

OBSERVATORIO AMBIENTAL MUNICIPAL

**MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA
SUBSECRETARÍA DE AMBIENTE
OBSERVATORIO AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE ENSAYOS
Y LÍMITES DE OPACIDAD RELATIVO A LA EMISIÓN
DE HUMOS EN LOS VEHÍCULOS DIESEL**

ING. CÉSAR ROMERO

LIC. VIVIANA SBARATO

DR. PABLO MANZO

**CIUDAD DE CÓRDOBA
23 DE AGOSTO DE 2000**

CONTENIDO

1-Introducción	3
2. La Calidad del Aire de la Ciudad de Córdoba	3
3. El Aporte de los Vehículos Diesel	7
3.1 Emisiones de los Motores Diesel	8
3.2 Composición fisico-química del material particulado.	9
4- Los Efectos sobre la Salud	10
4.1 ¿Qué es una emisión diesel en el contexto de los riesgos para la salud?	11
4.2 Caracterización de los riesgos.	12
5- Propuesta de Modificación de la Normativa de la ITV	15
5.2 Valores Límites Propuestos	15
5.3 Procedimiento de Verificación Propuesta	16
5.4 Necesidad de documentación para estadística y control	17
6 Capacitación de Inspectores Municipales	18
7 Inspecciones Periódicas en la Vía Pública	18
8. Resultados Obtenidos Durante el Período de Prueba	20
8.1 Resultados	20
8.2 Conclusiones	21
Apéndice 1	23
Apéndice 2	29

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE ENSAYOS Y LÍMITES DE OPACIDAD RELATIVOS A LA EMISIÓN DE HUMOS EN LOS VEHÍCULOS DIESEL.

(por consultas dirigirse al e-mail: obsambi@obsambi.oac.uncor.edu)

1-Introducción

En el presente documento se establecen las pautas consideradas necesarias, luego de un pormenorizado estudio de la situación de la calidad del aire en la Ciudad de Córdoba, para la reformulación de la normativa actual vigente para la ITV.

En el mismo se consideran no solamente una modificación en los niveles de emisión de humos permitido para los vehículos diesel sino también en el proceso de medición para la obtención del valor de opacidad a ser comparado con dicho límite.

Asimismo se presenta la necesidad de una disminución gradual de los límites, para tender desde un valor de 3.0 (valor actual superior a la norma nacional de 2.62 1/m) a 2.0 1/m tal como se establece en otras ciudades de Latinoamérica.

2. La Calidad del Aire de la Ciudad de Córdoba

La Ciudad de Córdoba ha presentado en las últimas décadas un crecimiento sostenido en el tiempo. Sin embargo, a pesar de esta expansión, la Ciudad sigue viendo su microcentro como el lugar donde se concentran un alto porcentaje de las actividades económicas, culturales, educativas, financieras, de prestación de servicios, administrativas, etc., lo cual determina a una elevadísima demanda de acceso al microcentro. Ésta característica de centralización se pone de manifiesto no sólo en la estructura radial de las principales arterias de la Ciudad, las cuales son coincidentes con los corredores más importantes del servicio de transporte. Se estima que de los aproximadamente 150 millones de pasajeros anuales que transporta el servicio público de transporte, más del 90% desciende/asciende en el centro. La demanda de acceso al centro es cubierta por el servicio público de transporte y por vehículos particulares. En la figura 1 se pueden observar como dicha demanda se traduce en un flujo vehicular prácticamente constante en el período de actividad.

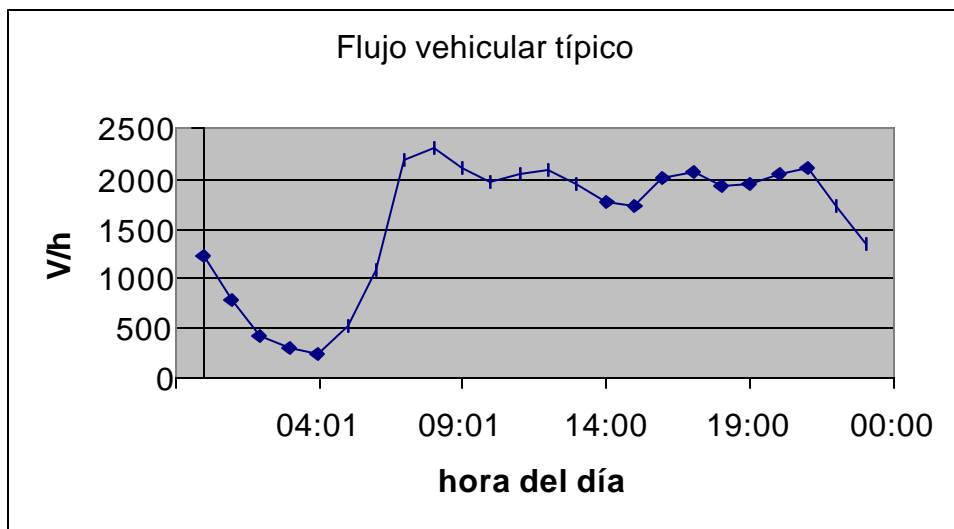


Figura 1 – Comportamiento típico diario del flujo vehicular en el microcentro –Av. Colón 200.

La flota vehicular circulante por la Ciudad es antigua y presenta un nivel de deterioro importante no solo en los vehículos particulares sino también los que prestan el servicio público de transporte tanto urbano como interurbano. Esto se traduce no solo en problemas de seguridad sin que también tienen un impacto negativo importante sobre el recurso aire.

De la totalidad de vehículos que acceden al microcentro diariamente, un porcentaje elevado no está registrado en nuestra Ciudad y por lo tanto están exentos de la ITV local.

