

Revisión de la Norma de Emisión de Contaminación Acústica para Vehículos de Locomoción Colectiva Urbana (D.S. N° 122/91 MINTRATEL).

Eugenio Collados Baines,
Presidente Sociedad Chilena de Acústica
collados@ambiente.cl

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo resume algunos resultados del estudio "Elaboración de estudio y antecedentes para la revisión de la norma sobre contaminación acústica para vehículos de locomoción colectiva contenida en el DS N°122/91 Mintratel". Este estudio fue encargado por el Depto. Descontaminación, Planes y Normas de CONAMA en 1999.

2. OBJETIVOS

Los objetivos planteados para este estudio fueron los siguientes:

- a) Realizar un análisis del DS 122/91 MINTRATEL, en cuanto a la necesidad de modificaciones.
- b) Recopilar, revisar y analizar antecedentes nacionales e internacionales relevantes.
- c) Proponer un procedimiento de medición aplicable a la realidad del país.
- d) Identificar, analizar y establecer la institucionalidad asociada a la fiscalización y sanciones.
- e) Caracterizar acústicamente el parque automotriz chileno que estará afecto a la regulación.
- f) Elaborar una propuesta borrador de norma de emisión de ruido de vehículos de locomoción colectiva, factible de implementar en Chile, según nuestra realidad nacional.
- g) Identificar y analizar los costos y tecnologías requeridas para el control, medición y fiscalización de la normativa propuesta y para la reducción de ruido en las fuentes reguladas.
- h) Evaluar el rango de condiciones reales de trabajo de los buses del parque nacional.
- i) Obtener información del rango de niveles generados por bocinas

Las actividades desarrolladas durante el estudio fueron las siguientes:

- Análisis del D.S. 122/91 de MINTRATEL
- Análisis de la institucionalidad de fiscalización
- Recopilación de documentación técnica
- Muestreo de buses por ensayos estacionarios
- Muestreo de buses por ensayos dinámicos
- Muestreo de buses en condiciones reales de circulación
- Análisis estadístico de resultados
- Proposición de métodos y límites
- Proposición de borrador de norma
- Simulación de rechazos por aplicación de norma propuesta
- Factibilidad de implementación e impacto económico

3. DECRETO SUPREMO 122/91

En su Art. 3 se refiere al ruido:

Los niveles de ruido emitidos por el vehículo, medidos externamente, deberán ser como máximo, los siguientes:

- *Vehículo detenido con motor en marcha lenta y todos sus equipos auxiliares en funcionamiento* 80 dBA
- *Vehículo en movimiento* 84 dBA

Los niveles de ruido, medidos a una altura de 120 cm sobre el centro de la superficie del cojín de cualquier asiento, con las puertas y ventanas cerradas, deberán ser como máximo, los siguientes:

- *Vehículo detenido con el motor en marcha lenta y todos los equipos auxiliares en funcionamiento* *75 dBA*
- *Vehículo en aceleración máxima desde el reposo hasta la velocidad máxima, sobre pavimento de asfalto de buena calidad* *80 dBA*

En su actual redacción el DS 122/91 no es factible de aplicar debido a que no se define un procedimiento a seguir para obtener valores que puedan compararse con los límites mencionados. En particular, se mencionan mediciones externas, pero no se indica ninguna condición para definir el lugar de medición externa. La condición de ralenti queda definida, pero no se especifica a qué se refiere la condición “en movimiento”.

Por otra parte, no parece existir ningún fundamento técnico ni económico para la definición de los límites, ya que los valores son claramente mayores que los observados habitualmente en interiores de buses.

Las condiciones técnicas que debiera definir la normativa revisada son las siguientes:

- Instrumentos de medición de ruido
- Instrumentos de medición de RPM
- Calibración
- Entorno físico de medición
- Ruido de fondo del lugar
- Condiciones meteorológicas de medición
- Número de puntos de medición
- Ubicación de puntos de medición (dirección y distancia)
- Condiciones de giro del motor
- Condiciones de carga del bus
- Número de mediciones
- Forma de obtener el o los valores a comparar
- Tolerancia de las mediciones
- Formato de informe de mediciones

Además, en lo posible, la normativa debe ser comparable a otras normativas en uso en otros países, ya que los vehículos o partes de ellos son de fabricación extranjera.

