO V	Oct. 2008		1,5	0,46	2,0	0,02	0,5

b) **Norma de Emisión Americana EPA**,  
en g/bhp-hr

Modelo	CO	HC	NOx	PM
1990	15,5	1,3	6,0	0,60
1991-1992	15,5	1,3	5,0	0,25
1993	15,5	1,3	5,0	0,10
1994-1995	15,5	1,3	5,0	0,07
1996-1997	15,5	1,3	5,0	0,05
1998-2003	15,5	1,3	4,0	0,05
2004-2006	15,5	2,4 combined or 2,5 with a limit of 0,5 for non-methane hydrocarbons		0,05
2007-2010	15,5	0,14	0,2	0,01

Cada país adoptó la Norma EURO (Europea) o la Norma EPA (Americana), pero a medida que transcurre el tiempo ambas normas son más exigentes con los valores de los elementos contaminantes contenidos en los gases de escape, reduciendo las cantidades máximas de cada uno de ellos según se indica en las tablas respectivas.

Argentina, Brasil, Uruguay, Perú, etc, adoptaron la Norma EURO.

En el Mercosur, a partir del 1° de enero de 2012, en todo vehículo nuevo 0 KM debe utilizarse un motor cuya emisión de los gases de escape cumpla con la Norma EURO IV

o EURO V. La mayoría de las Terminales Automotrices van a adoptar motores cuya emisión de los gases de escape cumpla con la Norma EURO V.

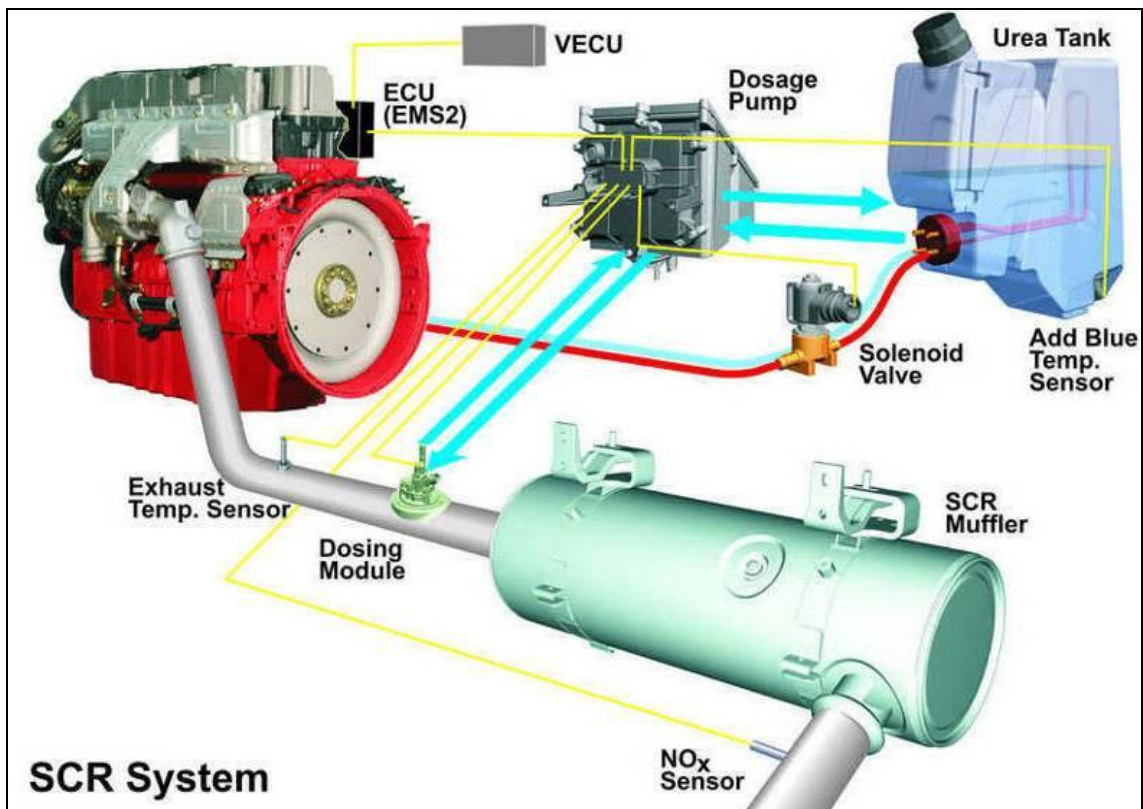
El gasoil a utilizar debe contener como máximo 50 ppm de azufre, por lo tanto es necesario disponer del combustible adecuado, que no es el gasoil actual.