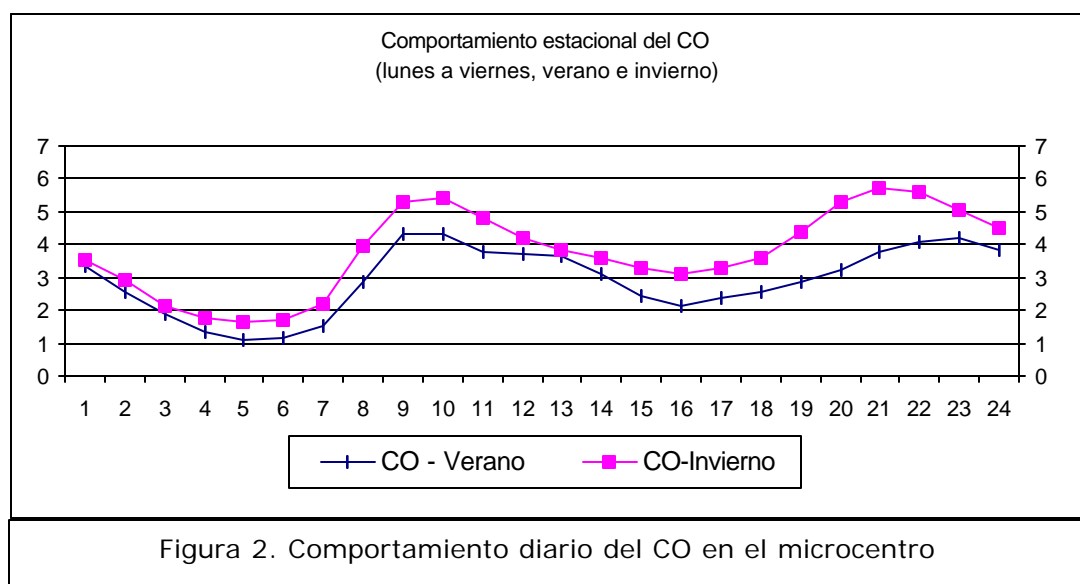
Los límites de emisión de contaminantes al aire fijados por la Municipalidad de Córdoba para la ITV son superiores a la ley nacional y ésta es a su vez superior a otras normativas extranjeras como la de México DF y Estados Unidos (USEPA).

En el caso de los vehículos diesel, la ley nacional establece un límite de opacidad de 2.62 m^{-1} mientras que la normativa de la ITV es de 3.00 m^{-1} . México DF establece como límite de opacidad un valor de 1.99 m^{-1} .

Estos elementos sumados a las condiciones meteorológicas prevalecientes en la Ciudad constituyen las condiciones de contorno que definen el estado de calidad del recurso aire en Córdoba.

En invierno, especialmente los días en que se registran capas de inversión térmica a baja altura se observan eventos de 1ª Alerta determinadas en general por monóxido de carbono (CO). Este compuesto es emitido principalmente por las fuentes móviles con motor ciclo Otto (nafteros) como resultado de procesos incompletos de combustión. Los mayores niveles de emisión se observan a bajas revoluciones. Tienen influencia sobre este problema no solo la flota vehicular y su estado sino también la fluidez del tránsito. Los congestionamientos provocan un aumento en los niveles de CO en aire.

El comportamiento diario del CO puede observarse en la figura 2. Obsérvese que cualitativamente su comportamiento está ligado a las variaciones en el flujo vehicular (figura 1).



Por otro lado, el particulado en suspensión, en especial su fracción respirable (PM10) reconoce un origen múltiple: una parte proviene de fuentes naturales (erosión del suelo), otra es emitida directamente por los vehículos especialmente los que tienen motor diesel y finalmente una tercera parte tiene un origen combinado. Se trata de particulado de origen geológico que se deposita en las calles y luego es resuspendido por la circulación de los vehículos. Dentro del PM10 existe un conjunto denominado PM2.5 (partículas menores a 2.5µm) las cuales son particularmente perjudiciales para la salud ya que por su tamaño no pueden ser detenidas por las protecciones mecánicas del organismo. Así son capaces de llegar hasta los alvéolos pulmonares y luego incorporarse al torrente sanguíneo. Esta fracción de partículas es característica de la emisión directa de los motores diesel.

En la Ciudad de Córdoba, el material particulado en suspensión tiene asociado dos problemáticas. Por un lado, el PM10 determina estados de 1ª Alertas (promedio de 24 hs superior a $150\mu\text{g}/\text{m}^3$) esporádicas asociadas a tormentas de polvo. Estos eventos son preponderantemente de origen natural, sin embargo, esta situación puede ser aliviada con una adecuada política de manejo de los parques, las áreas no edificadas y el cinturón verde no solo de nuestro municipio sino también en coordinación y colaboración con las localidades vecinas. Por otro lado, si bien el aporte de las fuentes móviles (tanto el emitido como el resuspendido) en general no causa estados de 1ª Alerta, el estándar anual de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media aritmética) se ve superada hasta en un 40% (años 96-97). El aporte de las fuentes móviles a este promedio es muy fuerte. En la figura 3 podemos observar el comportamiento típico del PM10, cuyo perfil no difiere sustancialmente del comportamiento del flujo vehicular de la figura 1.

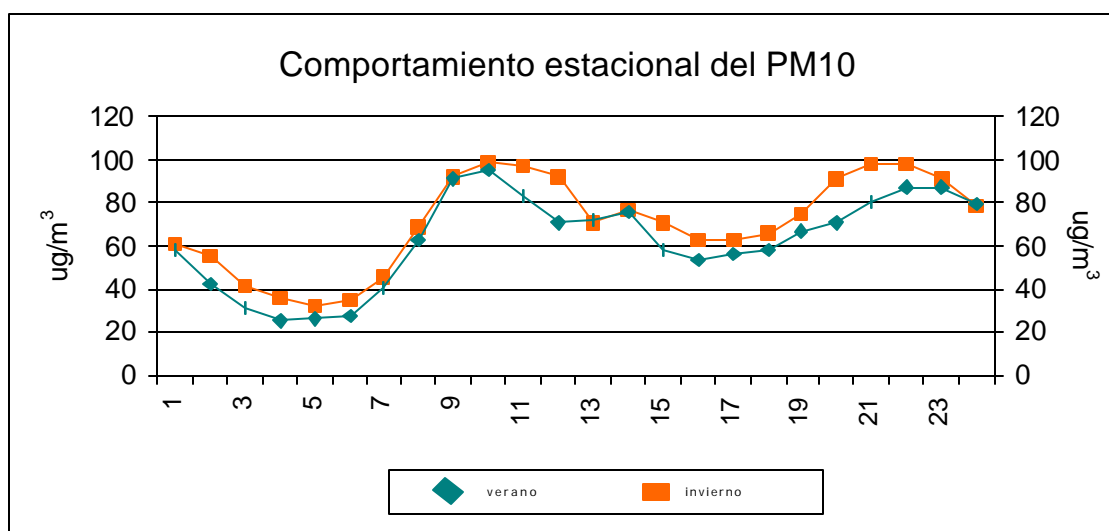


Figura 3. Perfil de comportamiento del PM10 en Av. Colón al 200

Los otros cuatro contaminantes criterio utilizados para la determinación de la calidad del aire no tienen un impacto significativo:

- a. El plomo ha dejado de ser un problema del recurso aire desde que dejó de utilizarse en la composición de las naftas como aditivo antidetonante. El Pb fue reemplazado por compuestos volátiles como el MTBE y otros compuestos oxigenados que pueden ser removidos con cierta facilidad con el uso de catalizadores. Sin embargo, la no exigencia del uso de catalizadores en Argentina ha provocado la presencia en el aire de compuestos volátiles orgánicos con una actividad negativa demostrada sobre la salud humana.