4. MEDICIONES REALIZADAS

4.1 Metodología

Se realizaron mediciones dinámicas según los procedimientos de ISO 362-1998 “Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles- Engineering method”, la cual especifica un método simple, consistente y reproducible, comparable a las condiciones de operación real de un vehículo. Simultáneamente con las mediciones que se establecen en el procedimiento ISO 362 se realizaron mediciones del nivel interior del bus.

En 30 buses se midieron los siguientes parámetros:

- Nivel máximo exterior
- Nivel máximo interior

Se realizaron mediciones estacionarias de la emisión de ruido emitido por buses considerando los procedimientos de ISO 5130-1982, SAE J 1470: Revisado en 1992 y SAE J 1492: Revisado en 1998.

En 160 buses se midieron los siguientes parámetros:

- Nivel de escape a $\frac{3}{4}$ RPM máx.
- Nivel de escape a RPM máx.
- Nivel de motor a $\frac{3}{4}$ RPM máx.
- Nivel de motor a RPM máx.
- Nivel interior $\frac{3}{4}$ RPM máx.
- Nivel interior RPM máx.

La medición en condiciones reales se realizó en buses en circulación, obteniendo 30 muestras con los siguientes parámetros:

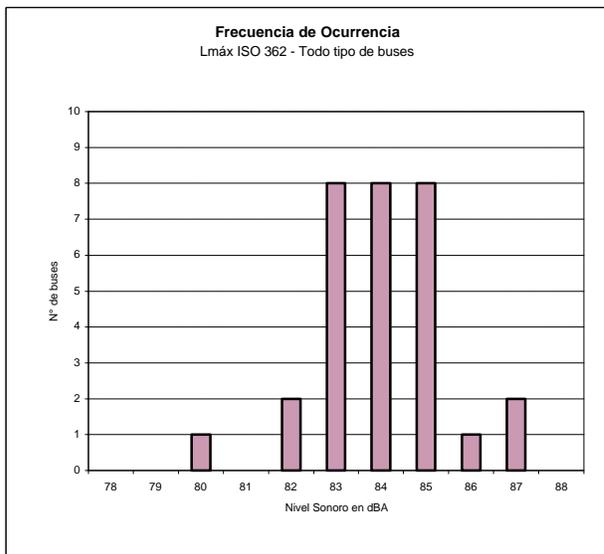
- Nivel de ruido interior
- Aceleración longitudinal
- Aceleración vertical

Las muestras corresponden preferentemente a modelos de buses actualmente en comercialización, además de algunos modelos discontinuados para efectos de comparación. El muestreo se realizó aleatoriamente dentro de 4 estratos de tamaño representativo del parque:

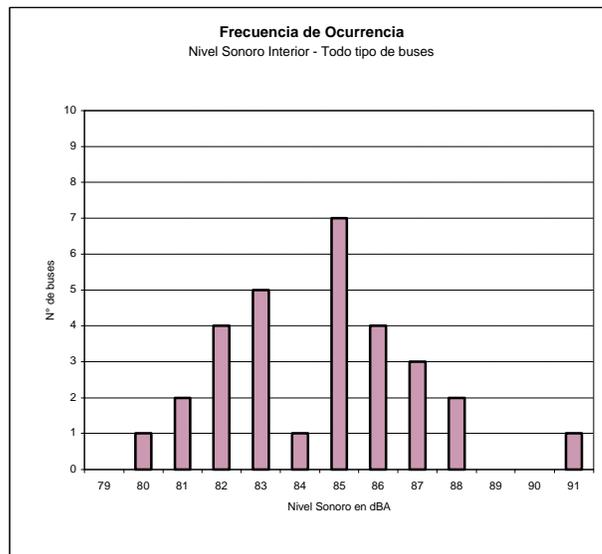
- Buses motor delantero 43 muestras
- Buses motor intermedio 18 muestras
- Buses motor trasero 61 muestras
- Taxibuses 38 muestras

4.2 Resultados

Los ensayos dinámicos muestran distribuciones simétricas en torno a 84 dBA, tanto en exterior como en interior de buses. Los rangos son 80 a 87 dBA exterior y 80 a 91 dBA interior. Como referencia, el límite en la Unión Europea es 80 dBA exterior, desde 1996.