### **Descripción de un motor que cumple la Norma EURO V. Sistema SCR = Selective Catalytic Reduction**

El sistema SCR es un sistema de tratamiento de los gases de escape que se utiliza para reducir el NOx (óxidos de nitrógeno) en la emisión de los gases de escape.

Se inyecta urea (AdBlue) en los gases de escape que reacciona con el NOx en el catalizador. La cantidad de AdBlue a inyectar en cada instante está comandado por la computadora del motor.

En la figura siguiente se muestra un esquema del motor diesel, la instalación para tratar los gases de escape con SCR y la dosificación de la urea (AdBlue).



Recordar que en la instalación del motor que cumpla la Norma EURO V en la emisión de los gases de escape debe utilizarse gasoil que contenga como máximo 50 ppm de azufre. El gasoil que se emplea actualmente en los motores EURO III contiene mucha mayor proporción de azufre, por lo tanto debe asegurarse el abastecimiento del gasoil correspondiente.



## **5- LA ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS EN SALUD Y LA ECONOMÍA ASOCIADA EN LA CAPITAL FEDERAL.**

### **5.1- INTRODUCCIÓN**

En los últimos años en distintos países de Europa, Estados Unidos y el Resto del Mundo se ha prestado principal atención a los efectos adversos sobre la salud de la contaminación del aire ambiental y sobre todo, de las materias en forma de partículas (MP). Los efectos sobre la salud van desde un aumento de los síntomas respiratorios y de los medicamentos para aliviarlos, hasta el asma y las agravaciones de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cáncer que se traducen en tratamientos en las salas de urgencias e incluso en reducción del crecimiento pulmonar en los niños. La atención se ha centrado también en el incremento de la mortalidad en trastornos respiratorios y cardiovasculares.

Así lo establece la Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus Directrices sobre la Calidad del Aire del año 2005.

Las primeras Directrices publicadas en 1987 y actualizadas en 1997 se circunscribían al ámbito europeo.

Sin embargo, las nuevas Directrices publicadas en 2005 son aplicables a todo el mundo y se basan en una evaluación de pruebas científicas actuales llevadas a cabo por expertos.

En ellas se recomiendan nuevos límites de concentración de algunos contaminantes en el aire, como partículas de suspensión (MP), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), de aplicación en todas las regiones de la Organización Mundial de la Salud.

#### **Valoración cuantitativa del impacto sobre la salud (VIS) en general, incluyendo la del aire contaminado.**

La importancia del VIS se ha reconocido en el ART. 152 del tratado de Ámsterdam, sin embargo, realizar una VIS para las partículas aéreas ambientales es extremadamente complejo por la falta de conocimiento sobre lo siguiente:

- a) Composición de la partícula.
- b) Composición mecanicista toxicológica de los componentes de las partículas causalmente responsables de los efectos sobre la salud cardiorrespiratoria.
- c) Datos de los depósitos en las vías respiratorias de diversas fracciones de partículas.
- d) Evidencia epidemiológica de las relaciones de varios componentes de las partículas aéreas con los efectos de la contaminación observados sobre la salud.

En los últimos años, diversos estudios han tratado de desentrañar los complejos temas de las partículas. Las partículas pueden tener desde unos pocos  $\mu\text{m}$  a decenas de  $\mu\text{m}$ .

En segundo lugar se ha sugerido que las fracciones de partículas de distinto tamaño, es decir: MP de 2,5-10  $\mu\text{m}$  (partículas gruesas); MP 2,5  $\mu\text{m}$  (partículas finas de tamaño

que va de 0,1 a 2,5  $\mu\text{m}$ ) y MP 0,1  $\mu\text{m}$  (partículas ultrafinas, su tamaño es menor que 0,1  $\mu\text{m}$ ) se depositan en sitios diferentes a lo largo del sistema respiratorio, con aumento de estos depósitos en los sujetos con obstrucción de las vías aéreas.

En tercer lugar, la base de datos toxicológicos sobre el tipo de tamaños de partículas y las composiciones químicas que favorecen la toxicidad está creciendo rápidamente.