- b. El dióxido de azufre (SO₂) tampoco constituye un problema debido a que los crudos utilizados en Argentina para la fabricación de combustible tienen un bajo contenido de azufre. Es por ello que el promedio anual de la concentración de SO₂ en aire siempre estuvo por debajo del 25% del estándar anual de 30ppb.
- c. El dióxido de nitrógeno (NO₂) no determina alertas por sí mismo, sin embargo tienen una participación preponderante en la formación de O₃ junto con los otros óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos y radiación UV. Los niveles de NO₂ medidos desde el año 1996 han estado entre el 45% y el 50% del estándar anual de 100ppb en promedio anual.
- d. Los niveles de O₃ medidos en la Ciudad de Córdoba se mantienen por debajo del 20% de la norma en el microcentro por lo que por sí mismos no generan estados de contaminación dentro del ejido.
Si bien los valores son bajos se ha logrado establecer un gradiente importante en la dirección predominante de los vientos. Se han medido valores que superan en dos veces a aquellos del microcentro a una distancia de 6 km. El O₃ es un contaminante secundario que se genera por reacciones de NO_x, HC en presencia de radiación UV. Los picos de concentración frecuentemente se encuentran a una distancia entre 30 y 50 Km desde el sitio de emisión de los precursores. Esto significa que el mayor perjuicio por la acción de esta oxidante fotoquímico lo pueden sufrir principalmente las localidades del área metropolitana y no la propia Ciudad de Córdoba.

3. El Aporte de los Vehículos Diesel

Las máquinas diesel presentan frente a los motores ciclo otto ventajas tales como mayor eficiencia, menor consumo de combustible y mayor durabilidad y confiabilidad. Sin embargo, los diesel emiten una masa mayor de materia particulada. El motor diesel comprime aire a alta presión y temperatura. El combustible, al ser inyectado se autoenciende, liberando su energía química. Como resultado de la explosión, los gases se expanden actuando sobre el pistón antes de ser emitidos a la atmósfera. La potencia desarrollada por el motor es controlada por la cantidad de combustible inyectado y no por manejo de la entrada de aire como en los motores ciclo otto. En este proceso, el sistema de inyección de combustible tiene cuatro objetivos principales:

- a- Dosificar adecuadamente el combustible.

- b- Enviar ese combustible al cilindro apropiado.
- c- Inyectar el combustible en el momento adecuado.
- d- Producir una atomización y mezcla del combustible con el aire del cilindro.

Los dos primeros dependen del funcionamiento de la bomba inyectora mientras que los dos restantes del estado y funcionamiento de los inyectores. Todas influyen en la composición de la mezcla de escape.

3.1 Emisiones de los Motores Diesel

A diferencia de lo que sucede en los motores ciclo otto, la combustión en los motores diesel es un proceso no homogéneo. El combustible es inyectado a alta presión dentro del cilindro en el momento en el que el pistón se acerca hacia la parte superior de su carrera. La velocidad del motor y la carga son controladas por la cantidad de combustible inyectado. De esta manera la relación combustible/aire varía según las variaciones de velocidad del motor y su carga. Dependiendo del tiempo disponible para la combustión y la disponibilidad de oxígeno, el combustible puede ser completa o parcialmente oxidado. A temperaturas por encima de 1000°C se produce una pirólisis con el combustible no quemado formándose, tizne de carbón elemental. Esta formación de hollín se produce principalmente durante la fase de difusión y quema del combustible. La mayor proporción se produce en los ciclos en que el motor funciona con relaciones combustible/aire elevadas. Entre el 80 y 98 % del hollín es oxidado durante las etapas posteriores a la combustión, más probablemente por los radicales OH formados durante la combustión. El resto queda como material particulado.

Durante la combustión, los componentes de azufre presente en el combustible son oxidados a SO₂. Aproximadamente de 1 a 4 % del contenido de azufre del combustible es oxidado a SO₃, el cual al combinarse con vapor de agua en el escape, forman ácido sulfúrico (H₂SO₄). Al enfriarse, el ácido sulfúrico y el agua se condensan en un aerosol que no es volátil para las condiciones ambientales.

Las combustiones a altas temperatura provocan reacciones entre el oxígeno y el nitrógeno para formar NO en mayor medida y una proporción mucho menor de NO₂. El NO₂ formado durante la combustión es rápidamente descompuesto. El NO también puede descomponerse en N₂ y O₂, sin embargo como la disminución de temperatura es abrupta durante el proceso de expansión de los gases después de la

combustión, la velocidad de esta descomposición es muy lenta. De este modo, la mayor parte de los NO_x emitidos corresponden a NO.

Algunos compuestos provenientes del combustible no quemado y por el aceite lubricante consumido por el motor pueden ser atrapados dentro de fisuras u otras cavidades o pueden provenir de puntos fríos del cilindro y de esa manera no pueden ser completamente oxidados ni sufre el proceso de pirólisis. Estos compuestos son emitidos por el motor y contribuyen a las emisiones de compuestos orgánicos en fase gaseoso o como materia particulada dependiendo de su volatilidad. Dentro del sistema de escapes, las temperaturas son lo suficientemente altas para que todos estos compuestos se encuentren en fase gaseosa. Luego, al enfriarse al contacto con el aire ambiente, los compuestos menos volátiles pueden adsorberse a la superficie de las partículas emitidas por el propio motor.

3.2 Composición fisico-química del material particulado.

A medida que el material del escape se diluye y enfría en el medio ambiente, procesos de nucleación, de condensación y adsorción, transforman el material volátil en material particulado sólido o líquido. Las partículas emitidas por los motores diesel son uniones de partículas esféricas a base de carbono con compuestos orgánicos y sulfurosos adsorbidos a su superficie combinado con otros materiales condensados. El material orgánico incluye combustible sin quemar, aceite lubricante y productos de combustión incompleta y pirólisis. Esto es frecuentemente cuantificado como fracción orgánica soluble (SOF). Las proporciones de esta fracción se encuentran entre un 10 y un 90 % en masa, con los mayores valores correspondientes a operación con escasa carga. Esto es debido a la baja temperatura de los gases de escape en este modo de operación. La SOF varía también con el diseño del motor, con el estado de los cilindros (quema de aceite) y con la antigüedad del vehículo. Los niveles de sulfatos dependen prácticamente del contenido de azufre del combustible.