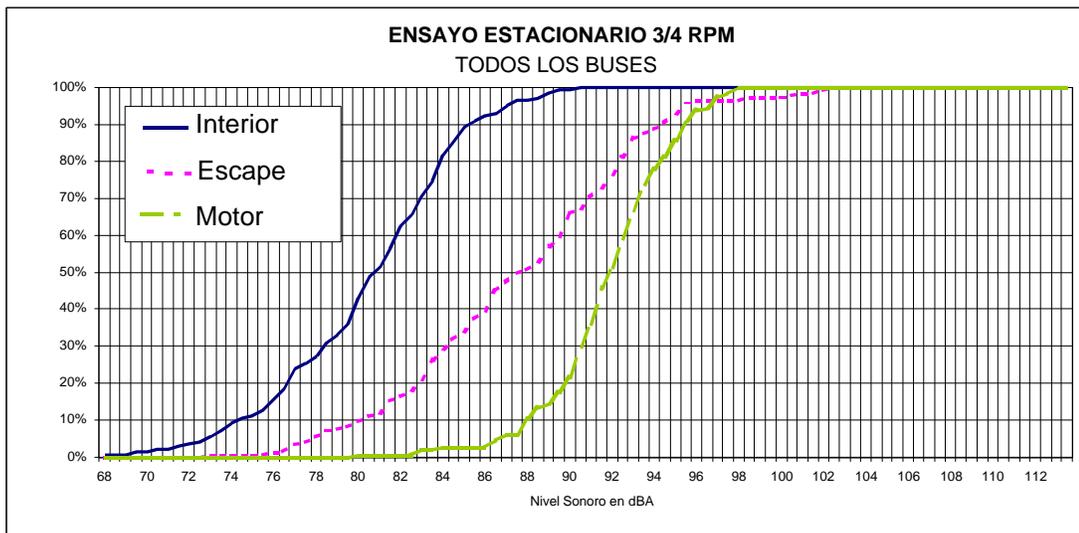


Nivel Exterior según ensayo ISO 362,



Nivel Interior, según ensayo ISO 362.

Los resultados de los ensayos estacionarios muestran importantes diferencias debido a la posición de medición: interior, escape y motor, con valores 80,5; 87,5 y 92 dBA, respectivamente, para el 50 % de las muestras.

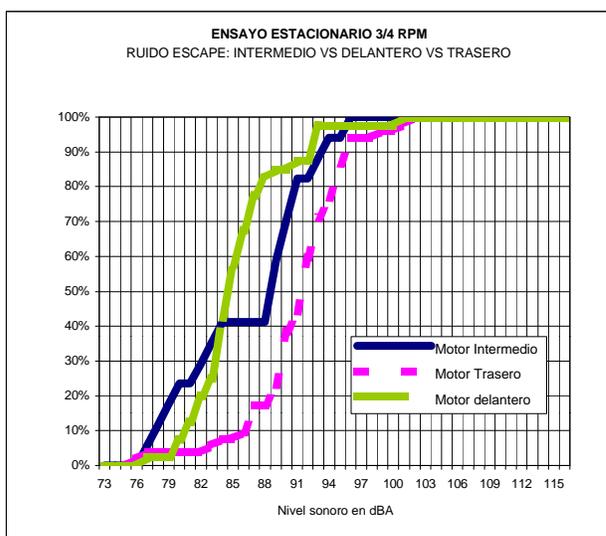


El nivel medido en el escape presenta mayor dispersión, ya que es influenciado por la proximidad del motor en buses de motor trasero.