Esto se debe en parte al apoyo reciente de la Unión Europea para proyectos grandes en el campo de la polución aérea. Parece que las fracciones gruesas y finas de MP son capaces de inducir toxicidad considerablemente y lo hacen al menos parcialmente a través de las rutas de estrés oxidativo.

También se ha sugerido que los componentes principales, las MP carbónicas, pueden ser más importantes para los efectos sobre la salud que los componentes secundarios, como los sulfatos y los nitratos.

Las Organización Mundial de la Salud fija en sus Directrices sobre la Calidad del Aire (2005) los siguientes valores máximos de partículas:

MP<sub>2,5</sub>:

10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual  
25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 24 hs (diario)

MP<sub>10</sub>:

20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual  
50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 24 hs (diario)

En dicho informe se estima que si la contaminación por partículas en suspensión (MP) se reduce de 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , puede evitarse el 15% de las muertes prematuras debidas exclusivamente a las partículas.

La inhalación de partículas en cantidades superiores a las recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) produce exacerbaciones de los síntomas en pacientes con enfermedades pulmonares preexistentes (ligeras o moderadas), tales como el asma y el cáncer de pulmón, así como con enfermedades del corazón y de los vasos sanguíneos. Los estudios toxicológicos sugieren que estos efectos se deben a la inducción de la inflamación pulmonar, los trastornos del ritmo cardíaco, las alteraciones de la viscosidad de la sangre y la falta de oxígeno.

## **5.2- ANÁLISIS**

Haremos una estimación de los beneficios en salud y la economía, asociados a la disminución de la polución en la Capital Federal a partir de un estudio hecho por los Doctores Laura Perez, Jordi Sunyer y Nino Kunzli en la Ciudad de Barcelona - España, publicado en la Gaceta Sanitaria, órgano oficial de la Sociedad Española de la Salud Pública y Administración Sanitaria Vol. 23 N° 4 de 2009 pág. 287-294.

El resumen de dicho informe establece:

1- Objetivos:

Se presenta una estimación de los beneficios para la salud y en términos económicos en dos escenarios de mejora de la calidad del aire ambiental en 57 municipios del área metropolitana de Barcelona.

## 2- Métodos:

Usando fracciones atribuibles y tablas de vida, se cuantificaron los beneficios para los indicadores de salud seleccionados basándose en funciones de concentración-respuesta y en unidades monetarias publicadas.

La concentración media ponderada de  $MP_{10}$  para la población del estudio se obtuvo mediante mapas de concentración desarrollados por el Gobierno de Barcelona.

## 3- Resultados:

Los beneficios anuales de reducir la exposición media a  $MP_{10}$  estimada para la población del área en estudio ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) al valor anual medio recomendado por la Organización Mundial de la Salud ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) es estimada en:

- 3.500 muertes menos (representando en media un aumento de la esperanza de vida de 14 meses).
- 1.800 ingresos hospitalarios menos por causas cardiorrespiratorias.
- 5.100 casos menos de bronquitis crónicas en adultos.
- 31.100 casos menos de bronquitis agudas en niños.
- 54.000 crisis asmáticas menos en niños y adultos.

Los beneficios económicos totales se estiman en una media de 6.400 millones € / año.

Nota: No se consideraron casos de enfermedades donde no existe la seguridad que la causa es MP.

## **5.3- CÁLCULOS**

El área metropolitana de Barcelona integrada por 57 municipios tiene una población de 3.186.500 habitantes y un transporte urbano de pasajeros de 1.070 buses.

La Capital Federal tiene aproximadamente 9.840 buses y unos 3.200.000 habitantes.

Los buses consumen unos  $29.610 \text{ m}^3/\text{mes}$  de gasoil promedio, o sea  $355.320 \text{ m}^3/\text{año}$  de gasoil. (\*)

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires no cuenta con un historial de monitoreo continuo. Las mediciones no han sido sistemáticas, y la cantidad y ubicación de las estaciones han variado a lo largo de los años.

El conocimiento de la calidad del aire y su nivel de contaminación es sumamente escaso. (Ver Plan Estratégico 2008-2012 de la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires).

A partir del mes de mayo de 2010 comenzó a funcionar el Equipo de Medición de Material Particulado  $PM_{10}$  en la Estación La Boca, ubicado en el Club Catalinas Sur, en Av. Brasil N° 100.

Las mediciones efectuadas durante los meses de marzo, abril y mayo del 2011 dieron un valor máximo promedio durante las 24 hs (diario) de  $83,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que no representa las condiciones reales más desfavorables.