El material particulado proveniente de motores diesel tiene un área específica elevada (30 a 50 m²/g) y así son susceptibles de adsorber una gran cantidad de material orgánico. Aproximadamente el 57% de la fracción orgánica está contenida en la fracción no polar (Schuetzle, 1983). Cerca el 90% de esta fracción corresponde a hidrocarburos alifáticos de C₁₄ a C₄₀. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) constituyen la fracción restante de la masa no polar.

La distribución de tamaño de las partículas de escape de los motores diesel es bimodal con un modo de nucleación (0.0075 a 0.042 μm de diámetro) y un modo de acumulación (0.042 a $1\mu\text{m}$ de diámetro) (Baumgard y Johnson, 1996). Aproximadamente el 96% de las partículas emitidas por los motores diesel son menores a $10\mu\text{m}$ de diámetro, 92 % menor a $2.5\mu\text{m}$ y el 91 % menor a $1\mu\text{m}$ de diámetro.

4- Los Efectos sobre la Salud

Las emisiones diesel son una mezcla compleja de sustancias, y cada una permanece en el aire o reacciona con otras sustancias de acuerdo a las propiedades químicas de las sustancias individuales. Las partículas diesel son típicamente más pequeñas de 1 micra y se estima que permanezcan en el aire por alrededor de 10 días.

En los últimos 20 años, a nivel internacional, se han hecho importantes avances en el diseño de los motores y la formulación de los combustibles para reducir las emisiones. A su vez, los países que están en la vanguardia suman las mejoras tecnológicas a su sociedad a través de estrictos estándares y programas de control de emisiones, para reducir las emisiones diesel y así disminuir los niveles de exposición de la población.

A través de los programas de estudio desarrollados por el Observatorio Ambiental desde 1997, es conocido que la ciudad de Córdoba, presenta un problema ambiental relacionado con el particulado en suspensión, en particular el emitido por los motores diesel. Los estudios de exposición a particulado atmosférico se sustentan en las mediciones de particulado total en suspensión –TSP por sus siglas en inglés-, partículas en suspensión menores a 10 micras de diámetro aerodinámico equivalente –PM₁₀ por sus siglas en inglés- y partículas en suspensión menores a 2,5 micras de diámetro aerodinámico equivalente –PM_{2,5} por sus siglas en inglés*. Los programas de monitoreo instalados permitirán evaluar la efectividad de cualquier medida de

* La técnica de muestreo para TSP es por alto volumen (HVS-TSP), con un estándar USEPA de $260\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un promedio de 24 hs y una media anual de $75\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. La técnica de muestreo para PM₁₀ es por alto volumen (HVS- PM₁₀) y por el sistema automático TEOM, con un estándar USEPA de $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un promedio de 24 hs y una media anual de $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las mediciones de PM_{2,5} se realizaron mediante el equipamiento de muestreo, protocolo fijado por la OIEA para la rueda de intercomparaciones en Latinoamérica.

control que decida imponerse para disminuir el impacto de las fuentes móviles con motor diesel sobre el ambiente urbano.

La disminución de todos los contaminantes emitidos por los motores diesel, en especial del material particulado, es un ítem fundamental en el control de la calidad de aire de las grandes ciudades.

4.1 ¿Qué es una emisión diesel en el contexto de los riesgos para la salud?

Como expresamos antes, las emisiones diesel son una mezcla compleja de cientos de componentes. La mezcla consiste de partículas y gases. Las partículas están formadas por un núcleo de carbono elemental con cientos de compuestos orgánicos e inorgánicos adsorbidos en la superficie de las partículas. La fracción gaseosa está constituida también por compuestos orgánicos e inorgánicos. Dentro de las emisiones se encuentra compuestos orgánicos e inorgánicos en estado semivolátil. El núcleo de carbono elemental, la cobertura de compuestos adsorbidos, y los elementos gaseosos y semivolátiles tienen cada uno constituyentes con propiedades toxicológicas conocidas, y en conjunto hay un posible potencial toxicológico agregado para la mezcla completa.

Las emisiones particuladas de los diesel tienen una distribución tal que aproximadamente el 96% es menor a 10 micras, el 92% es menor a 2,5 micras y el 91% es menor a 1 micra. Por estas circunstancias, se le atribuye a las emisiones diesel un potencial toxicológico superior al de las partículas de mayor tamaño provenientes de otras fuentes.

La distribución en tamaño de las partículas diesel es significativa en la determinación de la dosis-respuesta ya que las partículas más pequeñas tienen alta probabilidad de ser depositadas más profundamente en el pulmón y pueden así dar una respuesta inflamatoria característica. Además las partículas más pequeñas tienen una superficie mayor por unidad de masa por lo que pueden adsorber y transportar muchos compuestos orgánicos hacia el sistema respiratorio.

El principal constituyente por unidad de peso de las partículas diesel es el carbono elemental.

Las emisiones inorgánicas incluyen nitratos, compuestos de azufre, monóxido de carbono y otros que se han registrado en algunos estudios como el arsénico y el níquel (ambos de probada actividad cancerígena en humanos).

Entre la fracción orgánica se incluyen, aunque en baja concentración, muchos compuestos de los cuales un número es considerado de tener riesgo potencial mutagénico y carcinogénico en humanos. Así, muchos de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH por sus siglas en inglés) y derivados son tóxicos, especialmente los nitro-PAHs. Muchos de los compuestos emitidos en forma gaseosa son también potencialmente carcinogénicos o tóxicos a alguna dosis. Estos incluyen benceno, 1-3 butadieno, varios aldehídos, etileno, dibromuro, nitroaromáticos, óxidos de nitrógeno y compuestos azufrados. Hay evidencia de que la mezcla de orgánicos emitidos y luego alterada por transformación atmosférica provee las especies químicas necesarias para la formación de radicales libres; los radicales libres tienen probada influencia en daños del ADN de los seres vivos.

La composición cuantitativa de cualquier emisión depende de numerosos factores, que incluye condiciones de operación, relación entre vehículos livianos y pesados, diseño de los motores, edad de los motores, gas-oil usado, tecnología de control de emisiones instalado en los vehículos y los sistemas de medición utilizados. Los datos previamente señalados están extraídos de informes de instituciones de reconocido prestigio. Córdoba está realizando sus propios estudios para indagar sobre la composición del material particulado, ya cuenta con resultados preliminares. Las evidencias recabadas por estudios en diferentes ciudades y los estudios locales dejan claro que: “La reducción de las emisiones netas de los diesel se traza como la *primera meta* a alcanzar para disminuir los riesgos para la salud de la población expuesta”.