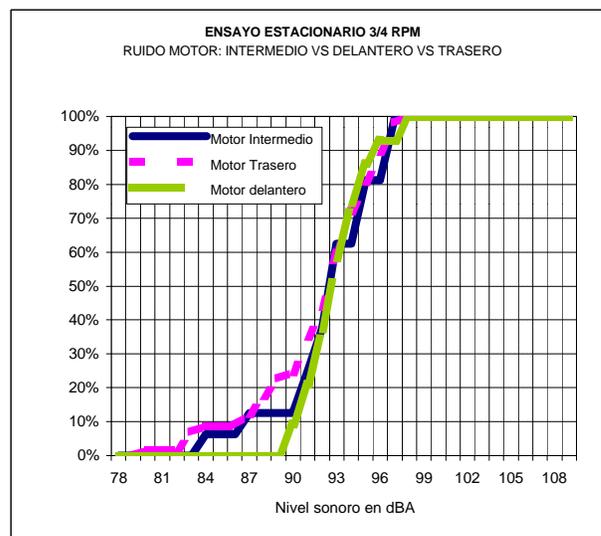
La distribución de niveles medidos en interior y motor son comparables, con una diferencia entre 10 y 11 dBA y una correlación R^2 0,29. Sin embargo, la correlación entre los otros parámetros para muestras individuales es baja, alcanzando un R^2 entre 0,04 y 0,19.

En cuanto a las diferencias de emisiones para buses y taxibuses, se obtuvieron diferencias de 3,5 dBA para el ruido de escape y 1,5 dBA para ruido de motor.

También se analizó la dependencia de los niveles según la ubicación del motor, con valores muy similares en la posición de motor y muy diferentes en la posición de escape:

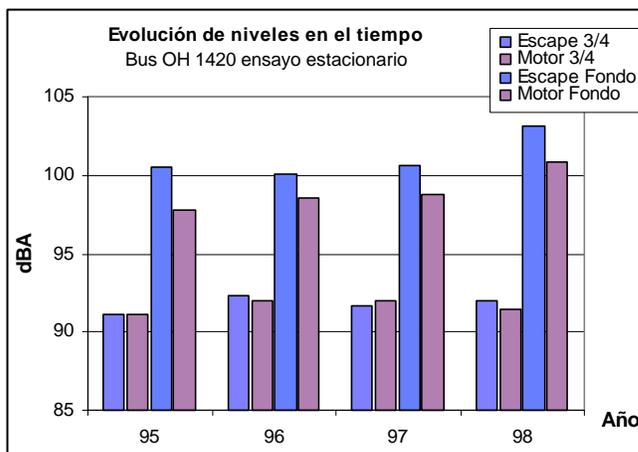


Nivel de Escape, estacionario 3/4 RPM

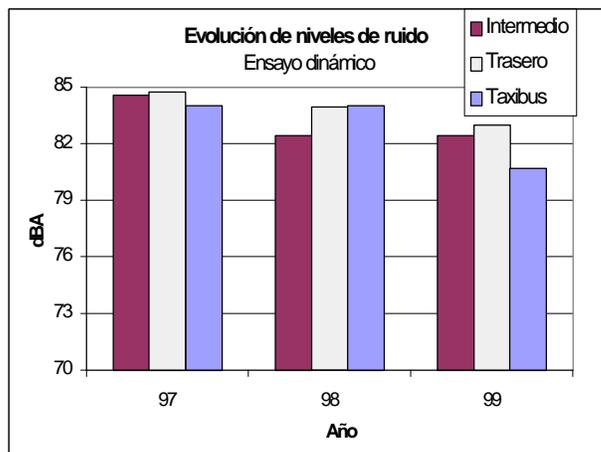


Nivel de Motor, estacionario 3/4 RPM

Analizando los niveles según la edad de los buses, se encuentran variaciones contradictorias. En general los buses más nuevos generan menores emisiones, del orden de 1 dBA por año, como se observa en el gráfico para ensayos dinámicos. Las excepciones son los buses de motor trasero tipo OH-1420 que son más ruidosos a medida que son más nuevos. Los taxibuses, en cambio, mejoran 5 dBA en la última generación de 1999.



Ensayo Estacionario, por año fabricación



Ensayo dinámico, por año fabricación

Por último, comparando los resultados de este estudio con los estudios anteriores, se encuentra una estrecha correlación, alterada sólo por las variaciones en la composición del parque, ya que en los últimos años han ingresado numerosos buses con motor trasero del tipo OH-1420. Estos buses presentan mayores niveles de emisión, particularmente en la posición de escape, que es la posición evaluada en los anteriores estudios.