Las personas que circulan por las veredas (las calles, veredas y edificios laterales forman un canal) respiran el aire ambiente a 1,7 m de altura o menos, como en el caso de los niños.

Si efectuamos para este análisis mediciones en las veredas a 1,7 m de altura durante las 24 hs del día, en las principales avenidas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, encontramos concentraciones de partículas  $\text{PM}_{10}$  muy superiores a las determinadas por las Estaciones de Monitoreo Oficial, porque su ubicación no responde a la realidad en el caso más desfavorable para las personas al respirar cuando caminan por las veredas.

Nosotros adoptamos un valor promedio anual de  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  teniendo en cuenta todos estos motivos, las personas que circulan por las veredas en las principales avenidas, y porque los valores de partículas diesel hallados fueron superiores a los de las ciudades de San Pablo y Río de Janeiro.

Este trabajo tiene el fin de mejorar el nivel de la calidad del aire en la Ciudad teniendo en cuenta la reducción del uso de combustibles fósiles en los vehículos (diesel, en particular). Los resultados que se observarán serán:

- Ahorro de consumo de gasoil (utilitarios, ómnibus y camiones).
- Disminución de la contaminación provocada por esa cantidad de combustible y del material particulado correspondiente.
- Disminución del efecto invernadero (menos  $\text{CO}_2$ ).
- Reducción de enfermedades cardiorespiratorias y muertes prematuras.
- Disminución de la infraestructura, gastos operativos y cantidad de medicamentos empleados, sobre todo por efecto de las partículas (derivadas del motor diesel actual).
- Premio Bono Verde por disminución de la producción de anhídrido carbónico  $\text{CO}_2$ .
- Producción de 2,7 kg de anhídrido carbónico  $\text{CO}_2$  por cada litro de gasoil que se consume en los motores diesel.

Teniendo en cuenta la cantidad de automóviles patentados en la Capital Federal, los que atraviesan la ciudad, los camiones de distinto tamaño que transportan mercaderías, que realizan la recolección de basura, los buses, etc., la falta de ordenamiento del tráfico, la antigüedad del parque, la falta de mantenimiento adecuado y de cumplimiento de las normas vigentes, considero que la concentración media de las partículas en el ambiente (fundamentalmente de los motores diesel) a determinadas horas y en ciertas calles, es bastante superior a los valores determinados en Barcelona ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y, considerando que la Organización Mundial de la Salud fija como máximo ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pero no conociendo con exactitud la concentración media de partículas  $\text{MP}_{10}$ ,  $\text{MP}_{2,5}$  y  $\text{MP}_{0,1}$  en la ciudad de Buenos Aires, adopto en una primera aproximación la concentración media de ( $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) porque la cantidad de ómnibus en circulación es muy superior a la de Barcelona. (Ver Anexo N°2).

Teniendo en cuenta que la cantidad de habitantes es aproximadamente la misma:

$$\text{Barcelona} \approx \text{Capital Federal} = 3.200.000 \text{ habitantes}$$

Tenemos:

$$3.500 * 70/50 = 4.900 \text{ muertes menos}$$

$$1.800 * 70/50 = 2.520 \text{ ingresos hospitalarios menos por causas cardiorespiratorias}$$

$$5.100 * 70/50 = 7.140 \text{ casos menos de bronquitis crónica en adultos}$$

$$31.100 * 70/50 = 43.540 \text{ casos menos de bronquitis aguda en niños}$$

$$54.000 * 70/50 = 75.600 \text{ casos menos de crisis asmáticas en niños y adultos}$$

Los beneficios económicos totales (tratamientos hospitalarios y medicamentos para aliviarlos o curarlos) se estiman en una media, para la Ciudad de Buenos Aires, de:

$$6.400 \text{ millones de } \text{€} * 70/50 = 8.960 \text{ millones de } \text{€} / \text{año}$$

$$1 \text{ €} = 6,2 \text{ \$}$$

$$8.960 \text{ millones de } \text{€} / \text{año} = 55.552 \text{ millones de } \text{\$/año}$$

En esta cifra no se tuvieron en cuenta las diferencias de los costos hospitalarios ni de los medicamentos necesarios.