4.2 Caracterización de los riesgos.

Exposiciones agudas

Los efectos no cancerígenos más marcados sobre humanos son: enfermedades en ojos, garganta e irritación bronquial y síntomas fisiológicos como dolor de cabeza, aturdimiento, náuseas, vómitos, entumecimiento u hormigueo de las extremidades. Dichos síntomas han sido reportados por individuos expuestos a las emisiones diesel sobre calles muy transitadas o en estaciones de ómnibus. Se han iniciado estudios para caracterizar la relación de la exposición a las emisiones diesel con reacciones alérgicas inmunológicas.

Exposición crónica

Los estudios sobre humanos en ámbitos ocupacionales no son muchos pero, combinados con experimentos realizados con animales bajo condiciones controladas en laboratorio, muestran que los efectos adversos tienen un umbral biológico.

El material particulado se ha asociado con incremento de morbilidad y mortalidad, agravación de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, cambios en la función pulmonar, cambios en las estructuras y tejidos pulmonares y mecanismos de defensa respiratorios alterados.

Riesgo de cáncer

Para exposición por inhalación, tanto los estudios sobre humanos como los ensayos sobre animales proveen evidencia que la exposición a emisiones diesel tiene el potencial de ser carcinogénico para humanos bajo ciertas condiciones de exposición.

Para la USEPA, el potencial carcinogénico es indicado por:

1. asociación consistente entre el incremento de cáncer de pulmón y la exposición a las emisiones diesel en ciertos trabajadores expuestos ocupacionalmente;
2. inducción de cáncer de pulmón en algunos ensayos controlados en laboratorio sobre animales expuestos a emisiones diesel;
3. inducción de cáncer a partir de varias fracciones de la emisión diesel; y
4. la presencia de orgánicos sobre las partículas y en los gases de estas emisiones, algunas de las cuales tienen gran poder mutagénico y propiedades carcinogénicas por sí mismas.

Subgrupos susceptibles

Los riesgos, tanto de exposiciones agudas como crónicas, se asumen como consecuencias en individuos de salud promedio y en sus años de edad adulta. No hay información específica sobre las emisiones diesel que provean claridad sobre la variabilidad en la susceptibilidad dentro de la población. Se estima que aquellas personas con problemas respiratorios previos se verán más afectados por la problemática. Aunque no hay información concreta, se estima que bebés y niños podrían tener mayor susceptibilidad a los efectos tóxicos tanto agudos como crónicos debido a su mayor frecuencia de ventilación pulmonar, que resulta en una mayor deposición en el tracto respiratorio.

Otro aspecto de susceptibilidad diferenciada involucra subgrupos que pueden recibir exposición adicional a las emisiones diesel debido a su proximidad a las fuentes emisoras. Quienes pasan bastante tiempo de su rutina diaria cerca de fuentes de emisión podrían recibir mayor exposición que el resto de la población. Los subgrupos ocupacionales, como quienes trabajan a la vera de una calle o dirigen obras u operaciones de tránsito están señalados como más susceptibles a los riesgos de las emisiones diesel.

En resumen:

- Las partículas emitidas por los diesel y su cobertura de orgánicos, los gases y semivolátiles presentes en estas emisiones, tienen propiedades bioquímicas y toxicológicas que elevan la sospecha sobre los efectos adversos sobre la salud de las emisiones diesel dadas ciertas dosis o bien una exposición acumulativa suficiente.
- Debido a que las emisiones diesel son una mezcla, es importante la determinación de la unidad de medición para representar la dosimetría. Se ha determinado que se utilice la unidad de concentración de material particulado como la representación de la mezcla completa, es decir $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La exposición ambiental a las emisiones diesel varía ampliamente dependiendo de la proximidad a las fuentes. Hablando en términos generales, las áreas rurales presentan concentraciones más bajas de emisiones diesel que las áreas urbanas y algunos ambientes ocupacionales pueden aumentar el riesgo de alta exposición.
- Para exposición crónica, con más estudios sobre animales que sobre humanos, existe evidencia de efectos respiratorios adversos.
- Efectos carcinogénicos: usando estudios epidemiológicos ocupacionales como representativos de exposición a las emisiones diesel, se observa un patrón de riesgo de cáncer aumentado. Muchos ratones sometidos a inhalación muestran respuesta carcinogénica bajo condiciones de sobrecarga de partículas. Algunos componentes orgánicos de las emisiones diesel tienen efecto mutagénico o genotóxico probado o sospechado.

- La reducción de las emisiones netas de los diesel se traza como la **primera meta** a alcanzar para disminuir los riesgos para la salud de la población expuesta.

5- Propuesta de Modificación de la Normativa de la ITV

La ley nacional 24.449 y su decreto reglamentario 779/95 establece como valores límites de opacidad de 2.62 l/m mientras que la normativa actual para la ITV establece un valor de 3 l/m. Tal como se expresara anteriormente, el particulado en la Ciudad de Córdoba es uno de los problemas ambientales más importante. Asimismo se mencionó que los efectos adversos sobre la salud están ampliamente demostrado. Muchos de los compuestos emitidos al aire tienen una actividad cancerígena comprobada. La falta de un control adecuado se manifiesta especialmente en los vehículos con motor diesel en la emisión de una gran cantidad de materia particulada que impacta directamente sobre la salud de la población expuesta. Este hecho cobra notable importancia en el microcentro de la ciudad, donde se observa una gran densidad de vehículos diesel pesados y semipesados correspondientes al servicio público de transporte. Asimismo, coincide geográficamente con una zona de elevada densidad de población expuesta especialmente en las horas de mayor actividad y por lo tanto con mayores concentraciones de contaminantes.

La reglamentación vigente no prevé esquemas de seguridad tal como precintos u otros dispositivos que eviten que los vehículos sean preparados para la inspección técnica manipulando la relación combustible/aire en las bombas inyectoras. Relaciones pobres, esto es en exceso de aire, provocan una disminución sustancial en la emisión de material particulado. Sin embargo el rendimiento del motor es menor y la capacidad de desarrollar potencia disminuye drásticamente. En el esquema actual de verificación, a nadie se impide que se calibre la bomba inyectora para dar valores de opacidad por debajo de los valores de la normativa, volviendo a su situación inicial luego de la inspección. De esta forma, desde un punto de vista ambiental y de salud ambiental, la inspección técnica no tiene ninguna relevancia. Si se disminuyen los límites de emisión, los mismos no tienen sentido si no van acompañados de las medidas de control adecuadas en la vía pública. La normativa actual tampoco prevé la verificación de pérdidas del sistema de escape. Esto puede ser también utilizado para modificar los valores de opacidad.