5. PROPOSICION DE NORMATIVA

5.1 Proposición de métodos

Los ensayos propuestos son idénticos o similares a los descritos por la norma ISO 362, para ensayos dinámicos y por la ISO 5130, para ensayos estacionarios.

Los ensayos dinámicos sólo se aplicarían en la instancia de homologación de un modelo. En cambio, los ensayos estacionarios se aplicarían tanto en la homologación como en la verificación periódica del estado de deterioro de los vehículos.

El ensayo dinámico permite establecer el nivel de emisión exterior con un método idéntico al aplicado en la norma ISO 362. Además, con el mismo procedimiento de ensayo, se obtiene un parámetro no descrito por la norma, para evaluar los niveles interiores. Por lo tanto, el resultado de este ensayo son los parámetros:

- Nivel de Emisión de Ruido Exterior y
- Nivel de Emisión de Ruido Interior Dinámico.

El ensayo estacionario se propone con 2 alternativas: a $\frac{3}{4}$ de la velocidad de giro para máx. potencia (como se describe en ISO 5130) o a la velocidad de giro máxima (como se describe en el Anexo de ISO 5130). En cada una de las alternativas se mide en 3 posiciones, para representar la emisión de escape, emisión de motor y nivel interior, respectivamente, generando los parámetros:

- Nivel de Emisión de Ruido Interior Estacionario a $\frac{3}{4}$ RPM
- Nivel de Emisión de Ruido Interior Estacionario a máx. RPM
- Nivel de Emisión de Ruido Motor Estacionario a $\frac{3}{4}$ RPM

- Nivel de Emisión de Ruido Motor Estacionario a máx. RPM
- Nivel de Emisión de Ruido Escape Estacionario a $\frac{3}{4}$ RPM
- Nivel de Emisión de Ruido Escape Estacionario a máx. RPM

5.2 Proposición de límites

Se propone un esquema de límites que cubre todos los buses, tanto existentes como nuevos que ingresan al parque, aumentando gradualmente las exigencias.

Los vehículos actualmente en circulación estarían sometidos sólo a los ensayos estacionarios, con límites que afectan sólo a los más defectuosos de acuerdo al siguiente cuadro:

Ensayo: Punto de medición: Condición vehículo:	Estacionario					
	Escape		Motor		Interior	
	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.
Buses Medianos y Pesados	94	103	97	106	87	94
Buses livianos (taxibuses)	92	101	95	104	85	92

Los vehículos nuevos se someterían a homologación, de modo que al inicio de aplicación de la normativa los límites afectarían levemente a algunos modelos actualmente comercializados

A contar de 4 años los límites descienden 3 dBA y a contar de 9 años descienden 6 dBA con respecto al inicio de aplicación de la normativa de acuerdo a los siguientes esquemas:

Esquema de límites propuestos para el ingreso de nuevos buses medianos y pesados

Ensayo: Punto de medición: Condición vehículo:	Dinámico		Estacionario					
	Interior	Exterior	Escape		Motor		Interior	
	50 km/hr		$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.
Ingreso desde enero 2001	84	84	89	95	92	98	82	88
Ingreso desde enero 2005	81	81	86	92	89	95	79	95
Ingreso desde enero 2010	78	78	83	89	86	92	76	82