Suponiendo, en el mejor de los casos, que para el mismo servicio tengamos un costo 5 veces menos tenemos:

$$\frac{8.960 \text{ millones de } \text{€} / \text{año}}{5} = 1.792 \text{ millones de } \text{€} / \text{año}$$

5

$$1.792 \text{ millones de } \text{€} / \text{año} = 11.110 \text{ millones de } \text{\$/año} (1 \text{ €} = 6,2 \text{ \$})$$

$$11.110 \text{ millones de } \text{\$/año} = 2.645 \text{ millones de } \text{dólares} / \text{año} (1 \text{ US\$} = 4,2 \text{ \$})$$

Para poder bajar esta cifra en la Ciudad de Buenos Aires se necesita tomar una serie de medidas sobre la organización del tránsito y vehículos que consuman menos combustibles fósiles, es decir, energéticamente más eficientes, distintos sistemas de transporte, etc.

(\*) Datos obtenidos de la media por unidad Área Metropolitana de Buenos Aires por liquidación cuota Agosto 2009 correspondiente al subsidio recibido por línea).

#### **5.4- ANÁLISIS DEL AHORRO DE COMBUSTIBLE**

Suponiendo el reemplazo total de los ómnibus diesel urbanos (EURO I, II, III) de la Ciudad de Buenos Aires (9.840 unidades), que no poseen catalizador y filtro porque las leyes y resoluciones no lo exigen, por ómnibus híbrido-eléctricos se logra un ahorro de combustible del 25 a 30% mediante la recuperación de la energía de frenado.

Llegaremos al 30% eliminando la caja automática con convertidor hidráulico por sistema eléctrico y disminuyendo el tiempo de carga de las baterías, con baterías de más nivel o con supercondensadores.

9.840 ómnibus consumen 355.320 m<sup>3</sup> de gasoil / año

Si fueran híbridos-eléctricos consumirían: 355.320 \* 0,7 = 248.724 m<sup>3</sup> de gasoil / año

Ahorro: 355.320 – 248.724 = 106.596 m<sup>3</sup> de gasoil / año

Volumen que el Gobierno deja de subsidiar a valor real del gasoil: 4,20 \$ / litro en las condiciones actuales.

Importe:

$$106.596.000 \text{ litros} * 4,20 \$ / 1 = 447.703.000 \$ / \text{año}$$

$$1 \text{ US\$} = 4,2 \$$$

$$447.703.000 \$ / \text{año} = \underline{106.596.000 \text{ US\$} / \text{año}}$$

### **5.5- BONOS VERDES**

El ahorro de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) que produce el efecto invernadero debido al menor consumo de gasoil en los 9.840 ómnibus de la Capital Federal es:

$$106.596.000 \text{ litros} * 2,68 \text{ kg CO}_2 / 1 = 285.677.280 \text{ kg CO}_2 / \text{año}$$

$$285.677.280 \text{ kg CO}_2 / \text{año} = 285.677 \text{ T CO}_2 / \text{año}$$

Considerando 15 US\$ / T CO<sub>2</sub>

$$\text{Importe de Bonos Verdes} = 285.677 \text{ T CO}_2 / \text{año} * 15 \text{ US\$} / \text{T CO}_2$$

$$\text{TOTAL} = \underline{4.285.155 \text{ US\$} / \text{año}}$$

Nota:

El valor de 15 US\$ / T CO<sub>2</sub> seguramente va a incrementarse ya que en Francia se implementó un impuesto de 17 € / T CO<sub>2</sub> a partir del 11/09/2009 sobre el petróleo, gas, carbón, todos los combustibles fósiles, cualquiera sea su aplicación que produzca CO<sub>2</sub>.

### **5.6- RESUMEN**

El costo estimado, en Capital Federal, del tratamiento hospitalario y de los medicamentos necesarios para aliviar o curar las enfermedades causadas por las partículas de los vehículos diesel que circulan por sus calles es de 2.645 millones de dólares/año.

Estimativamente tomamos un 30% de esta suma por el reemplazo de los 9.840 ómnibus diesel por ómnibus híbrido-eléctricos y eléctricos.

El 70% restante estimamos que corresponde a los camiones de reparto de mercaderías, camiones recolectores de basura, utilitarios y todo otro vehículo que usa motores diesel.