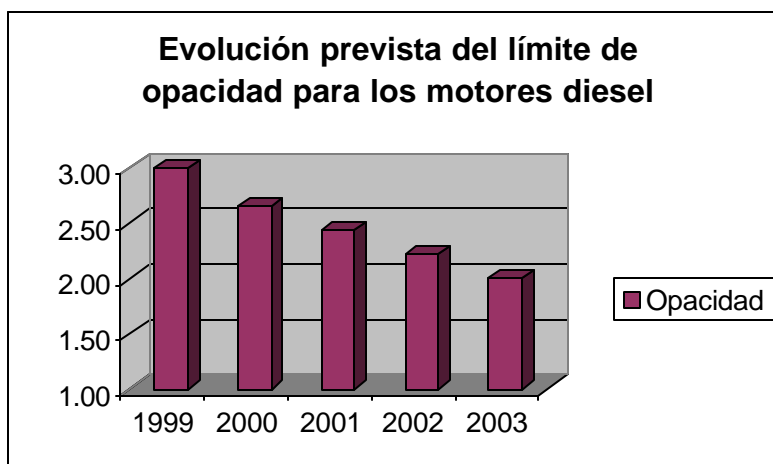
5.2 Valores Límites Propuestos

Se proponen como límites de opacidad los siguientes:

En una primera etapa se propone bajar el límite de 3 l/m a 2.62 l/m para compatibilizar la reglamentación de la ITV con la ley nacional.

En una segunda etapa se prevé la disminución paulatina para establecer en el término de 3 años un valor de opacidad de 2.00 l/m. Este último valor es el utilizado en otras ciudades latinoamericanas tal como México DF.

<i>Año</i>	<i>Valor de opacidad</i>
1999	3.00
2000	2.62
2001	2.44
2002	2.22
2003	2.00



5.3 Procedimiento de Verificación Propuesta

El procedimiento de verificación para la determinación de la opacidad en los vehículos diesel debe ajustarse al protocolo basado en la norma SAE J1667 documentado en el apéndice del presente texto.

El proceso completo consta de tres etapas: preparación, acondicionamiento previo y ciclos de medición. El equipo analizador debe registrar los valores de opacidad durante todo el procedimiento, incluyendo la etapa de acondicionamiento previo.

5.4 Necesidad de documentación para estadística y control

Actualmente no se documentan las operaciones de verificación ni sus resultados. De esta manera, el municipio tiene pocas chances de realizar un control efectivo sobre el proceso de verificación y el cumplimiento de la normativa respectiva sobre los vehículos inspeccionados. Es por este motivo que se sugiere que el municipio obligue a los concesionarios de la ITV a llevar documentación auditable de todos sus procesos de verificación.

Asimismo, es necesario mantener actualizados los datos estadísticos de composición y estado de la flota vehicular en Córdoba no solamente los diesel pesados sino todos los que pasan por la ITV.

- Matricula del vehículo
- Marca del vehículo
- Peso del vehículo
- Tipo de motor (Diesel/Nafta)
- Marca motor
- Cilindrada
- Uso del vehículo (Particular/Transporte de Carga/Transporte de pasajeros)
- Kilómetros recorridos anualmente
- Cantidad de servicios técnicos anuales
- Resultados de la inspección: (solo diesel)
- Estado del sistema de escape
- Estado del regulador
- Resultado de los ciclos preliminares:
 - 1^{er} pico
 - 2^o pico
 - 3^o pico

- Resultado del ciclo de medición:
 - 1^{er} pico
 - 2^o pico
 - 3^o pico
- Valor de opacidad:
- Estado precinto bomba inyectora

En el apéndice 2 se presenta un modelo de planilla para el registro de los datos del ensayo de verificación. El mismo debe hacerse en libro foliado y se deberá anexar al mismo el ticket emitido por el instrumento analizador.

6 Capacitación de Inspectores Municipales

Para unificar criterios en las pruebas y ensayos que esta propuesta introduciría en los procedimientos de rutina es necesario brindar a todo el personal involucrado un Trayecto de Capacitación. Debido a que la problemática ambiental aún no deja de ser un tema nuevo para la mayor parte de la sociedad deben aclararse algunos aspectos tendientes a formar en cada uno la conciencia necesaria para desarrollar esta tarea. Deben así presentarse los aspectos generales de la problemática de los contaminantes atmosféricos, las emisiones vehiculares y su relación con la salud. Una vez establecidos los conceptos fundamentales debe ahondarse en los aspectos mecánicos de mayor incidencia en los niveles de emisión de un motor así como la calidad de los combustibles, también deben presentarse todas las leyes y reglamentaciones que regulan el rol del inspector, las actividades concretas de verificación y los estándares de comparación.

La Universidad Libre del Ambiente podría actuar como coordinadora del Trayecto y hacerse cargo del dictado de una vasta parte del mismo.

7 Inspecciones Periódicas en la Vía Pública

Para aseguramiento del cumplimiento de la normativa y para fomentar la asistencia al ITV. En estos puestos deberían medirse emisiones.

OBSERVATORIO AMBIENTAL MUNICIPAL

La necesidad está también relacionada al control del transporte urbano de pasajeros en punta de línea de no existir otra posibilidad de control.

Mínimo de 3 puestos de inspección diarios ligados a una duplicación en caso de pronóstico de Primera Alerta.

8. Resultados Obtenidos Durante el Período de Prueba

A la fecha contamos con 200 mediciones procesadas, las cuales fueron realizadas sobre vehículos diesel desde el momento de poner en vigencia la etapa de prueba para la validación del método.

A tal fin se pidió a las plantas de ITV que realizaran simultáneamente los dos ensayos, esto es, el método que está siendo usado desde que se comenzó con la Inspección Técnica Vehicular y el método de aceleración brusca propuesto recientemente. Los ensayos fueron registrados de tal forma de permitir la observación en papel del comportamiento de los dos métodos de medición.

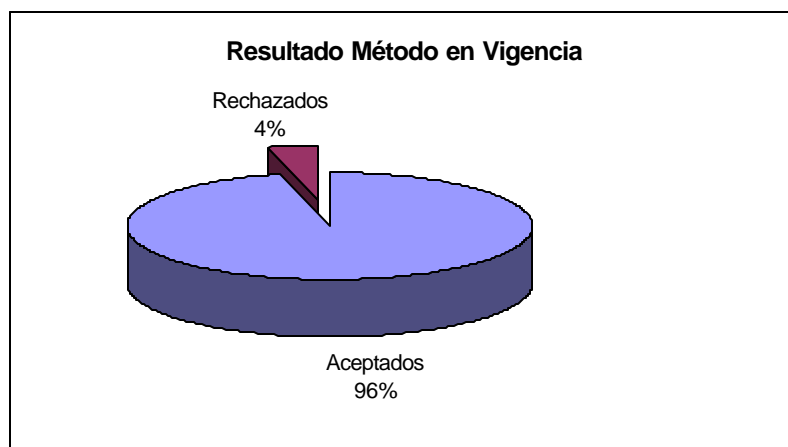
En base a los valores obtenidos en los dos procesos, se construyó una planilla de cálculo para hacer una comparación estadística entre los dos métodos.