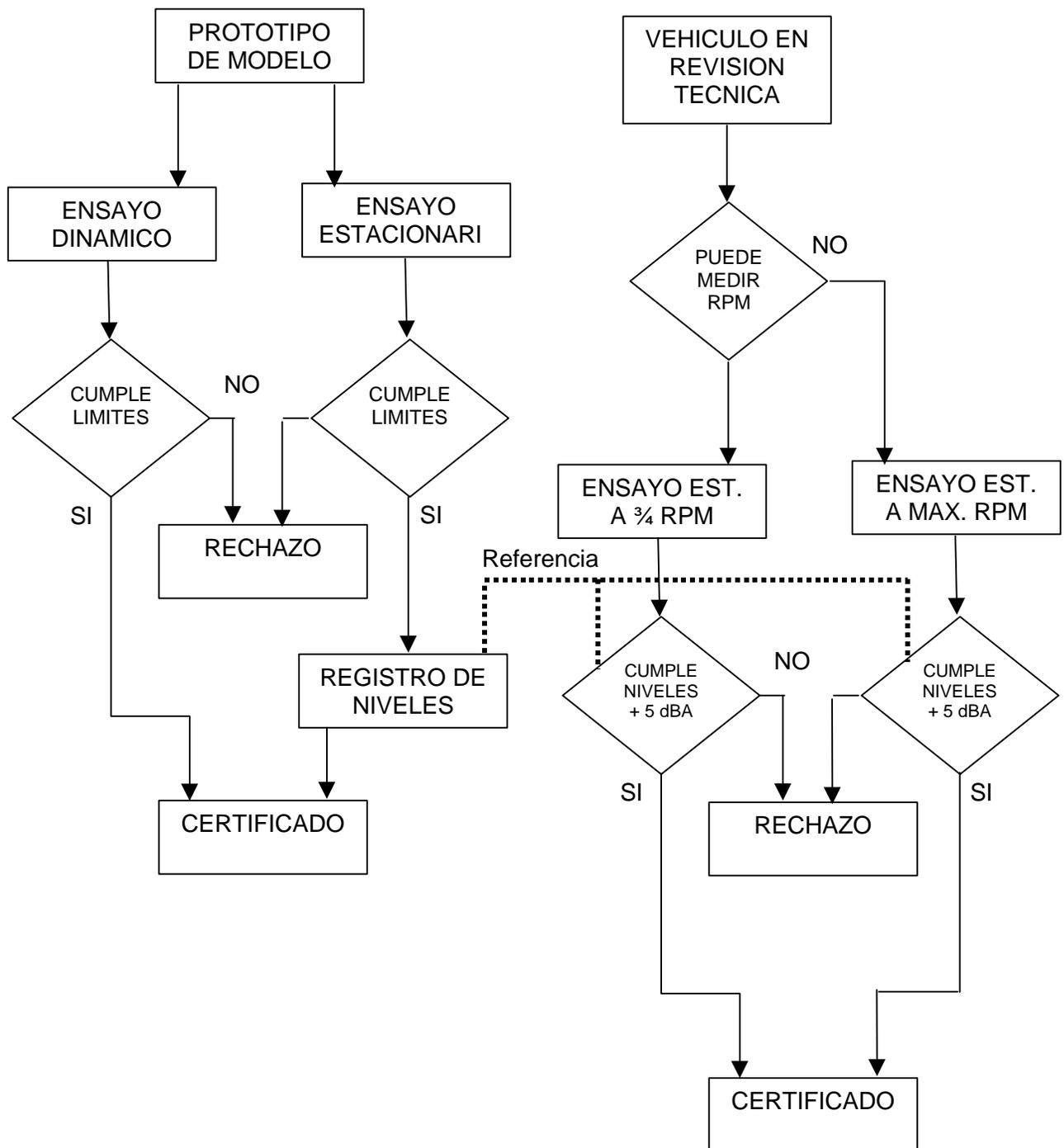
Para taxibuses los límites son 2 dBA más bajos:

Para la verificación de emisiones de buses en uso ingresados después de enero 2001, el límite será:

el valor de medido al momento de ser homologado el modelo, más un diferencial de 5 dBA.

Nótese que estos valores son diferentes para cada modelo y difieren de los indicados en las tablas.

5.3 Esquema de aplicación



5.4 Análisis de límites propuestos

Posiblemente la mejor referencia en cuanto a límites la constituye la experiencia europea, que reúne las diversas experiencias adquiridas por cada uno de sus miembros por separado y en conjunto.

Por lo tanto se compara el esquema de evolución de límites propuesto con los límites que se han aplicado en la Unión Europea, tanto en cuanto a valores como en cuanto a su gradualidad en la aplicación.

Los valores propuestos son comparables a los europeos con un desfase de 8 a 10 años.