Por lo tanto:

- Disminución del costo hospitalario:  $2.645 * 0,30 = \underline{793,5 \text{ millones US\$ / año}}$
- Ahorro de combustible estimado:  $\underline{106.596.000 \text{ US\$ / año}}$
- Bonos Verdes:  $\underline{4.285.155 \text{ US\$ / año}}$

TOTAL:  $793.500.000 + 106.596.000 + 4.285.155 = \underline{904.381.155 \text{ US\$ / año}}$

El ahorro estimado por el cambio de los ómnibus diesel por ómnibus híbrido-eléctricos y eléctricos es:  $\underline{904.381.155 \text{ US\$ / año}}$

Es necesario elaborar un plan de reemplazo viable en el tiempo. Esta cifra irá disminuyendo gradualmente a medida que avance el plan de reemplazo.

### **5.7- REFLEXIONES**

El tema analizado en este informe y los no analizados (por ejemplo: deforestación) deben ser tratados con la profundidad y seriedad que corresponde para que las generaciones venideras no sufran las consecuencias irreparables sobre el planeta Tierra (en la salud de los seres humanos y en la naturaleza) por nuestra pasividad en la resolución de estos problemas, en las distintas ciudades de nuestro país y en particular en la Ciudad de Buenos Aires, que crece continuamente en cantidad de habitantes y, por lo tanto, en la necesidad de movilidad de personas y cargas.

Prof. Ing. Juan Sacco.

## ANEXO 1

### **Cambio climático – Futuro evitable**

A semanas de la cumbre de Copenhague, en la Argentina falta una política coherente sobre las energías alternativas y mejoras de la eficiencia energética.

En el caso de Latinoamérica hay países que están tomando medidas para colaborar. Por ejemplo Brasil, conciente de que la mayor cuota de contaminación proviene de la deforestación, busca reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a corto y largo plazo hasta llegar al 80% de reducción para el año 2020.

Es necesario buscar un esfuerzo global que consigna frenar el calentamiento de la Tierra en menos de 2 °C, teniendo en cuenta que desde 1990 la temperatura promedio se elevó 0,8 °C.

El hombre genera cambios que la naturaleza no soporta, pero el problema no es el cambio sino la velocidad del mismo.

Es necesario trabajar en el país sobre el uso de energías limpias, efectuar investigaciones para obtener nuevos combustibles de bajo impacto ambiental, por ejemplo biocombustibles obtenidos a partir de sustancias no alimenticias, desechos de procesos productivos, residuos, etc. y no a partir de granos alimenticios, biogas a partir de rellenos sanitarios.

Para limitar el efecto invernadero se decidió durante la conferencia de Kyoto, en diciembre de 1997, reducir el efecto invernadero de los seis gases siguientes:

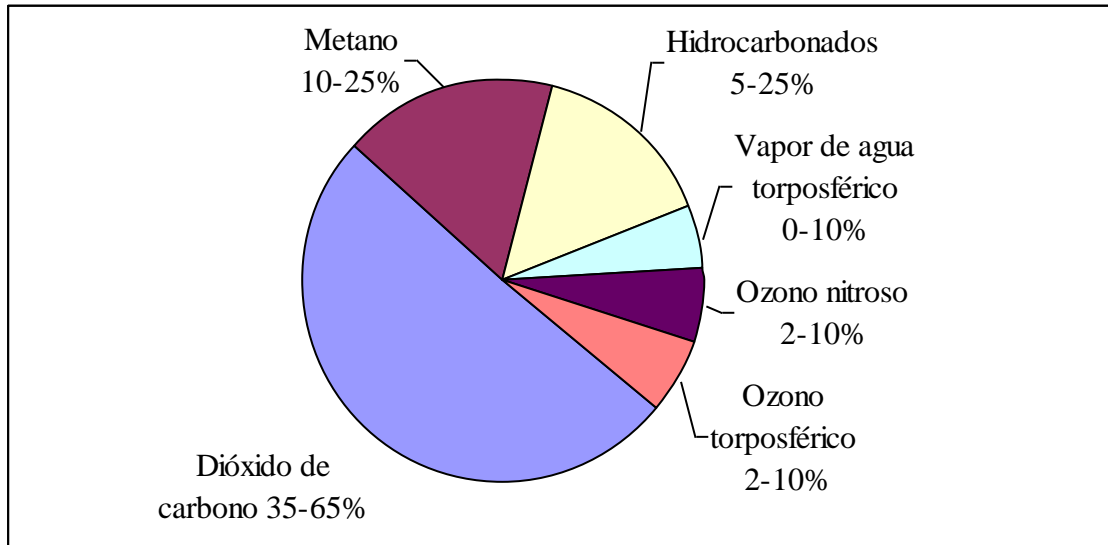
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Hidrofluorcarbonados (HFCs)
- Perfluorcarbonados (PFCs)
- Sulfohexafluorados (SF<sub>6</sub>)

Estos gases debían reducirse por lo menos 5% comparados con los niveles de 1990 hasta el marco de referencia comprendido entre 2008-2012. Para la Unión Europea debía ser del 8%.