A partir de las mediciones realizadas y las observaciones que efectuamos durante la ejecución de esta etapa del proyecto estamos en condiciones de recomendar la puesta en práctica de este nuevo ensayo cuyo procedimiento de aceleración varía respecto al que se venía practicando en los ensayos de las ITV. Además se mantiene la propuesta de escala de cambio progresivo del valor límite permitido para llegar hasta un límite de 2 m-1.

8.1 Resultados

Sobre una muestra de 202 vehículos diesel se obtuvieron los siguientes resultados:

Según el método de verificación en vigencia:



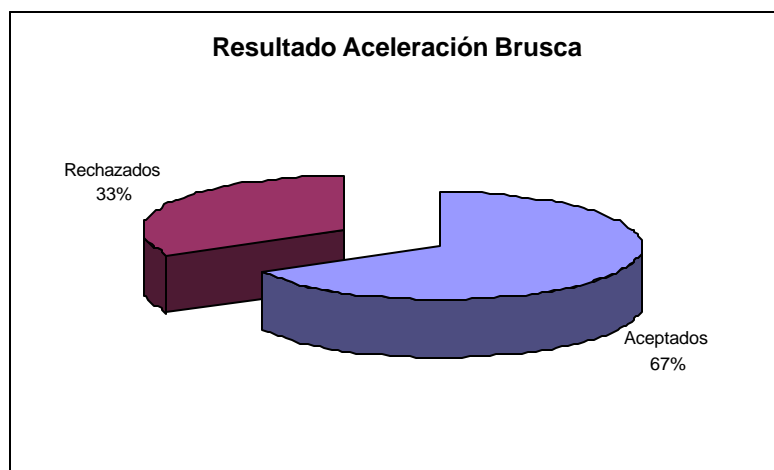
Cantidad de Vehículos que pasaron la verificación: 194

Vehículos rechazados: 8

Según el método de verificación por aceleración brusca:

Cantidad de Vehículos que pasaron la verificación: 136

Vehículos rechazados: 66



8.2 Conclusiones

Con los datos con que contamos hasta el momento se puede ver que sin necesidad de modificar los valores límites de opacidad, se obtuvo un aumento en el rechazo del 4 al 33%.

No se ha podido efectuar un análisis de acuerdo a marca, modelo, tipo de motor y/o peso ya que la cantidad de datos aún no es significativa para tales estudios. Los valores límites tolerados están sujetos a análisis. De acuerdo a la distribución de emisiones registradas por característica se hará la recomendación final sobre valores máximos permitidos y la evolución de los mismos en el tiempo.

OBSERVATORIO AMBIENTAL MUNICIPAL

Para los fines del seguimiento de la efectividad de las medidas y para el estudio de los cambios de valores tolerados se recomienda que los ITV continúen llenando y reportando la planilla de procedimiento que figura en el manual. Una vez que las mismas hayan diseñado un sistema de captura de los datos que sean reportados en formato de excel o equivalente para ser utilizados para análisis estadístico, podrán suspender el llenado en papel. A los fines estadísticos, de control y auditoría, las impresiones en papel de las gráficas de los procedimientos dadas por los equipos deberán ser archivadas convenientemente para su consulta. Éstos deberán tener una identificación que permita su correlación con los demás archivos de datos.

Apéndice 1

**PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE HUMOS
VEHÍCULOS DIESEL.**

**ENSAYO DE ACCELERACIÓN BRUSCA
BASADO EN EL PROCEDIMIENTO SNAP-ACCELERATION DE LA
NORMA SAE J1667.**

**PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE HUMOS
VEHÍCULOS DIESEL.**

**ENSAYO DE ACELERACIÓN BRUSCA
BASADO EN EL PROCEDIMIENTO SNAP-ACCELERATION DE LA
NORMA SAE J1667.**

Propuesta del Observatorio Ambiental Municipal para la modificación de los procedimientos de la ITV para el ensayo correspondiente a la medición de humos en los vehículos con motor diesel.

Córdoba, 20 de junio de 2000

**PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE HUMOS
VEHÍCULOS DIESEL.**

**ENSAYO DE ACELERACIÓN BRUSCA
BASADO EN EL PROCEDIMIENTO SNAP-ACCELERATION DE LA
NORMA SAE J1667.**

1. ETAPAS DEL ENSAYO - El procedimiento completo del ensayo de aceleración brusca consiste de cinco fases:
 - a. Preparación del vehículo y chequeo de seguridad
 - b. Preparación e inicialización del equipamiento
 - c. Familiarización del conductor con el procedimiento (en caso que sea desarrollado por el propio conductor) y acondicionamiento previo del vehículo.
 - d. Ejecución de la medición por aceleración brusca.
 - e. Resultado final del ensayo.

- 1.1 PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO Y CHEQUEO DE SEGURIDAD - Previos al desarrollo de la medición, los siguientes tópicos deben ser completados:
 - a. Si el vehículo está equipado con un sistema manual de transmisión, la misma debe estar ubicada en neutro y el embrague liberado.
Si el vehículo posee transmisión automática, la misma debe estar ubicada en la posición neutra.
 - b. Las ruedas del vehículo deben estar apropiadamente trabadas para prevenir cualquier movimiento del vehículo durante la prueba.
 - c. De contar con aire acondicionado, el mismo debe estar apagado.
 - d. Todos los dispositivos instalados en el motor o en el vehículo que puedan alterar las características normales de aceleración, deben ser desactivados durante la verificación.
 - e. Verificar la capacidad de limitación del regulador del motor siguiendo el siguiente procedimiento:

Con el motor en ralentí, presionar lentamente el acelerador y permitir que la velocidad del motor aumente hasta su máxima velocidad controlada. Mientras la velocidad se incrementa, notar cuidadosamente cualquier indicio audible o visual que el motor o el vehículo puede tener algún desperfecto. Si no hay indicios de problemas, permitir que el motor incremente su velocidad hasta el punto en que es posible verificar la capacidad de limitación del regulador. En caso de existir cualquier indicio de daño potencial o condiciones inseguras para el motor, el vehículo o el personal, liberar inmediatamente el acelerador y abortar el procedimiento de verificación.

- f. Se deben inspeccionar por pérdidas en el sistema de escape del vehículo. Pérdidas severas en el sistema de escape pueden causar la introducción de aire en el flujo de escape, lo cual puede producir mediciones incorrectas. En caso de no pasar el test de pérdidas, se debe abortar el procedimiento de verificación.
- g. Los usuarios deben ser advertidos si se observan humos color azul o blanco. Los primeros son indicadores de hidrocarburos no quemados (presencia de aceite en la mezcla combustible o mal funcionamiento de los inyectores). Los segundos son un indicador de presencia de vapor de agua (posibles pérdidas en el sistema de enfriamiento).