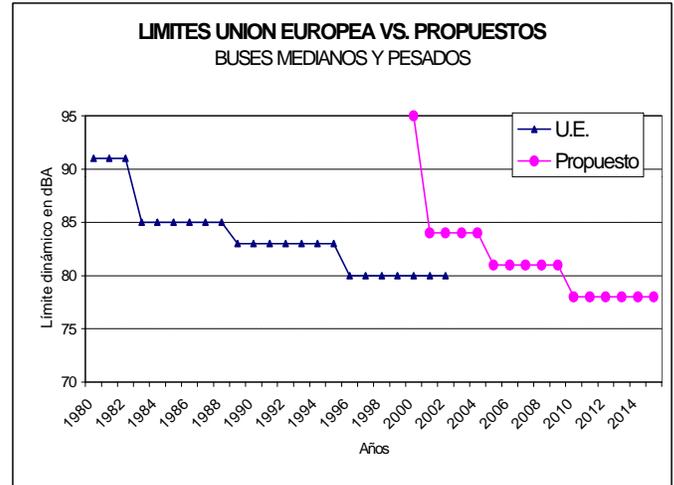
Los límites propuestos se basaron en un escenario inicial, denominado Criterio 0, definido como el nivel de exigencia que produciría un rechazo prácticamente nulo en los modelos de buses que ingresaron el año 1998. Luego se realizó una simulación de 10 escenarios, incrementando en cada uno 1 dB las exigencias, a los cuales se aplicó un conjunto de criterios para definir los límites, incrementos y diferencias entre sí:

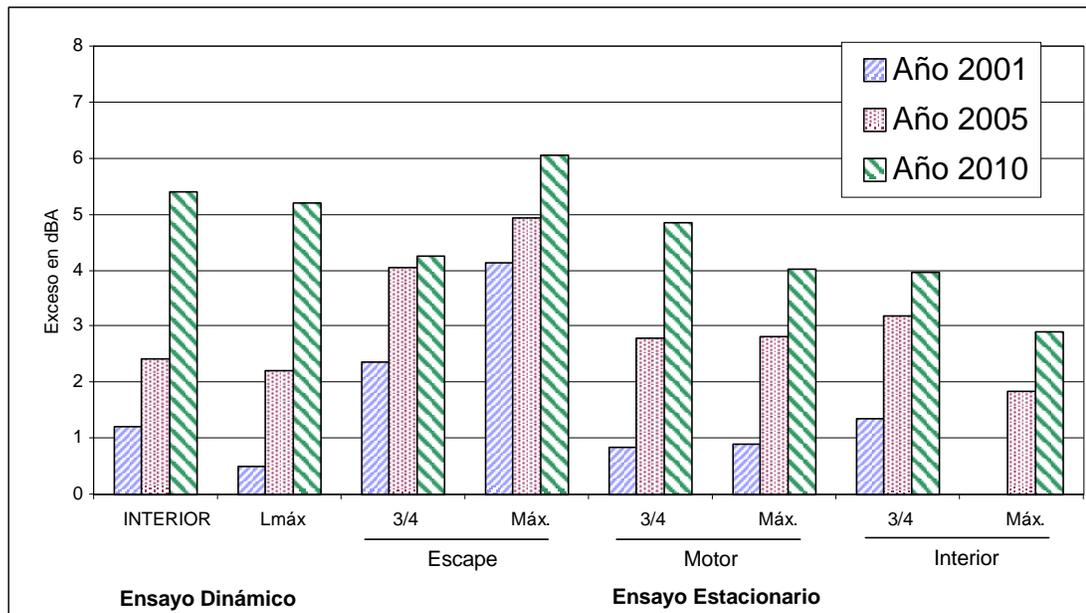
- Límite Interior = Límite Exterior en Ensayo Dinámico
- Límites Buses 2 dB > Límite Taxibuses en todo ensayo
- Límites Motor 3 dB > Límites Escape en Ensayo Estacionario
- Límites RPM máx. 6 dB > Límites $\frac{3}{4}$ RPM en Ensayo Estacionario
- Exigencia similar para todos los parámetros
- Exigencias de ingreso al 2001 3 dB > estándar 1998
- Aumento de 3 dB en primeros 4 años de aplicación
- Aumento de 3 dB en siguientes 5 años de aplicación

De acuerdo a la simulación, los buses existentes rechazados serían aprox. los siguientes:

Parámetro	Buses		Taxibuses	
	%	Unidades	%	Unidades
Escape a $\frac{3}{4}$ RPM	12,5	1500	15,6	1248
Escape a máx. RPM	12,2	1464	7,9	632
Motor a $\frac{3}{4}$ RPM	3,6	432	15,2	1216
Motor a máx. RPM	3,2	384	23,7	1896
Interior a $\frac{3}{4}$ RPM	4,5	540	10,9	872
Interior a máx. RPM	3,3	396	18,4	1472

Para el ingreso de buses nuevos, si se mantiene la tecnología de 1998, los excesos promedio en los ensayos rechazados serían los siguientes:





Exceso promedio sobre los límites propuestos de la fracción de buses 1997-1999 que serían rechazados

6. CONCLUSIONES

Conclusiones sobre el marco jurídico e institucionalidad respectiva:

- El DS N° 122/91 contiene una norma de emisión muy imperfecta
- Las Leyes 18.290, 10.040 y DS N° 212/92 otorgan atribuciones adecuadas para fiscalizar y sancionar las infracciones
- Existe un sistema de homologación de modelos adecuado
- Existe un sistema de plantas revisoras adecuado

Conclusiones sobre el parque actual de buses:

- El parque de buses presenta niveles de emisión comparables a los de 1993
- Los buses pesados ingresados recientemente son más ruidosos que el promedio
- Los taxibuses ingresados recientemente son menos ruidosos que el promedio
- Los buses son 2 a 3 dBA más ruidosos que los taxibuses
- Los buses nuevos que se comercializan son aprox. 4 dBA más ruidosos que los límites actuales europeos
- La ubicación del motor no es un factor que incida en las emisiones de ruido
- La marca de carrocería no es un factor que incida en las emisiones de ruido
- Las bocinas generan un amplio rango de niveles, independiente de otras emisiones

Conclusiones sobre los ensayos:

- Los diferentes ensayos generan parámetros poco correlacionados entre sí, en general
- Los ensayos dinámicos presentan menor dispersión de datos
- Los ensayos estacionarios no permiten deducir conclusiones sobre los ensayos dinámicos
- La posición de medición interior genera la mejor correlación entre ensayos dinámicos y estacionarios

- La medición estacionaria a $\frac{3}{4}$ de RPM máx. es más precisa, pero requiere un procedimiento más laborioso y largo que la medición en aceleración libre

Conclusiones sobre la norma a proponer:

- La norma de emisión se restringe al definir el procedimiento y los límites
- La norma propuesta es autocontenida
- La norma considera ensayos reconocidos y reproducibles en cualquier país
- Para efectos de fiscalización, la norma se asimila a la normativa existente
- El DS N° 122/91 se limita a hacer exigibles las normas de emisión de ruido
- Los métodos son simples y tecnológicamente compatibles con el sistema de revisión técnica

Conclusiones sobre los límites propuestos:

- Los límites propuestos para buses medianos son idénticos a los de buses pesados
- Los límites propuestos para taxibuses son 2 dBA inferiores a los buses medianos y pesados
- Los límites propuestos para diferentes parámetros afectan uniformemente al parque
- Los límites propuestos para buses existentes son fijos, independientes del modelo
- Los límites propuestos de ingreso son graduales, descendiendo 3 dBA cada 4 o 5 años
- Los límites propuestos, para buses en uso ya homologados, son 5 dBA mayores que los valores medidos al momento de ser homologados

Conclusiones sobre la implementación de la norma de emisión:

- Los límites para buses existentes afectan una fracción inferior al 20% del parque
- La 1a etapa (2001) afecta a un 58 % de los buses nuevos y requieren en promedio una reducción de 1,4 dBA para ser aceptados, lo cual sólo requiere adecuada mantención de los modelos actualmente comercializados
- La 2ª etapa (2005) requiere que los buses nuevos reduzcan las emisiones en 3,0 dBA en relación a los modelos 1998, lo cual es factible modificando la carrocería
- La 3a etapa (2010) requiere reducciones entre 3 y 6 dBA, por lo que necesariamente debe considerar nuevos modelos de chasis