El efecto invernadero de los gases cuya emisión tiene su origen en el hombre se catalogan con el término de “efecto invernadero antropógeno”.

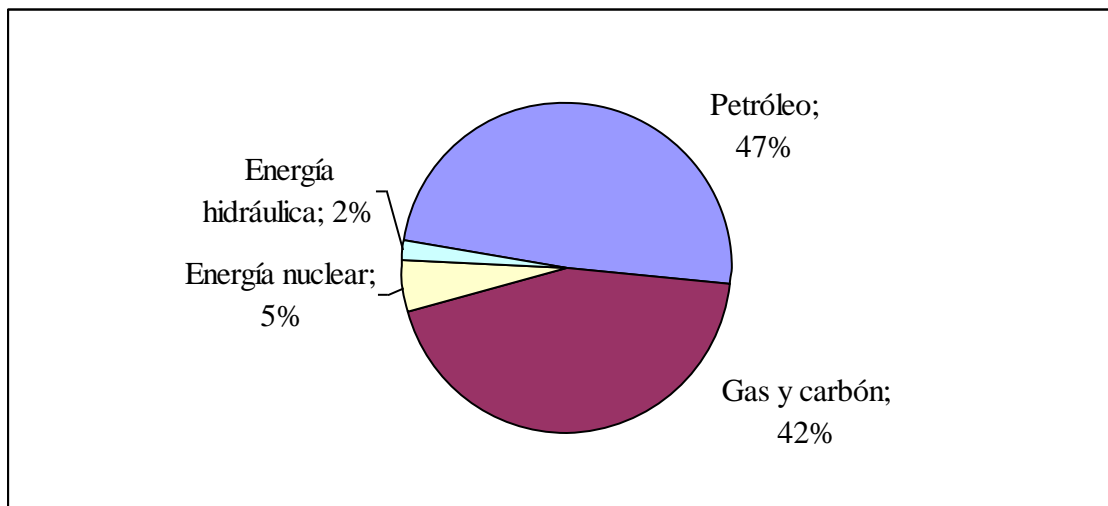


### Contribución del efecto antropógeno a los gases globales de efecto invernadero



Las reducciones de las emisiones de los gases de efecto invernadero previstas por el protocolo de Kyoto, que vence en el 2012, no serán alcanzadas. En ese sentido, los países europeos se comprometen a reducir un 20% las emisiones respecto de 1990. En la conferencia de Copenhague, próximo a realizarse, 192 países intentarán lograr un nuevo acuerdo sobre el régimen climático global que regirá a partir del 2012. Su objetivo es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

### Matriz energética argentina



En nuestro país, como vemos, el 89% de la energía corresponde a los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón). El 73% de los gases nocivos emanados a la atmósfera lo liberan los países más industrializados.

La Agencia Internacional de la Energía anunció que la demanda mundial de energía aumentará un 40% para el 2030. También anunció que contener el cambio climático es posible pero requerirá una profunda transformación del sector energético, y propone para el 2030:

- 37% de la electricidad mundial provenga de energía renovable
- 18% corresponda a la producción nuclear
- el carbono sólo represente el 5%

Hace 2 meses Greenpeace presentó un informe llamado “Revolución Energética” en el cual propone un 20% de participación de energías limpias en el 2020, más del 30% para el 2030 y el 60% para el 2050.

## ANEXO 2

### Ciudad Autónoma de Buenos Aires

*Preservar la calidad del aire con el fin de mejorar la salud de la población y el ambiente*

*Información de la Agencia de Protección Ambiental: Plan Estratégico 2008-2012*

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires es un fuerte emisor de contaminantes, principalmente provenientes del transporte vehicular.

Según diversos estudios, el 80% de la contaminación atmosférica de la Ciudad es producida por el transporte automotor. La falta de mantenimiento del parque automotor, la ausencia de educación vial, así como el lento avance de los vehículos en calles congestionadas, provocan un consumo más elevado y deficiente de combustible que redundan en una mayor emisión de contaminantes a la atmósfera.