1.2 PREPARACIÓN E INICIALIZACIÓN DEL EQUIPAMIENTO

- 1.2.1
 - a. Si se utilizan medidores de humo del tipo muestreador: La toma de muestra del medidor de humo debe ser insertada en el caño de escape con la parte abierta apuntando en sentido contrario a la dirección del flujo de escape. El despeje entre la pared interior de la toma de muestra y la pared interior del escape debe ser de al menos 5 mm.
 - b. Vehículos con múltiples salidas de escape. Cuando se inspeccionan vehículos equipados con más de una salida de escape, es necesario medir sobre todas las salidas, tomando como resultado el de mayor opacidad.
- 1.2.2 El proceso de inicialización y verificación del equipo previo a la medición deberá realizarse de acuerdo a las especificaciones del fabricante del analizador.

1.3 FAMILIARIZACIÓN CON EL PROCEDIMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DEL VEHÍCULO.

- 1.3.1 TEMPERATURA DE OPERACIÓN - El vehículo debe estar funcionando a su temperatura normal de operación.

- 1.3.2 CICLO DE ACELERACIÓN BRUSCA El operador del vehículo debe ser instruido en la forma de realizar adecuadamente el ciclo de medición por aceleración brusca. Es de importancia crítica que el operador del vehículo comprenda completamente el modo de accionamiento del acelerador durante el ciclo.

Con el vehículo acondicionado según lo expresado en 1.1 y con el motor en temperatura normal en ralentí:

- a. El operador debe mover el acelerador hasta la posición de máximo accionamiento tan rápido como sea posible.
- b. El operador debe mantener el acelerador en esa posición hasta que el motor alcanza su máxima velocidad más un período de 1 a 4s.
- c. Luego de completar el período de 1 a 4s con el motor a su máxima velocidad controlada, el operador debe liberar el acelerador y permitir que el motor regrese a su velocidad de ralentí.
- d. Una vez que el motor alcanzó su velocidad de ralentí, el operador debe permitir que el motor permanezca en ese estado por un período de tiempo mayor a 5s pero menor a 45s antes de iniciar el próximo ciclo de aceleración brusca.

Este período de tiempo en ralentí permite al turbocompresor (si lo tuviera) desacelerar hasta su velocidad de ralentí. Esto ayuda a reducir la variabilidad en los humos entre los ciclos de medición por aceleración brusca.

- e. Los pasos a, b, c y d deben ser repetidos tantas veces como sea necesario para completar el ciclo preliminar de aceleración brusca y el ciclo de inspección de aceleración brusca.

- 1.3.3 CICLOS PRELIMINARES DE ACELERACIÓN BRUSCA- El vehículo debe desarrollar al menos tres ciclos preliminares de aceleración brusca usando la secuencia descrita en 1.3.2. Estos ciclos preliminares permiten que el operador del vehículo se familiarice con el procedimiento y, además, la remoción del particulado acumulado en el escape durante la operación del vehículo previa a la inspección.

1.4 EJECUCIÓN DE LA MEDICIÓN POR ACELERACIÓN BRUSCA.

- 1.4.1 INICIALIZACIÓN DEL ANALIZADOR - Antes de proceder con el ensayo de aceleración, el equipo analizador debe ser inicializado apropiadamente. Para ello deben seguirse las instrucciones suministradas por el fabricante del equipo analizador.

- 1.4.2 CICLOS DE ENSAYO POR ACELERACIÓN BRUSCA – Dentro de los dos minutos posteriores a la ejecución de los ciclos preliminares de aceleración, se deben desarrollar 3 ciclos de medición por aceleración brusca, actuando sobre el acelerador en la forma descrita en 1.3.2 (a-e).

Determinar el valor máximo de cada uno de los ciclos.

Una vez finalizada la secuencia de medición verificar el corrimiento del cero del equipo, eliminando cualquier entrada de partículas al equipo analizador.

- 1.4.3 CRITERIOS DE VALIDACIÓN DEL ENSAYO- Los resultados de la medición deben ser considerados válidos solamente después que los siguientes criterios han sido satisfecho
- a. El valor de corrimiento del cero del equipo verificado luego del ciclo de medición no excede $\pm 0.15 \text{ m}^{-1}$
 - b. La diferencia aritmética entre los máximos de los 3 ciclos no excede en 0.5 m^{-1}
- 1.4.4 INVALIDACIÓN DEL ENSAYO – De no alcanzarse los criterios enunciados en 1.4.3 para los ciclos de medición 1.4.2, los siguientes ítems deben ser chequeados como causa posible de los resultados inválidos:
- a. Que el motor haya alcanzado los requerimientos de temperatura.
 - b. Que la operación del acelerador se haya desarrollado de una manera inconsistente. En tal caso volver a instruir al operador del vehículo y comenzar nuevamente con el ciclo de ensayo tal como se describe en 1.3.2
 - c. Que la instalación de la toma de muestra del analizador se incorrecta. Verificar la instalación de la toma de muestra en el conducto de escape.
 - d. Que el instrumental tenga un funcionamiento incorrecto. Verificar según indicaciones del fabricante y repetir el ensayo.
 - e. Si el procedimiento es repetido acorde a los requerimientos establecidos en el punto 1.4.4 y los resultados no verifican el criterio de validación, advertir al operador del vehículo de posibles fallas.
- 1.5 RESULTADO FINAL DEL ENSAYO – Si los criterios de validación del punto 1.4.4 son alcanzados, los datos serán considerados válidos y el ensayo finalizado. Se computará el promedio de los máximos de los tres ciclos de medición por aceleración brusca y ese será el resultado del ensayo.

Apéndice 2

**PLANILLA DE REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO
DE DETERMINACIÓN DE OPACIDAD**

Resultado de la Inspección por Humos en Vehículos Diesel

N° de inspección:	Fecha:	Hora:
-------------------	--------	-------

Apellido y nombre del inspector:

Matrícula del vehículo

Marca del vehículo

Peso del vehículo

Marca del motor

Cilindrada (cm3)

Km anuales

Uso del vehículo

Resultados de la Inspección

Estado del sistema de escape

Estado del regulador del motor

Ciclos preliminares (valores de opacidad (1/m))

1° pico:

2° pico:

3° pico:

Ciclos de medición (valores de opacidad (1/m))

1° pico:

2° pico:

3° pico:

Valor final de opacidad (1/m):

Firma del inspector