*Antecedentes de monitoreo y déficit de información.*

La Ciudad no cuenta con un historial de monitoreo continuo. Las mediciones no han sido sistemáticas y la cantidad y ubicación de las estaciones han variado a lo largo de los años. El conocimiento de la calidad del aire y su nivel de contaminación es sumamente escaso.

En 1964, la Municipalidad de Buenos Aires vigiló por primera vez la calidad del aire.

En 1973 se implementó un programa conjunto de vigilancia del aire ambiente entre la Municipalidad de Buenos Aires y el Ministerio de Salud Pública de la Nación. Se pusieron en marcha 12 estaciones de vigilancia de gases contaminantes y 21 estaciones de vigilancia de las partículas totales en suspensión.

En el año 1982 el programa de vigilancia sufrió recortes presupuestarios y se redujeron las estaciones.

En los años siguientes, el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires volvió a implementar un Programa de Monitoreo de la Calidad el Aire.

En el año 1992 la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) publicaron los resultados del estudio "Contaminación del aire urbano en megaciudades del mundo".

Al analizar el caso de la contaminación en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el estudio señalaba que la información del área era extremadamente pobre y que no existía una red de monitoreo apropiada para la medición del nivel de gases contaminantes.

En el año 1995, Greenpeace realizó mediciones en distintas esquinas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y los valores de partículas de diesel hallados fueron superiores a los de las ciudades de San Pablo y Río de Janeiro.

Un estudio del Instituto de Recursos Naturales Mundiales, en colaboración con el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), compara el control de la contaminación en 20 megaciudades del mundo. En último lugar se

encuentra Karachi (Pakistán), con un control inexistente o desconocido, antecedido por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuyo inventario de emisiones era inexistente.

La Ley N° 1356 sobre la Calidad del Aire Atmosférico de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires fue sancionada el 10 de junio de 2004 y Reglamentada por el Decreto N° 198/06.

El Programa iniciado en 2008 busca expandir la red para obtener valores de calidad del aire representativos. La nueva red de monitoreo está integrada por estaciones equipadas para medir los principales contaminantes atmosféricos urbanos: CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, material particulado y variables atmosféricas.

La red se compone de 2 subredes:

- La subred 1 está formada por 4 unidades (2 existentes y 2 nuevas) que cumplen la normativa EPA.
- La subred 2 está formada por 41 torres de monitoreo inteligentes de emplazamiento fijo.

Para el año 2012 se prevee la implantación de la Verificación Técnica Vehicular para todos los vehículos livianos, medios y pesados, para el transporte de pasajeros y de carga.

*Estado de avance de la red de Monitoreo del Aire de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.*

Las estaciones de monitoreo continuo (subred 1) que se encuentran en funcionamiento son 3 estaciones completamente automáticas:

- Estación La Boca
- Estación Córdoba
- Estación Centenario

Y otra estación semiautomática ubicada en Palermo.

La estación que se encuentra en la zona de influencia de la Cuenca Matanza-Riachuelo es la Estación La Boca, ubicada en el Club Catalinas Sur (Av. Brasil N° 100). Esta estación mide CO (monóxido de carbono) y NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno), y a partir del mes de mayo de 2010 comenzó a funcionar el equipo de medición de material particulado (MP<sub>10</sub>).

*Análisis de las mediciones del material particulado MP<sub>10</sub> del trimestre Marzo – Abril – Mayo de 2011*

Marzo 2011

Promedio diario máximo = 47 µg/m<sup>3</sup> MP<sub>10</sub>

Promedio horario máximo = 140 µg/m<sup>3</sup> MP<sub>10</sub>

Abril 2011

Promedio diario máximo = 46 µg/m<sup>3</sup> MP<sub>10</sub>

Promedio horario máximo = 125 µg/m<sup>3</sup> MP<sub>10</sub>

Mayo 2011

Promedio diario máximo =  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{MP}_{10}$

Promedio horario máximo =  $187 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{MP}_{10}$

El promedio diario del periodo Marzo – Abril – Mayo de 2011 fue de  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{MP}_{10}$

Nota

El estándar de Calidad del Aire establecido en la Ley N° 1356 del 10 de junio de 2004, Reglamentada por el Decreto N° 198/06, es un máximo promedio para las partículas P10 diario de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que la Organización Mundial de la Salud fija como máximo un promedio diario de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un promedio anual máximo de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Prof. Ing. Juan Sacco